

QUARTIER

Fachmagazin für urbanen Wohnungsbau

3.2023

ISSN 2625-6223

Thermische Energiespeicher –
Pufferung von Wärmelastspitzen

Umnutzung – Projektbeispiele
und rechtlicher Rahmen

Flachdach – Abdichtung
und Schalldämmung



FOTO: STADTWERKE BAMBERG

Energiespeicher ermöglichen die Pufferung saisonaler Wärmelastspitzen und solcher im Tagesgang.

Im Rahmen der Novelle des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) verfolgt die Koalition das Ziel, dass zukünftig jede neu eingebaute Heizung zu 65% mit erneuerbaren Energien (EE) betrieben werden soll. Nach dem derzeitigen Gesetzesentwurf betrifft dies auch die gemeinschaftliche Versorgung im Quartier mittels eines Gebäude- oder Wärmenetzes. Thermische Energiespeicher können durch die zeitliche Trennung von Erzeugung und Nutzung der Wärme dazu einen effektiven Beitrag leisten.

Im Quartier besteht im Vergleich zu Einzelgebäuden die Möglichkeit, Umweltwärme von benachbarten Flächen zu nutzen oder über ein Nahwärmenetz im Quartier zu verteilen. Und auch hier gilt: „Verbrauchen vor Speichern“. Von Frühjahr bis Herbst übertrifft die Erzeugung von Strom und Wärme aus solarer Einstrahlung – vorausgesetzt, es sind ausreichende Flächen für Kollektoren erschlossen – jedoch den Verbrauch. In der Konsequenz sind thermische Speicher das passende Instrument zur Deckung des Winterverbrauchs mit Wärme aus dem Sommer. Abwärme aus industriellen und gewerblichen Prozessen, wie auch aus Abwassersystemen, fällt meist kontinuierlich über das gesamte Jahr hinweg an. Bei Bedarfsüberdeckung im Sommer sind auch hier thermische Speicher sinnvoll, um die Potenziale effektiv auszuschöpfen. Darüber hi-

naus ist zu prüfen, inwiefern günstigere Wärmespeichermethoden – von Erdwärme über Grundwasser bis hin zu Bauteilaktivierung – genutzt werden können. Dies ermöglicht analog zur Erschließung von Umweltwärmequellen auch die Erschließung von Umweltwärmespeichern.

Pufferung von Saison- und Tagesspitzen

Thermische Speicher ermöglichen nicht nur die Pufferung saisonaler Wärmelastspitzen, sondern auch solcher im Tagesgang. Im Zusammenspiel mit volatilen Preisen für Strom sowie den Schwankungen in der Erzeugung und im Verbrauch von Wärme und Energie lassen sich Kosten für die Wärmeerzeugung verringern, indem Zeitfenster mit hohen Strompreisen und geringer Wärmeerzeugung so überbrückt werden können, dass die Wärmepumpen in

Ausgleich von Saison- und Tagesspitzen

Zeiten niedrigerer Strompreise oder gar mit eigenerzeugtem Strom Wärme erzeugen, die dann zeitversetzt aus dem Speicher abgerufen werden kann.

In Einzelgebäuden mit Luft-Wasser-Wärmepumpe sind Sperrzeiten seitens der Netzbetreiber – üblicherweise in den Abend- und teilweise auch Mittagsstunden – üblich, damit Zeitfenster mit klassischer Verbrauchsspitze nicht die Verteilnetze belasten. Im Gegenzug profitieren die Betreiber der Wärmepumpen aktuell von verringerten Netzentgelten abseits der Spitzenseiten. Größere Wärmespeicher ermöglichen einen netzorientierten Betrieb, der sowohl marktorientiert die Preise für Strom und weitere Energieträger mit den Wärmeerzeugungskosten optimiert als auch die Netzkapazitäten berücksichtigt. Die kritische Größe von 100 kW, um am Redispatchmarkt teilzunehmen, kann durch Quartiersversorgung und thermische Speicher weitaus besser erreicht werden als ohne.

