

EINE GLEICHMÄßIGE UND KONSTANTE ENERGIEQUELLE MIT DEM NEU ENTWICKELTEN ENERGIEPFAHL

Thomas Friedrich

Innogrations GmbH, DE-54470 Bernkaste-Kues, E-Mail: th.friedrich@innogrations.de

Kurzfassung

Um unsere Gebäude zukünftig zu klimatisieren, müssen wir erneuerbare Energien nutzen. Ein wichtiger Baustein auf dem Weg dorthin wird die Wärmepumpe einnehmen. Diese nutzen als Energiequelle die verschiedenen Alternativen der erneuerbaren Energie. Die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe wird von der Temperaturdifferenz zwischen der Quelle und Raumtemperatur bestimmt. Je geringer dieser Wert ausfällt, umso geringer ist der Stromverbrauch. Das vorgestellte Verfahren stellt eine Form von Zwischenspeicher zum Sammeln von Strahlungsenergie dar. Dabei wird die Temperatur in dem Speicher auf ein höheres Niveau als die Ausgangsquellen angehoben. Wird Wärmeenergie gebraucht, kann die Wärmepumpe immer auf eine Quelle mit hohem Temperaturniveau zurückgreifen. Die vorgestellte Energiesäule ist in der Lage, Energie aus Strahlung auf einem hohen Temperaturniveau einzusammeln. Die beiden zugehörigen Wärmespeicher bevorraten die erzeugte Wärmeenergie als Input für die Wärmepumpe im Heizfall. Sofern überschüssiger Strom vorhanden ist, wird das Temperaturniveau in den beiden Speichern angehoben.

Abstract

In order to air-condition our buildings in the future, we must use renewable energies. The heat pump will be an important building block on the way there. These use various renewable energy alternatives as an energy source. The performance of the heat pump is determined by the temperature difference between the source and room temperature. The lower this value is, the lower the power consumption. The method presented represents a form of intermediate storage for collecting radiant energy. The temperature in the storage is raised to a higher level than the output sources. If thermal energy is needed, the heat pump can always rely on a source with a high temperature level.

The presented energy column is able to collect energy from radiation at a high temperature level. The two associated heat storage units store the heat energy generated as input for the heat pump when

heating. If there is excess electricity, the temperature level in the two storage units is raised. angehoben.

Einleitung

Für die Klimatisierung unserer Gebäude nutzen wir bislang fossile Brennstoffe und zum Kühlen verbrauchen wir mit der aktuellen Generation von Klimaanlage den aus den Kraftwerken hergestellten Strom. Wir müssen die Aufgaben der Gebäudeklimatisierung zukünftig mit erneuerbarer Energie bewerkstelligen. Ein wesentliches Element der Wärme- bzw. Kälteerzeugung wird die Wärmepumpe sein. Hierbei gelingt es, die Quellen aus erneuerbarer Energie zu nutzen und mithilfe der Wärmepumpe auf ein brauchbares Temperaturniveau zu bringen.

Der Wirkungsgrad und damit die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe wird entscheidend von der Ausgangstemperatur der verwendeten Quelle bestimmt. Ist die Temperaturdifferenz zwischen der Ausgangstemperatur der Quelle und der Raumtemperatur groß, so wird auch der Wärmepumpe eine entsprechende Leistung abverlangt. Je geringer die Temperaturdifferenz ausfällt, umso größer wird die Jahresarbeitszahl (JAZ) und umso geringer der Stromverbrauch für die Wärmepumpe.

Es geht zukünftig auch darum, den Strom aus erneuerbaren Energien dann zu nutzen, wenn er ansteht. Anstelle von großen Batteriespeicher brauchen wir alternativen für die Wärmespeicherung.

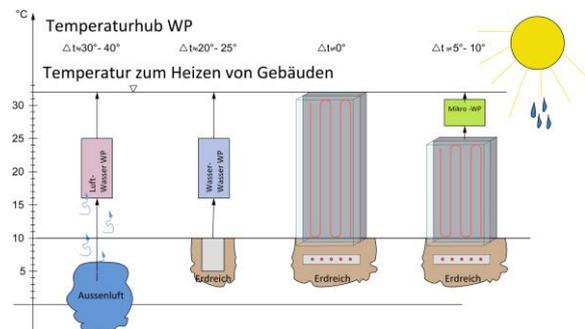


Abbildung 1: Vergleich der Energiequellen in Verbindung mit der Temperaturdifferenz

