

# punktum. betonbauteile

Das Branchenmagazin

Betonfertigteile | Betonwaren | Betonwerkstein



**Gastbeitrag „Autarke Energieversorgung“**

**Energiesäule aus Beton als Beitrag zur Wärmewende**

> Seite 5

**UNSERE POSITION.**

**Klimafolgen und Klimaanpassung.  
Empfehlungen für Straßenbau und  
Verkehr, Bauwesen und Wasserwirtschaft**

> Seite 10



**Thomas Friedrich**  
Geschäftsführer  
INNOGRATION GmbH

## Gastbeitrag „Autarke Energieversorgung“ Energiesäule aus Beton als Beitrag zur Wärmewende

Die Energiewende ist in aller Munde und täglich werden wir darüber informiert, wie die fossile Energie durch die erneuerbare Energie ersetzt werden soll beziehungsweise kann. Die erneuerbare Energie hat den großen Vorteil, dass sie uns in unendlicher Menge zur Verfügung steht. Wir müssen sie nur einfangen und auch speichern, denn leider können wir diese Form der Energie nicht auf Knopfdruck abrufen.

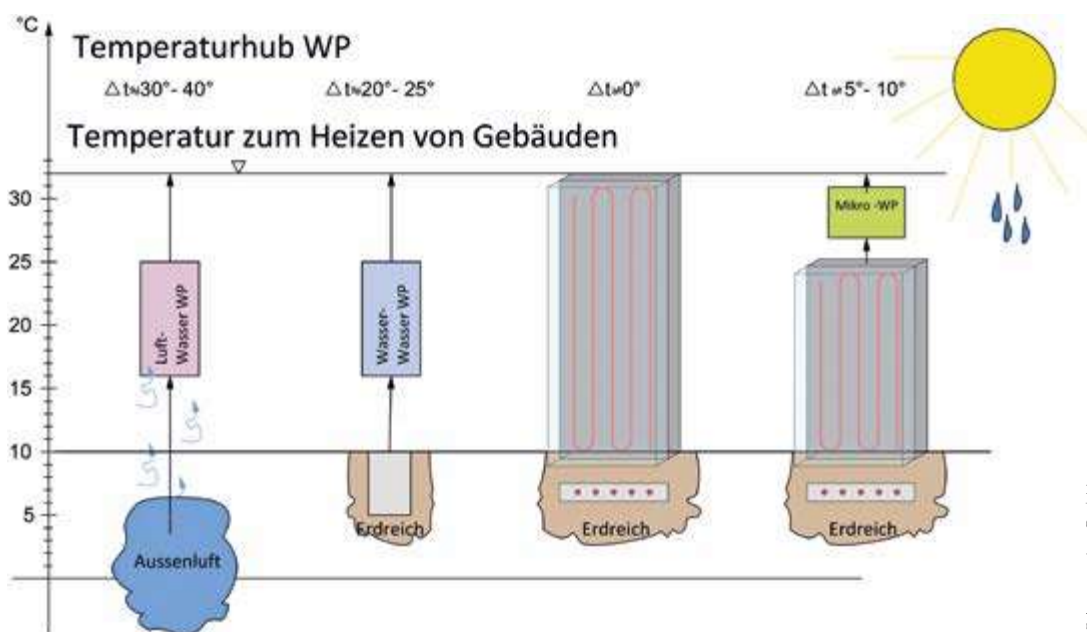
Sonne, Wind und Umluft stehen in unterschiedlicher Intensität und teilweise zeitlich begrenzt zur Verfügung. Wir haben es mit einem täglich wechselnden Angebot an Energie zu tun. Da wir jedoch entsprechend dem Bedarf Energie benötigen, müssen wir die eingesammelte Energie zwischenspeichern, um diese dann jederzeit abrufen zu können.

### Strom und Wärme aus erneuerbarer Energie

Strom aus erneuerbarer Energie wird bereits in großem Umfang erzeugt. PV-Anlagen auf den Dächern unserer Gebäude finden sich heutzutage zuhauf. Innerhalb des vorhandenen Stromnetzes lässt sich diese erzeugte Energie einfach einspeisen und über

die vielen Verbraucher am Netz speichern. Die Nutzung von Wärme aus erneuerbarer Energie ist weit weniger verbreitet, da auf diesem Gebiet im Gegensatz zu der PV-Technik wenige bis keine Produkte verfügbar sind. Das ist sehr verwunderlich, da rund 30 % des gesamten Energieaufwands für die Erwärmung von Gebäuden gebraucht wird.