Praxisbeispiele für thermische Energiespeicher

In der im Frühjahr 2023 im Rahmen des „Gebäudeforums klimaneutral“ aktualisierten Studie „Thermische Energiespeicher für Quartiere“ wird die Nutzung thermischer Speicher als Teil einer klimaneutralen Energieversorgung in Quartiersprojekten betrachtet. Sie soll künftigen Anwendern einen Überblick unter anderem

zu Technologien, Genehmigungsverfahren, Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten vermitteln. Das Kapitel „Praxisbeispiele auf Quartiersebene“ stellt gelungene und innovative Beispiele für saisonale, aber auch Tages- und Wochenspeicher vor. Zwei Projekte, bei denen bestehende Flächen umgenutzt werden, sind der Lagarde-Campus in Bamberg und der Energiebunker in Hamburg-Wilhelmsburg.

Lagarde-Campus Bamberg

Beim Projekt Lagarde-Campus Bamberg wird eine ehemalige militärische Einrichtung in zivile Nutzung überführt und mit quartiersbezogener Wärmeversorgung auf EE-Basis verknüpft. Das 22,5ha große Areal wurde bis 2014 als Kaserne der US-

Streitkräfte genutzt und wirkte wegen seiner Nichtzugänglichkeit wie ein Fremdkörper im Stadtraum. Mit dem Projekt verfolgt die Stadt Bamberg das Ziel, an diesem Standort ein neues Quartier zu schaffen und dieses mit dem umliegenden Bamberger Osten zu verknüpfen.

Angestrebt wird die Schaffung eines gemischt genutzten urbanen Quartiers mit einem Mix aus Kultur- und Kreativnutzungen, sozialen Einrichtungen, einem IT- und Gesundheitsquartier und vor allem mit Wohnraum für 2.400 Menschen sowie Arbeitsplätzen im Dienstleistungsbereich. Mit zukunftsweisenden Wärme- und Mobilitätskonzepten soll das Quartier umweltfreundlich und nachhaltig versorgt und erschlossen werden.

1 | Der Großpufferspeicher auf dem Lagarde-Campus ist im Gebäude der Energiezentrale untergebracht.



FOTO: STADTWERKE BAMBERG

„Das Wärmeversorgungskonzept basiert auf der **Sammlung von Quellwärme** mithilfe von Erd- und Abwasserwärme und deren Verteilung über ein kaltes Wärmenetz.“

ENERGIEKONZEPT

Das Konzept sieht vor, dass mindestens 70% der benötigten Wärme mithilfe von Ressourcen erzeugt werden, die sich direkt vor Ort auf dem Quartiersareal und in unmittelbarer Nähe befinden. Um dies zu erreichen, kommt eine Kombination unterschiedlicher Technologien und Wärmequellen zum Einsatz. Diese speisen die gesammelte und erzeugte Wärme in

einen virtuellen Wärmepool, der bilanziell den Gesamtwärmebedarf des Quartiers abdeckt.

Im Gebäude der Energiezentrale, dem Herzstück des Energiesystems, sind Blockheizkraftwerke (BHKW), Großpufferspeicher, Pumpen, Fernwärmetechnik sowie die gesamte Steuerung untergebracht. Durch ein abgestimmtes und smartes Lade- und Entlademanagement

des gesamten Systems wird im tages- und jahreszeitlichen Verlauf ein energetisches Optimum im Zusammenspiel der Komponenten angestrebt.

Grundsätzlich basiert das Wärmeversorgungskonzept auf der Sammlung von Quellwärme mithilfe von Erd- und Abwasserwärme und deren Verteilung über ein kaltes Wärmenetz (Temperaturen zwischen -4 und $+20$ °C). Bei einem kalten Wärmenetz werden die niedrigen Vorlauftemperaturen mithilfe von z. B. Wärmepumpen auf das erforderliche Niveau angehoben. Die eigentliche Erzeugung von Nutzwärme erfolgt über Wärmepumpen. Zusätzlich integriert werden zwei Blockheizkraftwerke, die Speicherung von Überschussstrom mittels gebäudeintegrierter Pufferspeicher (Tagesspeicher), die Speicherung von Abwärme aus dem BHKW-Betrieb in einem Großpufferspeicher (Wochenspeicher) sowie Erdkollektoren und -sonden in Verbindung mit der Regeneration des Erdreichs (Saisonspeicher).