Die üblichen Wärmequellen für die Wärmepumpe

Als Quelle für die Wärmepumpe stehen die erneuerbaren Energien wie die Luft, die Sonnenstrahlung, das Wasser und das Erdreich zur Verfügung. Zukünftig werden noch weitere Quellen wie z.B. das Abwasser oder die Abwärme von Industrieanlagen nutzen müssen. Von der Umweltenergie steht unendlich viel zur Verfügung, es geht nur darum, diese effizient anzuzapfen. Allerdings ist die mit den vorgenannten Quellen einhergehende Temperatur i.d.R. gering und zudem unterschiedlich hoch. So muss z.B. eine Luftwärmepumpe im Winter bei den kalten Lufttemperaturen eine hohe Temperaturdifferenz überwinden, um die gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. Wasser und Erdreich als Quelle starten mit einer höheren und über das Jahr hinaus gleichmäßigen Temperatur. Diese Vorgaben reduzieren den Stromverbrauch. U.U. kann man dann auch geringe Mengen an Strom nutzen, weil dieser gerade aufgrund der Wind- bzw. Sonnenflaute in voller Höhe vorhanden ist.



Abbildung 2: Behälter mit PCM gefüllt als Einbauteile für die Betonelemente

Nutzung der Strahlungsenergie als Quelle

In den Diskussionen über mögliche Energiequellen werden derzeit die Möglichkeiten, aus Strahlung Energie einzusammeln nicht weiterverfolgt. Es gibt zwar die Möglichkeit der klassischen Solarthermie mit den entsprechend konstruierten Absorbern. Allerdings wird bei diesem System eine sehr hohe Temperatur erzeugt, die überwiegend für die Warmwasserbereitung genutzt werden kann. Als Quelle für die Wärmepumpe scheidet diese Quelle aufgrund der hohen Temperatur aus. Man erkennt jedoch an den erzielbaren Temperaturen, wie leistungsstark die Sonnenstrahlung sein kann.

Um die Strahlung auch als Quelle für den Betrieb mit einer Wärmepumpe zu nutzen, braucht es angepasste Absorber und die Möglichkeit die so gewonnen Wärme direkt zu speichern. Die derart bevorratete Wärmeenergie kann dann bedarfsweise als Quelle für die Wärmepumpe genutzt werden.

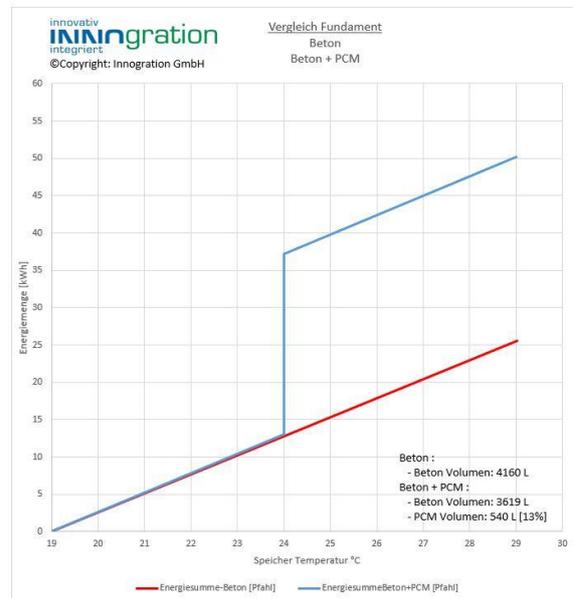


Abbildung 3: Steigerung der Energiedichte mit den Einbauteilen mit PCM

Absorber zur Nutzung der Strahlungsenergie

Die passenden Absorber bestehen i.d.R. aus einer glatten und schwarzen Fläche mit integrierten Rohrregister, um die gewonnene Wärme abführen zu können. Idealerweise sollte eine Glasfläche vor der eigentlichen Absorberfläche angeordnet werden. Dann wird der Luftraum zwischen Glas und Absorber durch die Strahlung erwärmt. Die erwärmte Luft kann jedoch in dem Zwischenraum nicht entweichen und erwärmt den Raum vor der Fläche zusätzlich. Hier spricht man von der so genannten unterdrückten Konvektion. Gewächshäuser funktionieren nach dem gleichen Prinzip. Die erwärmte Luft erhöht die Temperatur auf dem Absorber zusätzlich. Ein derartig konstruierter Absorber ist dann eine zuverlässige Energiequelle sobald die Strahlung der Sonne vorhanden ist. Die Leistung des Absorbers wird von der Strahlungsintensität und der Sonnenscheindauer bestimmt.