Für die Gewinnung von Wärmeenergie aus erneuerbaren Energien brauchen wir Produkte, um die vorhandene Energie zu absorbieren und anschließend direkt zu speichern. Das ist die Voraussetzung, um die erneuerbare Energie bedarfsgerecht in unseren Gebäuden zu verteilen und zum Klimatisieren zu verwenden.



Vergleich von diversen Energiequellen für den Betrieb mit einer Wärmepumpe.



© Innogration GmbH

Die Energiesäule im Umfeld weiterer Energieerzeuger auf dem Gelände der Innogration GmbH.

### Voraussetzungen für die Verwendung von Wärme aus erneuerbarer Energie

Allerdings lässt sich die eingesammelte Energie nicht direkt nutzen, da die zugehörigen Temperaturen nicht den geforderten Wert zur Klimatisierung aufweisen.

Eine wirtschaftliche und energieeffiziente Verwendung der Wärmeenergie orientiert sich an der Differenz zwischen der Temperatur der eingesammelten Energie (auch als Energiequelle bezeichnet) und dem Verbraucher. Wir nutzen Bauteile wie vorzugsweise die Decke oder auch den Fußboden, um die Energie vorwiegend als Wärme und gelegentlich auch als Kälte über deren große Fläche zu verteilen. Flächen zum Verteilen der Wärmeenergie sind ideal, denn diese arbeiten mit Niedrigtemperatur und sind damit bereits sehr energieeffizient. So gelingt es, bereits die Temperatur des Verbrauchers niedrig zu halten. Dennoch verbleibt oftmals eine Differenz zu der ausgewählten Energiequelle. Idealerweise lässt sich dieses Delta an Temperatur mit einer Wärmepumpe überwinden. Die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe wird maßgeblich von der Größenordnung dieser Differenz bestimmt. Je geringer der Temperaturhub ausfällt, umso mehr Leistung erzeugt die Wärmepumpe mit der gleichen Strommenge. Hier besteht eine weitere Möglichkeit, Energie, nämlich Strom einzusparen. Um die Wärmepumpentechnik in Verbindung mit einer autarken Energieversorgung zu nutzen, sind wir gezwungen, sowohl Wärme als auch Strom aus erneuerbarer

Energie einzusammeln [1]. Dazu brauchen wir in jedem Fall entsprechende Speicher, da sich die Verfügbarkeit der erneuerbaren Energie unterschiedlich von dem Bedarf ergibt. Batteriespeicher für den Strom sind aufwendig, kostenintensiv und nicht langlebig. Alternativ besteht die Möglichkeit, mit einfachen Mitteln Wärme zu speichern, insbesondere, wenn man bestehende, meist tragende Bauteile multifunktional für diese Aufgaben nutzt. Die sowieso vorhandenen Bauteile wie Bodenplatte, Decken und Wände übernehmen dann zusätzlich die Funktion der Wärmespeicherung.

Während die Energiegewinnung von Strom weitgehend über standardisierte PV-Module erfolgt und der Ertrag in einer Batterie gespeichert wird, haben wir es bei dem Prozess zur Erzeugung von Wärmeenergie nicht mit standardisierten Bauteilen zu tun.

Um bei der Wärmeenergie die gesamte Palette von der Energiegewinnung bis zur Verteilung abzudecken, müssen die folgenden drei Funktionen gewährleistet sein:

- Erneuerbare Energie einsammeln über entsprechende Absorber.
- Die gesammelte Energie mit passenden Bauteilen speichern.
- Die gespeicherte Energie über die Bauteile der Decke beziehungsweise des Fußbodens verteilen.

Die drei Funktionen sind miteinander verknüpft und untereinander abhängig. Es sind diese Überlegungen, die zum Bau der Energiesäule geführt haben.<sup>1</sup> Als Ergänzung zu der bereits bewährten Technik, die Wärme beziehungsweise Kälte über die Deckenelemente zu verteilen, schließt die Energiesäule die Lücke, indem die oben genannten Aufgaben von der Säule übernommen werden.

### **Bauteile für die Verteilung der gewonnenen Wärmeenergie**

Die Verteilung der gewonnenen Energie wurde bislang bestens mit vorhandenen Bauteilen gelöst. In der Vergangenheit haben wir bereits erfolgreich die tragende Betondecke mit der integrierten Bauteilaktivierung zur Verteilung der Wärmeenergie im Raum genutzt. Gegenüber der alternativen Möglichkeit der Energieverteilung über den Fußboden bietet die Decke deutliche Vorteile, da sie als tragendes Element sowieso vorhanden ist. Lediglich die Rohrleitungen müssen in den Querschnitt integriert werden. Die vorhandene Masse der Decke dient zugleich als zusätzlicher Energiespeicher, der geringe Mengen bis zu einer Woche zwischenspeichert und je nach Raumtemperatur diese weitgehend selbstregelnd abgeben und aufnehmen kann.