KALTES NAHWÄRMENETZ MIT SENSIBLEN WÄRMESPEICHERN

Sämtliche Energieerzeuger und -verbraucher im Quartier sind über ein kaltes Wärmenetz verbunden, das die Neubauten mit Kälte und Wärme versorgt. Ein wichtiges Element in diesem Wärmenetz ist die oberflächennahe Geothermie, bei der Erdkollektoren mit einer Gesamtfläche von 30.000 m² und im Endausbau etwa 175 Erdsonden aus dem Erdreich gewonnene Wärme bereitstellen. Wenn das Erdreich am Ende des Sommers nicht über einen natürlichen Wärmeeintrag wieder regeneriert ist, kann auch die Überschusswärme aus dem Abwasser zur Regeneration des Bodens zugeführt werden, damit



FOTO: STADTWERKE BAMBERG

2 | Ein wichtiges Element des kalten Wärmenetzes ist die oberflächennahe Geothermie. Im Bild ist die Verlegung der Erdkollektoren zu sehen.

3 | Übersicht der Flächen für Erdwärmekollektoren am Lagarde-Campus.

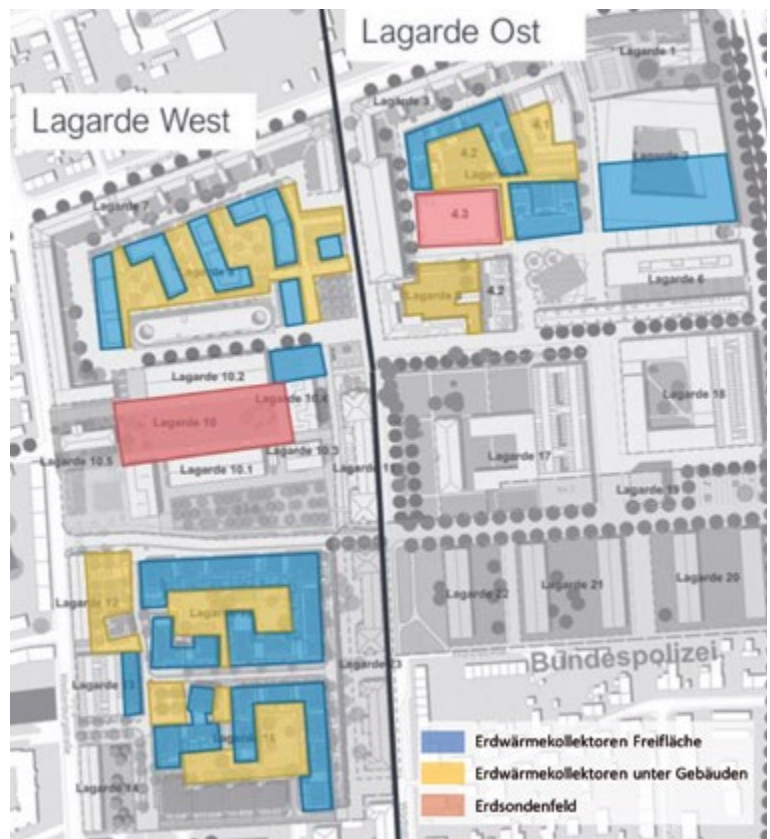


ABBILDUNG: STADTWERKE BAMBERG

Stufe 1

Tagesspeicher in einzelnen Gebäuden (dezentrale Wärmespeicher), Tag und Nachtverschiebung von Wärme, Abpuffern von Leistungsspitzen

Stufe 2

Wochenspeicher im Nahwärmenetz (zentraler Großpufferspeicher), Wochenweise Verschiebung von Wärme, beladen durch BHKW

Stufe 3

Thermische Saisonspeicher (Erdwärmespeicher), saisonale Speicherung von Wärme/Kälte im Erdreich mittels Erdwärmekollektoren und Erdsonden