Ergebnisse mit solchen Absorbern zeigen auch bei niedrigen Außentemperaturen eine sehr hohe Temperatur auf der Absorberoberfläche. Werte von über 100°C sind üblich. Sobald jedoch die Energie

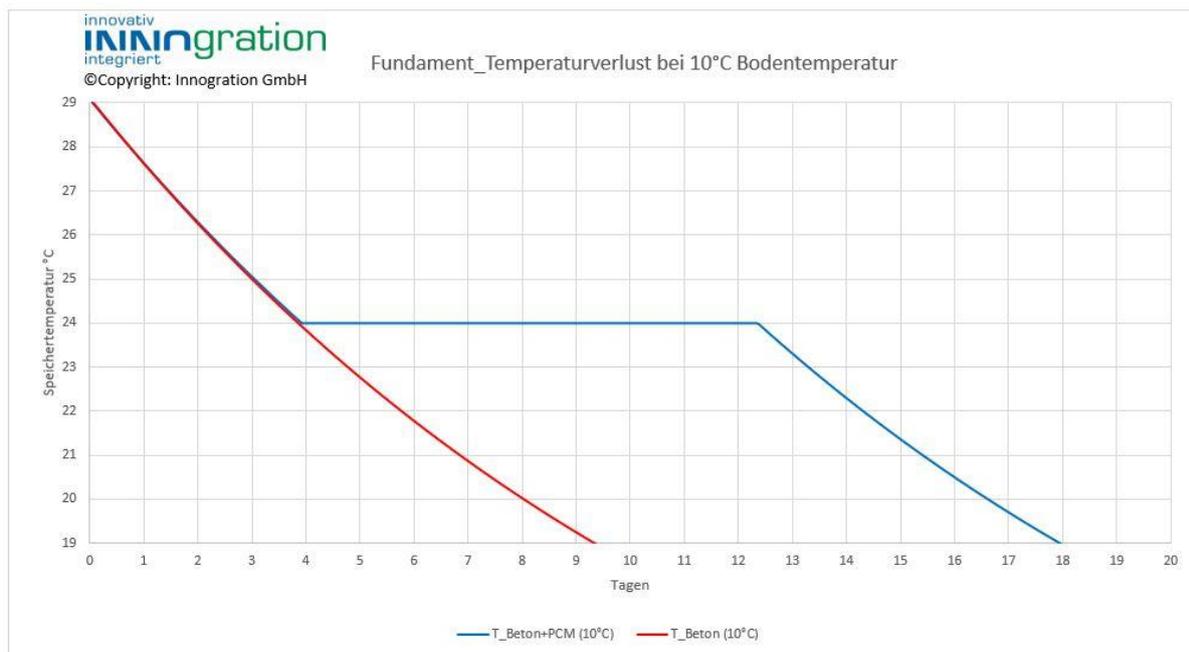


Abbildung 4: Vergleich der Energieverluste des Betonbauteile mit und ohne Einlagen mit PCM

über die integrierten Rohrleitungen abgezogen wird, sinkt auch die Oberflächentemperatur.

Diese Form von Absorberfläche kann man sowohl in der Fassade von Gebäuden unterbringen als auch in einem separaten Bauteil einbauen. I.d.R. sollte die Fläche nach Süden ausgerichtet sein. Um auch die Vorteile dieser Technik für einen nachträglichen Einbau zu nutzen, bietet sich die eigenständige Konstruktion in Form einer Säule an. Die Säule bietet gleichzeitig mehrere Vorteile. Drei Oberflächen der Säule (Osten, Süden, Westen) können unabhängig voneinander betrieben werden, um so den gesamten Sonnenverlauf über einen Tag zu nutzen. Das Volumen der Säule aus Beton wird direkt als Wärmespeicher verwendet ebenso wie das zugehörige Fundament. Wie eingangs erwähnt, brauchen wir beides, die Flächen zum Einsammeln der Strahlung aber auch die Speicher, um die gewonnene Wärmeenergie zu bevorraten. Zur Umsetzung dieser beiden Anforderungen ist die Konstruktion einer Säule mit Fundament bestens geeignet. Säule und Fundament werden aus bewehrtem Beton erstellt, um die statischen Anforderungen zu erfüllen. Zur Speicherung der Wärme im Beton muss die Konstruktion vollständig isoliert werden. Die Absorberflächen werden an den Flächen der Säule angebracht. Dabei liegt i.d.R. eine Blechtafel auf der Isolierung. Der Wärmetransport von der Sammelstelle zum Speicher erfolgt über die in dem Absorber integrierten

Rohrregister sowie den entsprechenden Wärmtauscher in der Betonkonstruktion.