Die Verteilung der Wärme erfolgt an der Deckenunterseite über Strahlung. Dieses Prinzip, auf die Decke angewendet, lässt sich sowohl zur Heizung als auch zur Kühlung einsetzen. Die Abgabe über Strahlung anstelle Konvektion führt zu einer Temperaturveränderung der Gegenstände im Raum. Diese wiederum geben ihre Energie von allen Seiten an

die im Raum befindlichen Personen ab und sorgen damit für eine thermische Behaglichkeit. Im Gegensatz dazu steht die Konvektion über die erwärmte Luft, die oftmals als unbehaglich empfunden wird. Ein weiterer nicht zu verachtender Vorteil besteht darin, dass auch im Winter das Fenster zur stoßweisen Lüftung geöffnet werden kann, ohne dass Energie verloren geht, denn bei der Abgabe der Energie über Strahlung wird keine Luft erwärmt. Der Werkstoff Beton offenbart bereits bei der Bauteilaktivierung seine hervorragenden Eigenschaften zur Energiespeicherung und der damit gekoppelten Verteilung. Es geht darum, Bauteile multifunktional einzusetzen und zu nutzen.

### **Die Aufgabe der Energiesäule**

Die Energiesäule übernimmt die Aufgabe, die Sonnenstrahlung zu absorbieren und die dabei entstehende Wärme zu speichern. Dank der Ausbildung einer Fläche mit Absorber und der vorgesetzten Glasscheibe entstehen hohe Temperaturen, sodass die Energie mit einem hohen Temperaturwert gespeichert wird. Damit reduziert sich die Differenz zwischen Energiequelle und Verbraucher, was wie vorne ausgeführt zu einer Erhöhung der Leistung der Wärmepumpe führt. Der dann erforderliche Bedarf an Strom reduziert sich und schlussendlich wird hierbei weiter Energie eingespart. Die eingesammelte Wärmeenergie wird sowohl in dem Turm als auch in dem Fundament der Energiesäule gespeichert. Die beiden Bauteile dienen als Zwischenspeicher, der als Quelle für die Wärmepumpe genutzt wird.



© Imagination GmbH

Vorgefertigter Fundamentblock für die Säule.

<sup>1</sup> Friedrich, Th.; Groh, S. (2024) Eine gleichmäßige und konstante Energiequelle mit der neu entwickelten Energiesäule; Bauphysik 46 (2024) Heft 3.



© Innogation GmbH

Montage der vorgefertigten Bauteile für die Säule.

### Die Bauteile der Energiesäule

Der Turm und das Fundament der Säule wurden aus statischer Sicht für die Einwirkungen aus Wind und Schiefstellung dimensioniert. Die Bauteile wurden mit dem Werkstoff Beton hergestellt. Denn Beton übernimmt neben seiner statischen Aufgabe auch die Wärmespeicherung, wofür er sich ausgezeichnet eignet. Die Ausbildung der Absorber mit schwarzer gestrichener Platte mit integrierten Rohrregistern inklusive der vorgesetzten Glas-scheibe erzeugt hohe Temperaturen von bis zu rund 100 °C. Sobald die Energie abgezogen wird, reduziert sich die Temperatur auf rund 60 °C. Das Betonvolumen ist allseitig gedämmt, um die Wärme langfristig zu speichern. Dennoch verursachen hohe Temperaturen entsprechende Verluste. Um diese Schwankungen auszugleichen und als Quelle mit gleichbleibender Temperatur zur Verfügung zu stehen, wurde die Betonmasse anteilig mit Einlagen eines speziellen Materials versehen.