TEXT: DENA

zum Start der Heizsaison das Erdreich wieder sein volles Wärmepotenzial zur Verfügung stellen kann. Für die Regeneration des Erdreichs wird zudem auch sommerliche Wärme über die Fußbodenheizungen abgeführt und zu den Erdwärmekollektoren und -sonden geleitet. Daraus ergibt sich ein Doppelnutzen durch die Kühlung der Räume im Sommer und die spätere Abrufbarkeit der Wärme aus dem Erdreich bei Heizwärmebedarf im Winter. Um die vorhandenen Flächen effizient zu nutzen, werden die Kollektoren bei Errichtung der Gebäude direkt unter deren Beton-Bodenplatten verlegt und eingegossen. Ebenso werden die Grünflächen in den Innenhöfen der Gebäude geothermisch genutzt. In der Summe bilden die Erdwärmekollektoren in Bamberg mit 17.000 m² Kollektorfläche, die unter Gebäuden in Beton eingebettet sind, und 13.000 m² Kollektorfläche in der Freifläche das größte innerstädtische Geothermiefeld Deutschlands. Das Gesamt-Energiepotenzial der Kollektorfläche als Wärmequelle und Wärmespeicher beträgt 3.000 MWh/a.

Eine weitere lokale Wärmequelle ist das Abwasser aus einem großen Bereich des Bamberger Ostgebiets. Der 250 m lange Abwasserwärmekollektor mit 1.000 kW Leistung unterhalb der Zollnerstraße liefert ca. 2.700 MWh/a Wärme, die mithilfe von Wärmetauschern nutzbar gemacht wird. Große Wärmetauschermatten aus Edelstahl leiten die gewonnene Wärme über die Energiezentrale zu dezentralen Wärmepumpen in den Gebäuden, welche die Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser übernehmen. Gleichzeitig soll die Abwasserwärme die Erdwärmespeicher (über Erdkollektoren und -sonden) auf dem Lagarde-Campus wieder aufladen.

WOCHEN- UND TAGESSPEICHER

Die aus den oben genannten Quellen gewonnene Niedertemperatur-Wärme ist die Wärmequelle dezentraler gebäudeintegrierter Wärmepumpen. Betrieben werden diese mit Photovoltaik-Strom (PV-Strom), der vor Ort auf den Dächern der Gebäude erzeugt wird. Anfallender Überschussstrom wird in Wärme umgewandelt und für die Trinkwarmwasserversorgung und Beheizung in gebäudeintegrierten Pufferspeichern gespeichert (Tagesspeicher). Tageszeitliche und saisonale Schwankungen des PV-Strom-Angebots und die beim Betrieb anfallende Wärme werden durch intelligentes Speichermanagement und ein erdgasbetriebenes BHKW in der erwähnten Energiezentrale ausgeglichen. Die dabei erzeugte Prozesswärme wird in einem Großpufferspeicher mit einem Volumen von 153.000 l gesammelt (Wochenspeicher). Der Großpufferspeicher,

Gebäudeforum klimaneutral

Das Gebäudeforum klimaneutral ist die zentrale Anlaufstelle für Fachleute aus Architektur, Energieberatung und technischer Gebäudeausrüstung zu qualitätsgesicherten Fachinfos rund um klimaneutrale Gebäude und Quartiere. Darunter sind u. a. digitale Tools, Fach-FAQs und Downloads. Zusätzlich können Fachleute sich von guten Beispielen rund um die Energiewende im Gebäudesektor in einem Best-Practice-Portal inspirieren lassen. Das Gebäudeforum wird von der Deutschen Energie-Agentur und einem Partnernetzwerk getragen.

www.gebaedeforum.de



FOTO: IBA HAMBURG GMBH / WWW.LUFTBILDER.DE

4 | Der Energiebunker versorgt ein Quartier von etwa einem halben Quadratkilometer, das die umliegenden Wohnquartiere, öffentliche Einrichtungen und gewerbliche Strukturen umfasst.

bei Bedarf ergänzt durch Fernwärme, übernimmt die Wärmeversorgung der teilweise denkmalgeschützten Bestandsgebäude. Die BHKWs werden nur dann betrieben und erzeugen nur dann Strom, wenn für den Betrieb der Wärmepumpen nicht genügend PV-Strom zur Verfügung steht.

