

ERNEUERBARE WÄRME FÜR DICHT BEBAUTE QUARTIERE

Heizwärme und Warmwasser lassen sich heute ohne weiteres aus erneuerbaren Energien erzeugen – etwa mit Wärmepumpen, die Wärme aus dem Erdreich oder der Umgebungsluft nutzen, aber auch mit Fernwärmenetzen oder Holzheizungen. In Städten jedoch sind diese Energiesysteme oft nicht verfügbar, nicht erlaubt, oder die damit verbundenen Emissionen sind unerwünscht. In diesem Fall kann ein Heizsystem helfen, welches Wärme aus Sonnenkollektoren und Abwasser nutzt und diese in einem Eisspeicher zwischenspeichert. Dieser innovative Ansatz erlaubt eine verlässliche, wirtschaftliche Energieversorgung von Mehrfamilienhäusern auch in dicht bebauten, urbanen Quartieren, wie ein Projekt aus der Stadt Bern zeigt.



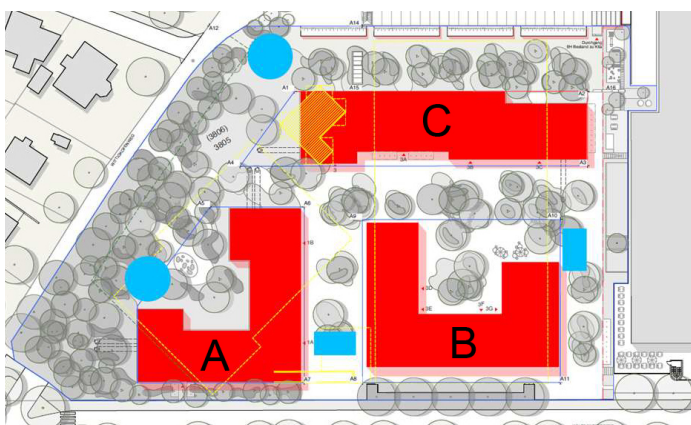
Weil der Platz im Erdreich knapp war, wurde Haus B der Berner Weltpostpark-Überbauung nicht mit einem grossen, sondern zwei kleinen Eisspeichern ausgerüstet. Einer von ihnen befindet sich im Erdreich unter der Grünfläche hinter den sechs Mülleimern. Foto: B. Vogel

Im Osten von Bern hat die Dachorganisation der weltweiten Postunternehmen, der Weltpostverein, seinen Hauptsitz. In direkter Nachbarschaft entstand in den letzten Jahren die Überbauung «Weltpostpark» mit drei Mehrfamilienhäusern. Sie wurden ab 2020 bezogen. Auf Wunsch der Bauherrschaft erfüllen die 170 Wohnungen den Energieeffizienz-Standard «Minergie eco», und die Überbauung wurde als «2000 Watt-Areal» realisiert. Dieses Label vereinigt hohe Anforderungen an die Nachhaltigkeit von Wohngebäuden und Mobilität seiner Bewohnerinnen und Bewohner.

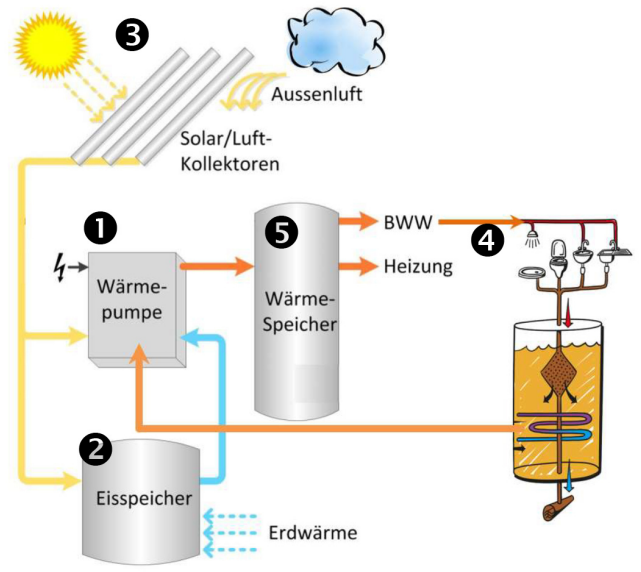
Diesen hohen Nachhaltigkeitsstandard zu erreichen, stellte die Energieplaner vor grosse Herausforderungen. Denn für die Überbauung im Osten der Stadt Bern kamen verschiedene gängige Energiesysteme nicht in Frage: Das Grundwasser reichte für die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen nicht aus, zugleich verunmöglichten die Grundwasservorkommen die Verlegung von Erdsonden. Die Nutzung der Aussenluft als Energiequelle für Wärmepumpen wiederum hätte zu einem zu hohen Strombedarf geführt, verbunden mit dem Risiko für Einsparungen wegen der zu erwartenden Schallemissionen. Auch eine Holzheizung schied aus, denn sie hätte die Luft stärker belastet als vom Energierichtplan zugelassen. Fernwärme schliesslich steht im Quartier in absehbarer Zukunft nicht zur Verfügung.