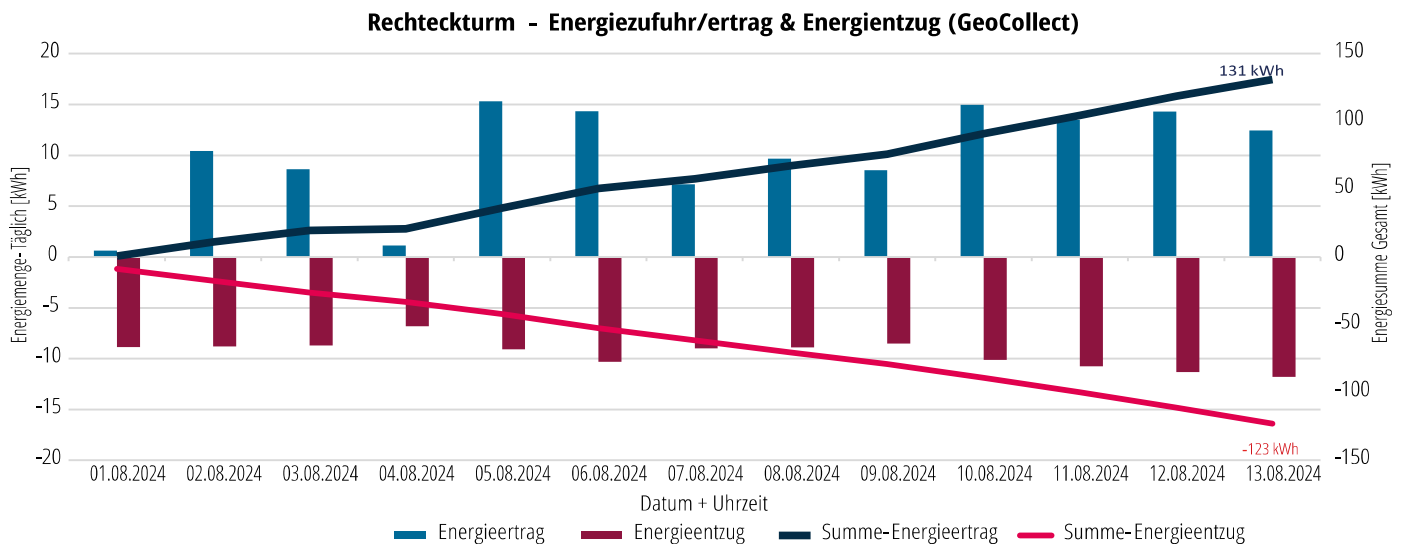
Bei dem Material handelt es sich um das sogenannte Phasen-Wechsel-Material (PCM). Durch die Veränderung des Aggregatzustands von fest zu

flüssig oder umgekehrt wird Energie gespeichert oder abgegeben, ohne dass sich die Temperatur verändert.<sup>2</sup> PCM ist in der Lage, bei gleichbleibendem Temperaturwert große Mengen an Energie zu speichern. Da PCM seine Eigenschaften von fest zu flüssig verändert, muss es in Behälter gefüllt werden. Erst dann können diese in dem Beton als Einbauteile integriert werden. Wir haben uns wegen der optimalen Energieübertragung für schlanke Röhren mit quadratischem Querschnitt entschieden. Im Zentrum des Querschnitts verläuft eine mit Wasser durchströmte Leitung, über die die Wärmeenergie transportiert wird. Die Röhren werden in einzelnen Schichten in dem Betonquerschnitt von Turm und Fundament eingebaut. Zwischen den Lagen werden im Beton zusätzliche Register als Wärmetauscher angeordnet. Das PCM kann somit sowohl über den Beton als auch über die zentrale Leitung in der Röhre be- und entladen werden. Diese zweifache Anordnung von Leitungen für den Wärmetauscher hat zudem den Vorteil, dass parallel be- und entladen werden kann. Die Kombination von Beton mit dem anteiligen PCM sorgt auch für eine längere Phase ohne merkbare Verluste an Temperatur. Diese Kombination bildet die Voraussetzung für einen langfristigen Speicher. Über die Wahl des Schmelzpunkts des PCMs kann somit in dem Turm eine gleichbleibende Temperatur von rund 29 °C und im Fundament eine solche von 24 °C vorgehalten werden. Die Energie kann direkt verwendet oder als Quelle für den Betrieb einer Wärmepumpe genutzt werden.

### Vorgefertigte Betonbauteile für die Konstruktion der Energiesäule

Idealerweise werden die einzelnen Bauteile vorgefertigt. Die Vorfertigung erlaubt den präzisen Einbau der Teile wie die Röhren mit PCM und die Rohrregister für die Wärmetauscher. Zudem müssen die einzelnen Rohrleitungen an eine zentrale Versorgungsleitung angeschlossen werden. Für den Einbau wurden die einzelnen Komponenten der Einbauteile über Schablonen aus Blech exakt positioniert. Die Röhren lagern schichtenweise auf Traversen. Dann erfolgt der Einbau in die Schalung gemeinsam mit der Bewehrung. Die weiteren Elemente für die Verbindung der vorgefertigten Bauteile vor Ort sowie die Anschlüsse für den Energietransport wurden an der Schalung fixiert. Die vorgefertigten Bauteile wurden dann zur Baustelle transportiert und mit dem Kran versetzt. Anschließend wurden alle Bauteile mit einer Isolierschicht versehen. Die weiteren Arbeiten erfolgten am Turm. Auf der Isolierschicht wurden schwarze Metallplatten befestigt und daran Rohrregister als Wärmetauscher fixiert. Anschließend wurde die Verglasung im Abstand von rund 10 cm vorgesetzt.