Das Wärmekonzept des Lagarde-Campus zeichnet sich durch seine intelligente und innovative Verknüpfung unterschiedlicher Wärme- und Energiequellen unter Einbindung von Wärmespeichern aus, darunter ein Großpufferspeicher. Es zeigt, dass in einem Quartier mit unterschiedlichen Heizsystemen und Temperaturanforderungen (Niedertemperatur-Systeme im Neubau, Hochtemperatur-Systeme im Bestand) dank smarter Technik und Planung die Versorgung mit einem hohen Anteil regenerativer, vor Ort erzeugter Wärme möglich ist und welche effektive Rolle thermische Speicher dabei spielen.

Energiebunker Hamburg-Wilhelmsburg

Der 1943 im Wilhelmsburger Reihersteigviertel errichtete massive Flakbunker bot Ende des Zweiten Weltkriegs etwa 10.000 Menschen Schutz vor Bombenangriffen und diente gleichzeitig mit seinen Flaktürmen der Luftverteidigung. Nach Kriegsende wurde das Gebäude von der britischen Armee durch eine gezielte Sprengung im Inneren zerstört. Die massive, jedoch leere Hülle mit bis zu 3 m dicken Wänden blieb über 60 Jahre als Kriegsruine ungenutzt. Im Rahmen der Internationalen Bauausstellung Hamburg

erfolgte in den Jahren 2011 bis 2015 seine Wiedernutzbarmachung als Energiebunker mit weiteren Einrichtungen wie Café, Ausstellungsbereich und Aussichtsterrasse in 30 m Höhe. Ziel war der Aufbau einer Wärmeversorgung auf Quartiersebene, die primär auf regenerativen Energieträgern basiert. Das betreffende Gebiet mit einer Fläche von etwa 0,5 km² umfasst die umliegenden Wohnquartiere, die neben Wohngebäuden auch öffentliche Einrichtungen sowie gewerbliche Strukturen aufweisen.

ENERGIEKONZEPT

Der Gesamt-Jahreswärmebedarf des Quartiers wurde mit 22 GWh ermittelt. Zur Bereitstellung dieser Wärmeleistung wurde im Inneren des Bunkers eine Energiezentrale errichtet, die das umliegende Areal über ein Nahwärmenetz von mehr als 7 km Länge versorgt. Sie ist Dreh- und Angelpunkt sowohl für die Steuerung des Gesamtsystems als auch für Erzeugung, Speicherung und Weiterleitung der Energie. Der Betrieb der Gesamtanlage erfolgt durch den städtischen Energieversorger Hamburger Energiewerke.

DAS HERZSTÜCK GROSSPUFFERSPEICHER

Herzstück der Anlage ist ein Großpufferspeicher, der mit einer Höhe von 20 m und einem Durchmesser von 11 m ein Volumen von 2.000 m³ erreicht. Der Tagesspeicher ist als druckloser Stahltank ausgelegt, der als Speichermedium vollentsalztes Wasser mit einer Maximaltemperatur von 90 °C enthält.

Die Bezeichnung „Pufferspeicher“ verdeutlicht, dass der Speicher eine zeitliche Trennung von Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe ermöglicht: Insbesondere nachts erfolgt eine Ladung mit Überschusswärme, die dann für die morgendliche Verbrauchsspitze bereitsteht und auch



FOTO: HAMBURGER ENERGIEWERKE GMBH

5 | Herzstück der Anlage ist ein Großpufferspeicher, der mit einer Höhe von 20 m und einem Durchmesser von 11 m ein Volumen von 2.000 m³ erreicht.

im weiteren Tagesgang an die angeschlossenen Verbraucher abgegeben werden kann. Diese Funktion als Wärmespeicher mit Puffereigenschaften hat den Vorteil, dass die zu installierende thermische Leistung kleiner ausfallen konnte – statt einer Spitzenleistung von 11 MWth mussten nur gut 5 MWth installiert werden, der verbleibende Anteil kann durch die gepufferte Wärme bereitgestellt werden. Diese Reduzierung der Nennleistung hat den wirtschaftlichen Einsatz erneuerbarer Energien im Rahmen des Wärmeversorgungskonzeptes erst ermöglicht.