Eisspeicher nehmen Wärme auf

Beat Nussbaumer, der das Projekt für das Planungsunternehmen eicher+pauli betreute, musste eine andere Lösung fin-



Die Überbauung Weltpostpark im Osten der Stadt Bern mit drei Mehrfamilienhäusern. Die Wärme aus den Solarkollektoren dient der Regeneration der Eisspeicher (blau) oder kann direkt durch die Wärmepumpen genutzt werden. Die Häuser A und C verfügen über je einen zylinderförmigen Eisspeicher (rund eingezeichnet), bei Haus B wurden aus baulichen Gründen zwei kleinere kubische Eisspeicher (rechteckig eingezeichnet) realisiert. Illustration: BFE-Schlussbericht

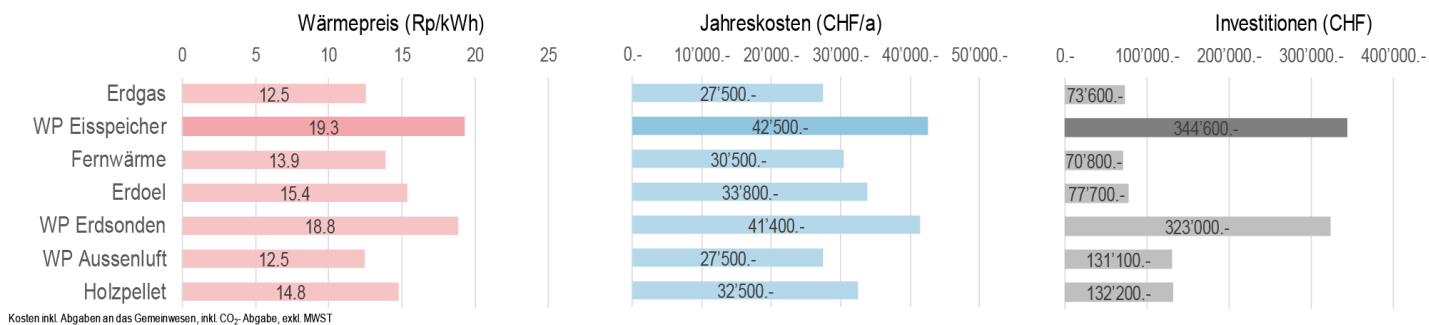


Jedes Mehrfamilienhaus der Überbauung Weltpostpark bezieht die Wärme für Heizung und Warmwasser von Wärmepumpen, welche drei Wärmequellen nutzen: die unverglaste Solarkollektoren auf dem Hausdach, einen Eisspeicher und das in einem Tank gesammelte Abwasser des Hauses. Die Wärme aus dem Abwassertank wird durch einen Wärmetauscher entnommen und gelangt von dort zu den Wärmepumpen. Illustration: Weisskopf und Partner

den: «Um den 2000 Watt-Areal-Standard zu erreichen, prüften wir mehrere Systeme, darunter Luft-Wasser-Wärmepumpen im Verbund mit Gas- oder Pelletkessel zur Abdeckung der Bedarfsspitzen. Lediglich das System mit Wärmepumpen, welche als Wärmequellen Solarkollektoren und das Abwasser nutzen, war zielführend», erinnert sich Nussbaumer. Zur Wärmespeicherung wird ein Eisspeicher eingesetzt. «Die Nutzung von Solarwärme und Abwasser, kombiniert mit einem Eisspeicher, ergibt ein Energiesystem, das die Häuser in einem dicht bebauten städtischen Raum während allen Jahreszeiten zuverlässig mit Heizwärme und Warmwasser versorgt», sagt Nussbaumer. Da die Wärmepumpen mit zertifiziertem Wasserstrom betrieben werden, ist die Wärmeversorgung zu 100 % erneuerbar.