<sup>2</sup> Friedrich, Th.; Groh, S. (2019) Effiziente Be- und Entladung von PCM-Speicher ohne jegliche Verkapselung; Bauphysiktag Weimar 2019.



Vergleich der Energiegewinne aus der Energiesäule mit dem Transfer in den Langzeitspeicher.

Nur die drei Seiten nach Osten, Süden und Westen wurden als Absorber ausgebildet. An der Nordseite wurde der Schaltschrank installiert. Hier laufen alle Leitungen zusammen: von den Absorbern und den Wärmetauschern, sowie die Anschlussleitung für den jeweiligen Verbraucher.

### Arbeitsweise der Energiesäule

Über die drei getrennt angeschlossenen Flächen (Osten, Süden, Westen) wird je nach Tageszeit die erzeugte Energie eingesammelt und gespeichert. Dazu dient entweder der Speicher des Turms oder der des Fundaments. Je nach Anforderung und aktuellem Zustand erfolgt die Beladung des jeweiligen Speichers. Aufgrund der getrennten Ansteuerung der einzelnen nach den Himmelsrichtungen ausgerichteten Flächen wird ein Maximum an Energieausbeute für die jeweilige Tageszeit erreicht. Nach erfolgter Zwischenspeicherung wird die Energie nun direkt an einen Verbraucher oder an einen weiteren Speicher abgegeben. Dazu werden entweder die Wärmetauscher im Beton oder diejenigen in den PCM-Röhren genutzt. Wie oben erwähnt, kann durch die beiden getrennt arbeitenden Wärmetauscher sowohl beladen als auch parallel entladen werden.

Wir konnten beide Optionen austesten. Als Verbraucher stand eine Heizsäule zur Verfügung. Diese besteht aus einer mit PCM beladenen Röhre und umlaufend in entsprechendem Abstand einer gelochten Verkleidung. Die Röhre wird über das integrierte PCM mit Energie beladen und gibt dann die Energie über Strahlung an die Umgebung ab. Wird eine höhere Leistung gefordert, wird ein Luftstrom über einen Ventilator entlang der Oberfläche der PCM-Röhre geleitet. Damit wird die vorhandene Leistung durch die ergänzende Konvektion vergrößert.

Anstelle des direkten Verbrauchs lässt sich die Energie der Säule auch in einen größeren Speicher überführen. Dazu arbeiten wir mit einem Langzeitspeicher, der insbesondere die Wärmeenergie aus dem Sommer für die Verwendung im Winter bevorrätet. Das erfolgt mit einem Sandspeicher, der direkt unter dem Gebäude angeordnet ist. Die gewonnene Wärme aus der Strahlung im Sommer wird kontinuierlich in den großen Speicher transferiert. Man erkennt deutlich, wie sich die Temperatur im Speichermaterial verändert und innerhalb weniger Tage bereits um 2 °C bis 3 °C erhöht. Die entsprechende Menge an Energie wird somit von der Säule direkt in den Langzeitspeicher transferiert.

### Die Energiesäule als Energiequelle für die Wärmepumpe

Energie wird aus der Umgebung über Sonnenstrahlung gewonnen. Damit wird das Ziel verfolgt, eine optimale Quelle für die Wärmepumpe bereitzustellen. Der schwankende Energieertrag aus erneuerbarer Energie wird durch die Speicherung vergrößert und steht somit kontinuierlich der Wärmepumpe zur Verfügung. Zudem wird die Temperatur der Quelle durch die Leistung der Absorber auf ein höheres Niveau als die sonst üblichen Quellen (Umluft, Erdreich) angehoben. Das wiederum ermöglicht einen sehr effizienten Betrieb der Wärmepumpe, da weniger Strom für die geforderte Leistung benötigt wird. Damit wird insbesondere ein Konzept verfolgt, speziell in den Wintermonaten bei geringem Strom- und Wärmeangebot die Wärmeversorgung dennoch vollständig über den selbst erzeugten Strom sicherzustellen.