Erhöhung der Wärmespeicherkapazität

Das Betonmaterial besitzt eine hohe Wärmespeicherkapazität. Um diese Eigenschaft weiter zu optimieren, werden in dem Volumen Behältnisse als Einbauteile angeordnet, die mit Phasen-Wechsel-Material (PCM) gefüllt sind. Die Verwendung von PCM bietet nun mehrere Vorteile. Die Wärmespeicherkapazität wird deutlich erhöht. Mit der Auswahl einer sogenannten Schalttemperatur für das PCM lässt sich die Wärme für längere Zeit zugleich auf einem festgelegten Niveau speichern. Bei der Speicherung auf einer konstanten Temperatur sind die Wärmeverluste deutlich geringer als bei reinem Beton mit gleichem Speicherniveau und demzufolge höher Temperatur. Weiterhin besteht bei dem Einbau der vorgenannten Behältnisse die Option, die Zu- und Abfuhr der Wärmeenergie über zwei Wärmetauscher umzusetzen. Einerseits über die Register, die im Beton eingebaut sind, und andererseits über die Leitungen, die innerhalb der Behältnisse eingebaut sind. Diese zweifache Versorgungsleitung eröffnet auch die Option, den Speicher gleichzeitig zu beladen aber auch parallel zu entladen.

Die Behältnisse bestehen aus quadratischen Stahlrohren mit einer innenliegenden Leitung für den Wassertransport und Wärmeleitblechen (sogenannten Fans), die sternförmig um die zentrale Leitung angeordnet sind. Diese Elemente dienen dazu, die

aufgenommene Wärmeenergie im Querschnitt gleichmäßig zu verteilen und das gesamte Material des PCM zu aktivieren.

Die Verwendung von zwei verschiedenen Betonelementen bietet zudem den Vorteil, dass die Schaltemperatur des PCM individuell angepasst werden kann. In dem Turm verwenden wir ein PCM mit hoher Schalttemperatur (29°C) und im Fundament wird eine niedrigere Temperatur (24°C) verwendet. Je nach anstehender Wärme aus dem Absorber wird entweder der eine oder der andere Speicher geladen. Auch wenn die eingesammelte Temperatur niedrig ausfällt kann zumindest ein Speicher befüllt werden. Oder bei unterschiedlichen Temperaturverlauf über den Tag kann immer ein Speicher bedient werden.



Abbildung 5 Vorgefertigter Fundamentblock für die Energiesäule

Herstellung der Betonbauteile

Die Abmessungen von Säule und Fundament wurden aufgrund der statischen Anforderungen dimensioniert. Beide Teile wurden als Fertigteil in dem Werk hergestellt. Diese Vorgehensweise hatte den Vorteil, dass die Einbauteile der mit PCM gefüllten Behältnisse strukturiert und zuverlässig eingebaut werden konnten. Die länglichen Behältnisse werden mithilfe einer Schablone in mehreren Reihen montiert. Die zugehörigen Leitungen werden angeschlossen, so dass sie gleichmäßig durchströmt werden. Die ergänzenden Rohrregister für den Energieaustausch mit dem Beton werden ebenfalls bei der Vormontage aller Einbauteile berücksichtigt.

Die Schalung für Turm und Fundament wurde mit der zugehörigen Bewehrung vorbereitet. Nachdem die vorgefertigte Einheit für die Einbauteile in der Schalung fixiert ist, wurden die Bauteile betoniert. Wegen der hohen Dichte von Einbauteilen wurde ein

selbstverdichtender Beton mit einer Korngröße von 8mm verwendet.

Unter den geschützten Verhältnissen des Werks konnten die heiklen Einbauarbeiten zuverlässig erledigt werden.



Abbildung 6: Montage der Energiesäule mit den vorgefertigten Elementen für das Fundament und den Turm

Montage der vorgefertigten Bauteile

Die einzelnen Bauteile werden zum Bestimmungsort geliefert und montiert. Dann erfolgen die restlichen Arbeiten wie die Isolation, der Einbau der Absorberflächen und der vorgesetzten Glasscheibe. Die Leitungen von den Absorbern müssen an die Verteiler angeschlossen werden, ebenso wie die Leitungen der Register des Wärmespeichers. Diese Arbeiten werden in einem Schaltschrank zusammengeführt, der auf der Nordseite der Säule integriert ist. Ein Steuerprogramm übernimmt nun die Entscheidungen, welche Rohrleitungen in den Absorberflächen aktiv werden und welcher Speicher geladen wird.