Verlässlich und wirtschaftlich

Das Unternehmen eicher+pauli hat das Energiesystem nicht nur geplant, sondern in den letzten zwei Jahren in einem vom BFE unterstützten Pilot- und Demonstrationsprojekt einem Monitoring und einer Betriebsoptimierung unterzogen. Diese Analyse hat die Verlässlichkeit und Wirtschaftlichkeit des Systems bestätigt. «Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Eisspeicher-Technologie leicht höhere Investitionen ge-



Kostenvergleich verschiedener Energiesysteme. Das Heizsystem auf der Grundlage eines Eisspeichers ist bei Investitionen, Jahreskosten (annualisierte Investitionskosten + Energie- und Unterhaltskosten) und Wärmepreis mit einem Heizsystem mit Erdwärmesonden vergleichbar. Die Investitionen beruhen auf der Ausführung Weltpostpark, die Energiekosten basieren auf Tarifen in der Stadt Bern und die Berechnung der Jahreskosten erfolgte nach SIA. Grafik: BFE-Schlussbericht

genüber einer vergleichbaren Erdsonden-Wärmepumpen-Anlage auslöst, jedoch durch die hohe Effizienz nahezu ebenso wirtschaftlich betrieben werden kann», hält der Projektschlussbericht fest (vgl. dazu auch die Grafik oben). Die Jahresarbeitszahl (JAZ) liegt bei rund 4.5 und erreicht damit in etwa die Effizienz von Sole-Wasser-Wärmepumpen.

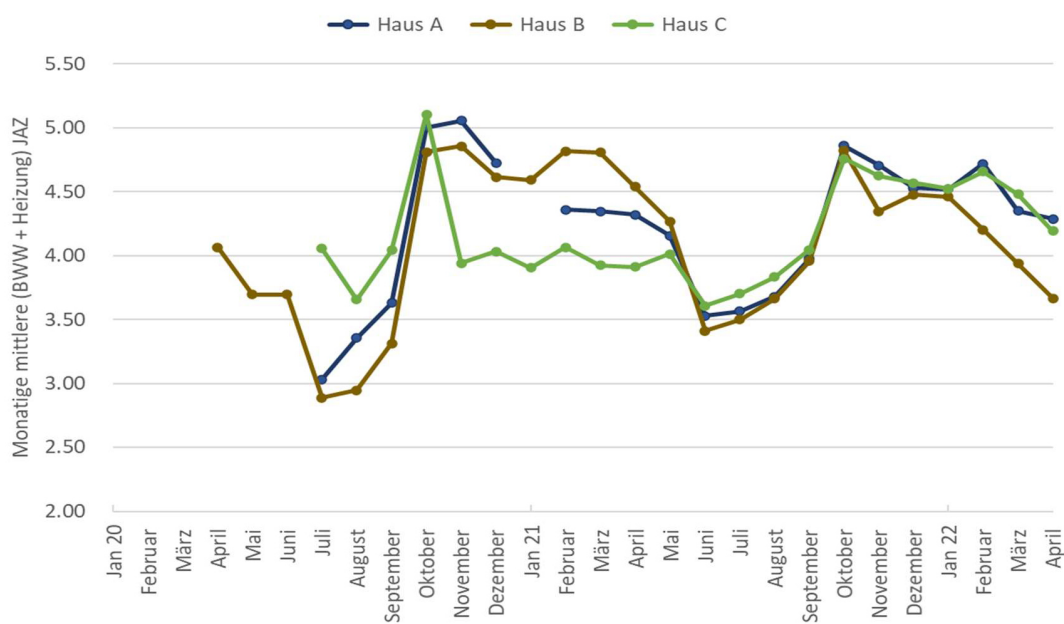
Das Energiesystem der Überbauung Weltpostpark verfügt über keine Redundanzen, denn bei einer Vollvereisung kann dem Speicher keine weitere Energie entzogen werden. Entsprechend sorgfältig müssen solche Systeme ausgelegt werden. Bei der Planung muss insbesondere dem Nutzerverhalten ein besonderes Augenmerk geschenkt werden (<Performance Gap>). Dadurch kann der Wärmebezug für

Heizen und Warmwasser massiv schwanken und mitunter zu einem deutlich höheren Wärmebedarf als projiziert führen. Eine weitere Herausforderung: Bei einer anhaltenden Schneebedeckung der Kollektoren kann der Eisspeicher zeitweilig nicht mit Solarwärme regeneriert werden.