DIE WÄRMERZEUGER

Der Pufferspeicher wird durch die intelligente Kombination verschiedener Wärmequellen gespeist – wenn möglich durch Solarthermie und industrielle Abwärme, ansonsten durch weitere große Erzeugungsanlagen innerhalb des Bunkers, maßgeblich auf Basis regenerativer Energien. Dabei findet auch eine effiziente Verknüpfung von Wärme- und Stromerzeugung statt. Durch dieses Zusammenspiel wird zum einen die Eignung verschiedener Formen erneuerbarer Energieerzeugung im städtischen Kontext demonstriert und zum anderen auch eine Lösung für das Problem schwankender Erzeugungsmengen der einzelnen Energien im Tagesverlauf aufgezeigt.

Verschiedene regenerative Erzeuger beladen den Pufferspeicher mit Wärme:

- ein mit Biomethan betriebenes Blockheizkraftwerk.
- die Abwärme eines nahegelegenen Industriebetriebs.
- die solarthermische Großanlage auf dem Dach, bestehend aus Vakuumröhrenkollektoren mit einer Gesamtkollektorfläche von 1.229 m² – zum Zeitpunkt der Installation die größte auf einem Dach installierte Solarthermie-Anlage für die Anbindung an ein Wärmenetz in Deutschland

Die Photovoltaik-Anlage, montiert an der Südfassade, produziert Strom, mit dem im Wesentlichen die technischen Anlagen versorgt werden. Der überschüssige Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist.



FOTO: HAMBURGER ENERGIEWERKE GMBH

6 | Die solarthermische Großanlage auf dem Dach besteht aus Vakuumröhrenkollektoren mit einer Gesamt-Kollektorfläche von 1.229 m².

INTELLIGENTE REGELUNGSTECHNIK FÜR MEHR EFFIZIENZ

Eine spezielle Regelungslogik gewährt bei der Beladung des Speichers der solarthermisch erzeugten Wärme den Vorrang, da diese ökologisch die wertvollste ist und für sie keine weiteren Ressourcen eingesetzt werden müssen. In der Lade-Priorisierung folgen dann die ebenfalls ohne zusätzliche Ressourcen auskommende Industrie-Abwärme, danach die Wärme des Biomethan-Blockheizkraftwerks und des Erdgas-Blockheizkraftwerks, die beide in der Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden. Pufferspeicher und intelligente Regelungstechnik ermöglichen ein Höchstmaß an Ressourceneffizienz bei der Speicherung der benötigten Wärme.

Ein Teilnetz zur Versorgung der ersten Objekte ist bereits 2012 in Betrieb gegangen, der weitere Ausbau erfolgte dann bis 2015, sodass nun das umliegende Gebiet an das durch den Bunker mit regenerativ erzeugter Wärme gespeiste Nahwärmenetz angeschlossen ist. Die klimaneutrale, dezentrale Wärmeversorgung soll auf weitere Wohnquartiere auf der Hamburger Elbinsel ausgeweitet werden, mit dem Ziel perspektivisch ganz ohne fossile Energieträger auszukommen. Im Rahmen des Reallabors „Integrierte WärmeWende Wilhelmsburg“ (IW3), das durch das Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird, wird daher der mögliche Anschluss einer Geothermie-Anlage in räumlicher Nähe des Bunkers untersucht. ■

**Tim Sternkopf
Dr. Andreas Koch
Sirin Tezcan-Kamper**



Die Autoren dieses Artikels sind bei der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) im Fachbereich „Urbane Energiewende“ tätig. Das Arbeitsgebiet Quartier und Stadt innerhalb des Fachbereichs beschäftigt sich unter anderem mit lokalen, klimaneutralen Versorgungslösungen auf Quartiersebene.

www.dena.de