Messergebnisse

Die bisherigen Ergebnisse zeigen das ausgeprägte Verhalten der einzelnen Flächen entsprechend dem Tagesgang der Sonnenstrahlen. Da die Register einzelnen schaltbar sind, lässt sich jeweils das

Maximum an Wärmeenergie einsammeln. Die Ergebnisse wurden mit der Simulation verglichen und die Annahmen für die Simulation validiert. In Abhängigkeit von einem Wetterdiagramm mit den Angaben über die Strahlungsintensität und die Sonnenscheindauer lässt sich das Ergebnis der Wärmeausbeute im Voraus bestimmen. Entsprechend kann der Einsatz der Säule und ihr Ergebnis an jedem Ort vorausgeplant werden.

Die Speichertemperatur kann auf lange Sicht gleichmäßig gehalten werden und die Wärmeverluste entsprechen den angestellten Überlegungen. Die Ergebnisse führen auch zu weiteren Überlegungen für eine alternative Dämmung, bzw. einer angepassten Möglichkeit für das Be- und Entladen.

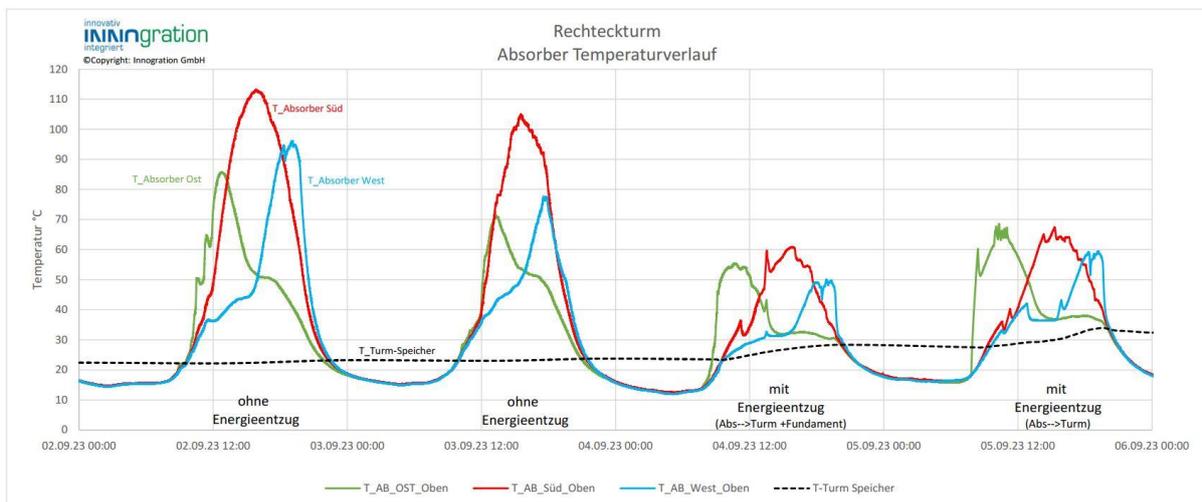


Abbildung 7: Temperaturverhalten in den Absorbern mit und ohne Energieentzug

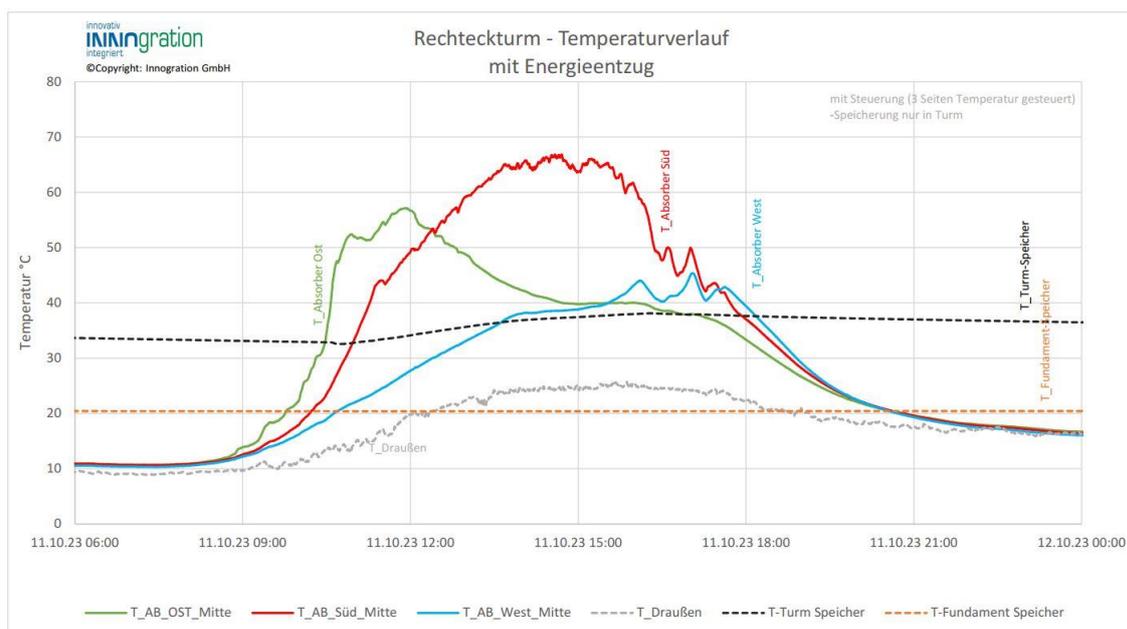


Abbildung 8: Temperaturverlauf in dem Betonspeicher des Turms mit und ohne Energiezufuhr