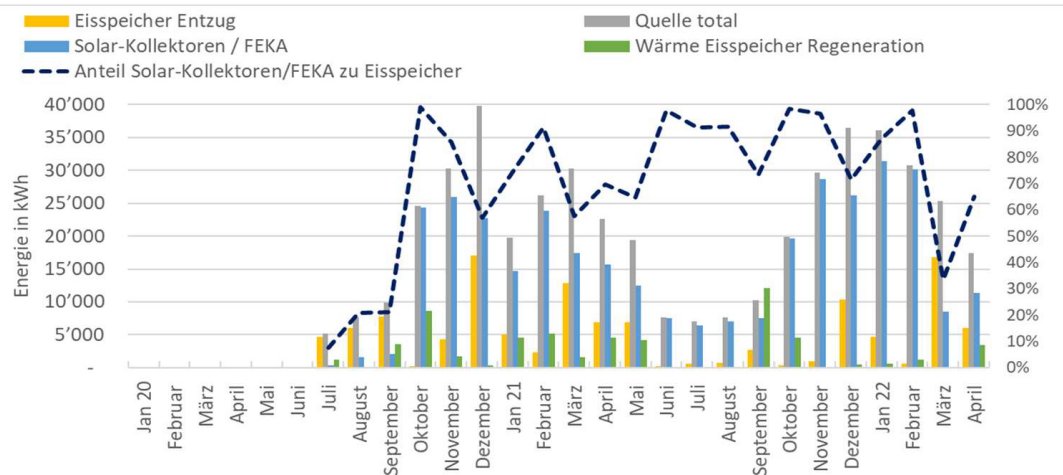
Simulation zeigte drohende Unterversorgung

Um eine Unterdimensionierung des Heizsystems zu vermeiden, führten die Energieplaner eine dynamische Simulation (Polysun) durch. Sie zeigte, dass ein Energiesystem aus Sonnenkollektoren und Eisspeicher den Wärmebedarf der drei Wohngebäude nicht zuverlässig sicherstellen würde. Aus diesem Grund wählten die Planer einen innovativen Ansatz: Sie ergänzten das Energiesystem um eine Abwasser-Wärmerück-

Jahresarbeitszahl (JAZ) der drei Wärmepumpen der Überbauung Weltpostpark: In der ersten Heizperiode (2020/21) war die Effizienz der Wärmepumpen noch durch verschiedene Einflüsse beeinträchtigt. In der zweiten untersuchten Heizperiode (21/22) liefen die drei Wärmepumpen dann stabil und durchgängig, dies mit einer mittleren JAZ von 4.5. Etwas tiefer liegt der Wert bei Haus B: Hier steht nur ein Drittel des Abwassers für die Wärmenutzung zur Verfügung. Dadurch wird der Eisspeicher stärker belastet, was zu einer tieferen Quellentemperatur und in der Folge zu einer deutlich geringeren JAZ führt. Der ungünstige Effekt zeigt sich hauptsächlich in der zweiten Hälfte der Heizperiode. Grafik: BFE-Schlussbericht



Wärmeflüsse in Haus A der Überbauung Weltpostpark: In den meisten Monaten werden 60 bis 100 % der Wärme aus den Solarkollektoren und dem Abwasser im Eisspeicher deponiert, bevor sie später über die Wärmepumpe in Heizwärme und Warmwasser umgesetzt wird. Grafik: BFE-Schlussbericht



gewinnung. Sie wollten mit diesem Schritt sicherstellen, dass ein möglicher Performance Gap abgefangen und ein nachhaltiger Betrieb möglich wird. Darüber hinaus wollten sie Erfahrungen mit diesem in der Schweiz bisher kaum bekannten Zusammenspiel von Heizungskomponenten gewinnen. Im Prinzip hätten für die Leistungssteigerung auch das Kollektorfeld und der Eisspeicher vergrößert werden können. Dies wäre aber teurer gewesen als die Nutzung der Abwasserwärme, betont Beat Nussbaumer.

Der Weg über die Simulation war für die Energieplaner deshalb erforderlich, weil der Anbieter des Heizsystems die Systemauslegungen nicht offengelegt hatte. Vor diesem Hintergrund fordern die Autoren des Schlussberichts eine

Verbesserung der Planungshilfen: «Mit der Initiierung und Förderung von produktneutralen Planungs- und Simulationstools soll in der SIA-Projektphase 2 eine raschere Systemauslegung möglich werden. Die Anwendung soll nach Möglichkeit in etablierte Simulationsprogramme integriert werden.»

Wärme aus Abwasser ist unabdingbar

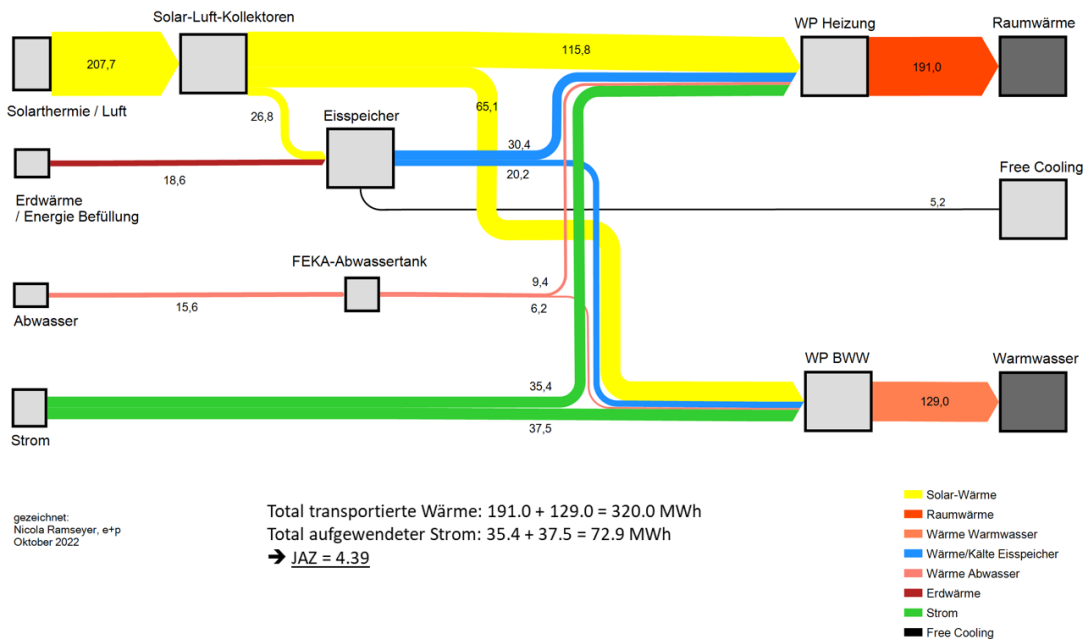
Wie richtig der Entscheid zum Einbezug der Abwasserwärme war, sollte sich in Haus B der Überbauung zeigen: Dort kann aus baulichen Gründen nur ein Drittel des Abwassers zur Wärmebereitstellung genutzt werden. Die Folge: Der Wärmebedarf des Hauses konnte in der kalten Jahreszeit nicht vollständig gedeckt werden, so dass temporär eine mobile, mit Öl betriebene Heizzentrale eingesetzt wurde und

GEEIGNET AUCH FÜR GUT SANIERTE BAUTEN

Das Energiesystem mit Solarkollektoren, Abwärmennutzung und Eisspeicher kommt in der Berner Überbauung Weltpostpark in Neubauten mit exzellenter Wärmedämmung und Bodenheizung zum Einsatz. Das Heizsystem taugt nach Auskunft von Beat Nussbaumer (eicher+pauli Bern AG) grundsätzlich auch für gut sanierte Altbauten. Nussbaumer hat bei einer Abschätzung schweizweit 13'500 Mehrfamilienhäuser im urbanen Raum ausfindig gemacht, die vergleichbar schwierige Voraussetzungen für die Energieversorgung haben wie am Standort Weltpostpark in Bern. Für all diese Gebäude ist ein Eisspeicher-gestütztes Energiesystem eine prüfenswerte Option und könnte in vielen Fällen die meist noch fossile Energieversorgung ablösen.