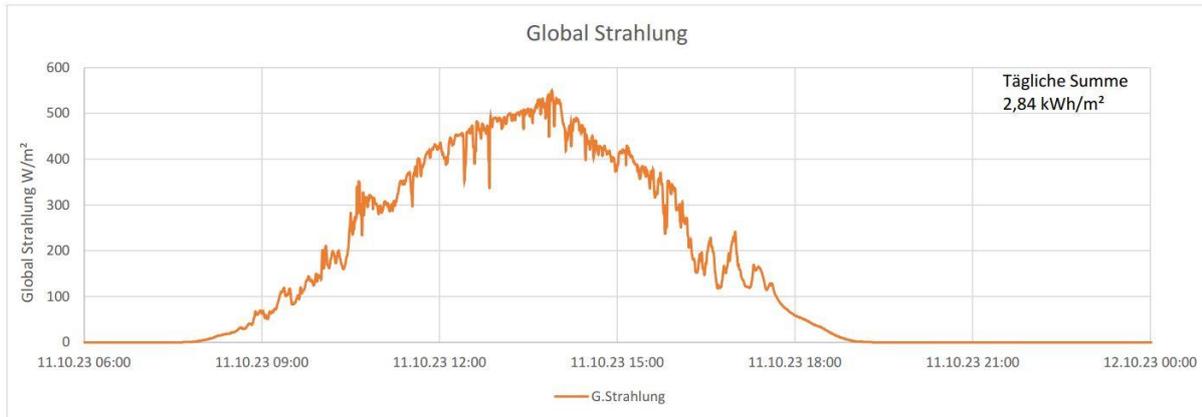


Abbildung 9: Zugehörige globale Strahlung

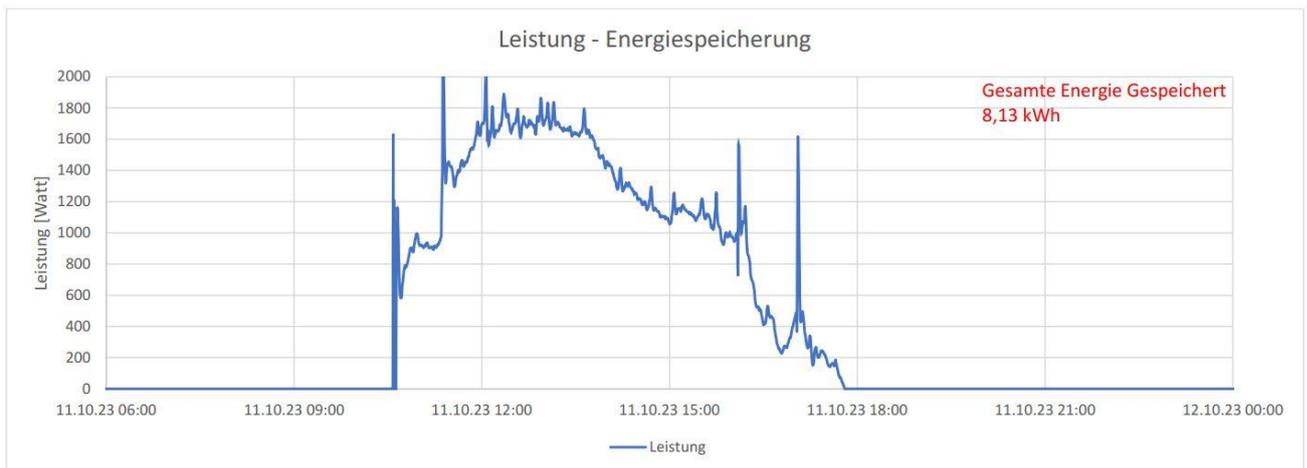


Abbildung 10: Zugehörige globale Strahlung

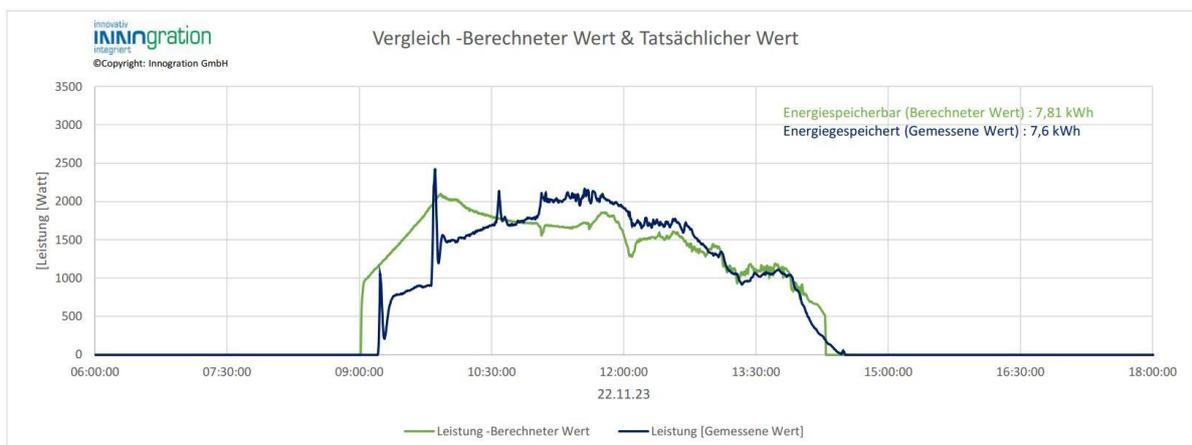


Abbildung 11: Zur Strahlung zugehörige Energieausbeute über die Absorber

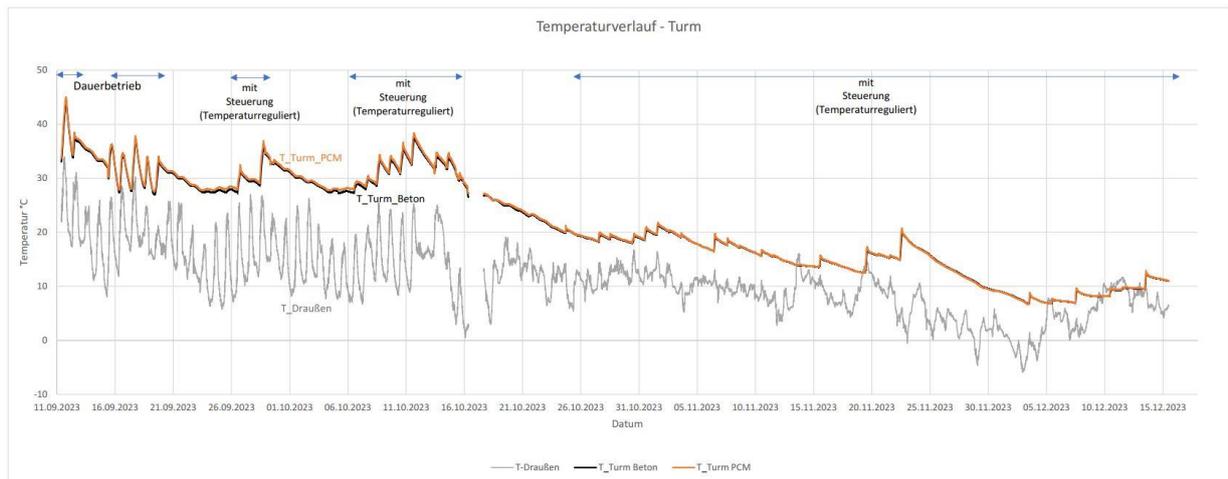


Abbildung 12: Temperaturverlauf in dem Betonspeicher des Turms mit und ohne Energiezufuhr

Ergänzungen

Die Säulenkonstruktion wird zukünftig noch ergänzt mit den Möglichkeiten, Strom aus PV zu gewinnen. Zum Einsatz kommt ein Solartracker, um bei kleiner Fläche die maximale Ausbeute an Strahlung zur Stromerzeugung zu nutzen. Gespeichert wird der Strom in einer Batterie mit 48V. Die bereits entwickelte thermoelektrische Wärmepumpe kann diesen Strom direkt ohne Umwandlung nutzen. Auch die Pumpen für den Wärmetransport über die Wasser geführten Leitungen arbeiten mit dem niedrigen Spannungsniveau.

Auf der Spitze des Turms werden noch kleine Windturbinen angeordnet, um ergänzend zu dem PV-Strom eine weitere Stromquelle zu nutzen, die alternativ zum Sonnenschein arbeiten.

Die Speicherung des Stroms bietet zudem die Option, bei überschüssigem Strom über die integrierte Wärmepumpe das Temperaturniveau in den beiden Speichern kurzfristig zu erhöhen. Das erfolgt dann ohne zusätzliche Kosten. Die Temperatur der Energiequellen werden in diesem Fall angehoben und für den nächsten Abruf im Heizfall vorbereitet. Bei einer höheren Temperatur braucht die Wärmepumpe weniger Strom. Derart kann der Wärmespeicher den Stromspeicher entlasten, weshalb die Kapazität der Batterie auf einem niedrigen Niveau ausgelegt werden kann.

Die Energiespeicherung erfolgt mit den hier vorgestellten Wärmespeichern. Damit wird eine Alternative zur einer Strombatterie vorgestellt.

Weitere Anwendungen und zukünftige Entwicklungen

Absorber und Wärmespeicher können auch an anderer Stelle in Gebäuden vorgesehen werden. Die Fassade ist eine ideale Fläche zum Sammeln von Strahlung. Die im Gebäude verwendeten Betonbauteile lassen sich auch multifunktional in Verbindung mit den Einbauteilen mit eingebauten Behältnissen mit PCM nutzen. Dazu bieten sich die Bodenplatte und auch die Kellerwände direkt an. An diesen Herausforderungen werden wir mit der Umsetzung des Gebäudes InnoTiny arbeiten.



Abbildung 13: Betrieb der Energiesäule

Kurzfassung

Um unsere Gebäude zukünftig zu klimatisieren, müssen wir erneuerbare Energien nutzen. Ein wichtiger Baustein auf dem Weg dorthin wird die Wärmepumpe einnehmen. Diese nutzen als Energiequelle die verschiedenen Alternativen der erneuerbaren Energie. Die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe wird von der Temperaturdifferenz zwischen der Quelle und Raumtemperatur bestimmt.

Je geringer dieser Wert ausfällt, umso geringer ist der Stromverbrauch. Das vorgestellte Verfahren stellt eine Form von Zwischenspeicher zum Sammeln von Strahlungsenergie dar. Dabei wird die Temperatur in dem Speicher auf ein höheres Niveau als die Ausgangsquellen angehoben. Wird Wärmeenergie gebraucht, kann die Wärmepumpe immer auf eine Quelle mit hohem Temperaturniveau zurückgreifen. Die vorgestellte Energiesäule ist in der Lage, Energie aus Strahlung auf einem hohen Temperaturniveau einzusammeln. Die beiden zugehörigen Wärmespeicher bevorraten die erzeugte Wärmeenergie als Input für die Wärmepumpe im Heizfall. Sofern überschüssiger Strom vorhanden ist, wird das Temperaturniveau in den beiden Speichern angehoben.

Zusammenfassung

Mit dem vorgestellten Verfahren wird insbesondere die Strahlungsenergie als Quelle genutzt. Dazu ist es erforderlich, diese Form von erneuerbarer Energie mit entsprechenden Verfahren zu absorbieren. Gleichzeitig braucht es entsprechende Wärmespeicher, um die über die Absorber eingesammelte Wärmeenergie zu bevorraten. Die gespeicherte Wärmeenergie dient dann als Quelle für den eigentlichen und oftmals zeitversetzten Bedarf, um Gebäude zu beheizen. Die vorgestellte Energiesäule bietet sowohl die Möglichkeit, die Strahlungsenergie einzusammeln als auch diese zu speichern. Dieses System bietet eine ideale Ergänzung, um den Bedarf an Heizenergie mit dem zeitversetzten Angebot an erneuerbarer Energie zu kompensieren. Mit dem zweifachen Wärmespeichersystem bietet sich auch die Möglichkeit, Strom zu speichern, indem Wärme erzeugt und abgespeichert wird.