Voraussetzung für den Einbau dieses Heizsystems sind eine gute Wärmedämmung und ein Wärmebedarf von maximal rund 60 kWh/m²a für Raumwärme und Warmwasser. Zum Vergleich: In den Neubauten der Berner Überbauung liegt der Wärmebedarf bei rund 50 kWh/m²a (28.6 bis 31.2 kWh/m²a für Raumwärme und 18.7 bis 20.5 kWh/m²a für Warmwasser). Die Temperatur im Heizungsvorlauf sollte 40 °C betragen, was bei ausreichender Fläche nicht nur mit Bodenheizungen, sondern auch mit Radiatoren resp. Konvektoren möglich ist. Voraussetzung für den Einbau eines solchen Heizsystems ist der erforderliche Platz für den Eisspeicher und den Tank, der das Abwasser aus dem Mehrfamilienhaus aufnehmen kann, bevor es in die Kanalisation fließt. Hierzu können oft stillgelegte Erdöltankräume oder frei werdende Parkplatzfelder herangezogen werden.

Energiefluss Haus A, Mai 21 - April 22 in MWh



Das Energieflussdiagramm von Haus A der Überbauung Weltpostpark. Lediglich rund 15% der solaren Einstrahlung dient der Regeneration des Eisspeichers, der überwiegende solare Anteil wurde direkt genutzt. Eine Abschätzung ergab zudem, dass nicht weniger als 8 % des Energieeintrags in den Eisspeicher aus dem umgebenden Erdreich stammten. Grafik: eicher+pauli

nachträglich nun eine Luft-Wasser-Wärmepumpe zugebaut wird.

Um solche Nachbesserungen zu vermeiden, ist eine transparente und nachvollziehbare Auslegung der Komponenten unerlässlich. Wünschbar wären nach Einschätzung des Projektteams Systemanbieter, die alle Komponenten einschliesslich Systemgarantie, intelligentem Leitsystem und Betriebs-Knowhow zur Verfügung stellen. Die Auslegungsparameter sowie die Dimensionierung sollten nachvollziehbar offen gelegt werden. Diese Transparenz sei eine wichtige Vorausset-

zung, um die Verbreitung von Heizsystemen mit Eisspeicher zu fördern.

Freecooling im Sommer

Ein intelligentes Leitsystem ist auch deshalb nötig, um die Anlage in den Sommermonaten optimal nutzen zu können. In dieser Jahreszeit wird die Anlage nämlich im Freecooling-Modus betrieben, das heisst, die Rohre der Bodenheizung werden mit kaltem Wasser aus dem Eisspeicher durchströmt und führen so die sommerliche Wärme aus den Wohnräumen ab. Damit im Eisspeicher die nötige Kühlenergie zur Verfügung



Solkollektoren der Überbauung Weltpostpark während der Montage. Foto: eicher+pauli

steht, wurde in der zweijährigen Monitoringphase jeweils ab März durch Wärmeentzug gezielt eine Eisreserve aufgebaut. Nach Auswertung des Monitorings kommen die Energieexperten zum Schluss, der Aufbau der Eisreserve sollte einen Monat später – also April statt März – erfolgen, um eine bessere Wärmereserve zu haben.

Das P+D-Projekt rund um die Berner Überbauung Weltpostpark gibt wichtige Hinweise für die Nutzung dieses Energiesystems in dicht bebauten städtischen Arealen. Für den Wissenstransfer schlägt Projektleiter Beat Nussbaumer die Erarbeitung von Planungs-/Auslegungsgrundsätzen vor. Die Erkenntnisse könnten z.B. in Form einer Wegleitung und im Rahmen von Kursen unter Mitwirkung der Systemanbieter verbreitet werden. «Auf diesem Weg könnte dem Einsatz von Solarkollektoren in Kombination mit Abwasser-Wärmenutzung und Eisspeichern zu einer weiteren Verbreitung verholfen werden», betont Nussbaumer.

- Der Schlussbericht zum BFE-Projekt «Sichere erneuerbare Wärmeversorgung in hochverdichteter Wohnüberbauung bei fehlenden erneuerbaren Energiequellen» ist abrufbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40988>
- Auskünfte erteilt Dr. Men Wirz, mit verantwortlich für das P+D-Programm des BFE: [men.wirz\[at\]bfe.admin.ch](mailto:men.wirz[at]bfe.admin.ch).
- Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Netze finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-waerme.



Unter der Grünfläche befinden sich die Einstellhalle und einer der Eisspeicher. Letzterer besteht aus einer zylinderförmigen Betonwanne mit einem Durchmesser von 11,4 m. Die Füllhöhe beträgt 4,1 m. Foto: B. Vogel

P+D-PROJEKTE 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.

➤ www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration