

# Neue vorgefertigte Bauweisen für energieautarke Gebäude

■ Thomas Friedrich, Innogration GmbH, Bernkastel-Kues, Deutschland

Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben wurden und werden verschiedene Möglichkeiten einer Speicherung von Wärmeenergie untersucht. Diese Arbeiten schließen an die bisherigen Entwicklungen zur Verteilung der Energie im Gebäude an. Im Gesamtkontext geht es darum, Wärmeenergie einzusammeln, zu speichern und zu verteilen. Entwicklungen sind immer dann erfolgreich, wenn sich deren Einsatz im alltäglichen Betrieb nachhaltig und wirtschaftlich nachweisen lässt. Mit dem Bau des Mustergebäudes „InnoLiving“ auf dem Gelände der Innogration GmbH in Bernkastel-Kues wird dieses Ziel verfolgt. Ein kleines Bürogebäude mit einer Fläche von ca. 60 m<sup>2</sup> wird zukünftig als Arbeitsplatz für die Auszubildenden und die dualen Studenten der Innogration GmbH genutzt. Mehrfach neue Entwicklungen finden sich in diesem Gebäude wieder. Ziel dieses Vorhabens ist der Nachweis, heutzutage energieautarke Gebäude erstellen und auch mit einem hohen Nutzerkomfort betreiben zu können.

Die Konstruktion wird aus Betonfertigteilen hergestellt. Auch die erforderliche Dämmung von Fassade und Dach wird vorgefertigt, so dass das komplette Gebäude sehr schnell errichtet werden kann. Die Wände der Fassade bestehen aus einem neuartigen und sehr nachhaltigen Hybridbauteil, welches sich aus einer dünnen Betonscheibe aus RC-Beton und einer Holzständerkonstruktion zusammensetzt. Die über 10 m weit gespannten Decken lassen sich dank der gewählten Querschnittsform und einer vorgespannten Bewehrung mit nur geringem Materialeinsatz aus Beton herstellen.

Die Gebäudetechnik nutzt entsprechende Technologien, um Wärmeenergie aus der Umwelt einzusammeln, zu speichern und dann für die Nutzung im Gebäude zu verteilen. Die Verteilung der Energie erfolgt über die tragende Decke, und über die leistungsfähigen neu entwickelten Deckensegel sowie über die Betonwände mit der schaltbaren Vakuumdämmung. Für das Einsammeln der Wärmeenergie wird die Fassade und der besonders gestaltete Dachaufbau genutzt.



Übersicht über das Mustergebäude InnoLiving



■ Dipl.-Ing. (TH) Thomas Friedrich, Innogration GmbH, Bernkastel-Kues. Studium des Bauingenieurwesens an der RWTH Aachen und an der ETH Zürich als Stipendiat der Studienstiftung des deutschen Volkes. Projektingenieur bei der Vorspannfirma Stahlton/BBR in Zürich. 1988 Gründung der Ingenieurgesellschaft Domostatik und seitdem Geschäftsführer. Seit 2003 Beschäftigung mit Entwicklung eines neuartigen vorgefertigten Deckensystems mit integrierter Haustechnik. Inhaber zahlreicher Patente für neu entwickelte Produkte im Bauwesen. Gründung der Innogration GmbH in 2010 für die Weiterentwicklung und Vermarktung der neuen multifunktionalen Deckensysteme. Geschäftsführender Gesellschafter der Innogration GmbH. Seit 2008 Lehrbeauftragter für Sonderkapitel des Massivbaus an der TU Kaiserslautern.  
th.friedrich@innogration.de

## Gebäudekonzept

Mit dem innovativen Gebäude sollen viele neuartige Bauteile eingesetzt, und neue Techniken zur Gewinnung, Speicherung und Verteilung von Wärmeenergie ausgetestet werden. Ziel dieses Gebäudes wird sein, Energie aus der Umwelt zu gewinnen und damit das Gebäude energieautark zu betreiben. Da das Gebäude hochwertig als Büroeinheit genutzt wird, bestehen entsprechende Ansprüche an den Komfort, um eine hohe Nutzerzufriedenheit sicherzustellen.

Innovationen werden auch bei der Konstruktion selbst genutzt, um einen hohen Grad an Vorfertigung zu erreichen. Die Planung der Konstruktion inklusive der integrierten Gebäudetechnik ist von zentraler Bedeutung für die Ausführung eines derartigen Gebäudes. Dank der ausführlichen und detaillierten Planung lassen sich sämtliche Bauteile vorfertigen. Die Montage kann dann in rascher Abfolge umgesetzt werden, so dass die eigentlichen Arbeiten auf der Baustelle auf ein absolutes Minimum beschränkt werden.

Die Bauteile selbst übernehmen multifunktionale Aufgaben. So übernimmt ein einzelnes Element nicht mehr nur eine Aufgabe, sondern kann mehrfach genutzt werden. Dieses Prinzip wurde bereits erfolgreich bei den Deckenelementen Ceiltec® von der Innogration GmbH angewendet. Diese Deckenelemente werden bei dem Bauvorhaben ebenfalls eingesetzt. Weitere Bauteile für z. B. die Bodenplatte und die Wände wurden entsprechend diesem Prinzip weiterentwickelt.

## Energiekonzept für Wärme aus der Umwelt

Holz gilt als der älteste Brennstoff und ist immer auch in der Vergangenheit mit der Funktion einer Heizung verbunden. Abgelöst wurde Holz in jüngster Vergangenheit durch die vor Jahrhunderten - durch abgestorbene Biomasse - entstandenen fossilen Brennstoffe, die leichter als Holz zu handhaben

## BAU- UND PRODUKTIONSPROZESSE IN DER ZUKUNFT

# Betonfertigteile

VORFABRIKATION



MULTIFUNKTIONAL



HYBRID



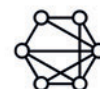
MODULAR



ROBOTER



BIM

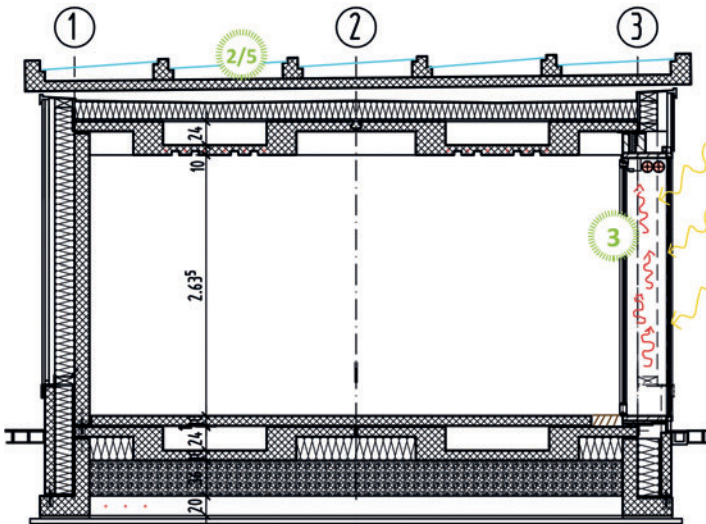


SMARTPHONE



ENERGIESPEICHER





Bauen mit vorgefertigten Bauteilen

sind. Weitaus umweltfreundlicher und zudem effizient ist und bleibt der Brennstoff Holz. Es handelt sich hierbei um eine nachwachsende und somit erneuerbare Energie. Allerdings dauert es bis zu 100 Jahre, bis das pflanzliche Wachstum, begünstigt durch die Photosynthese, den Umfang erreicht hat, um als Brennstoff bereitgestellt zu werden.

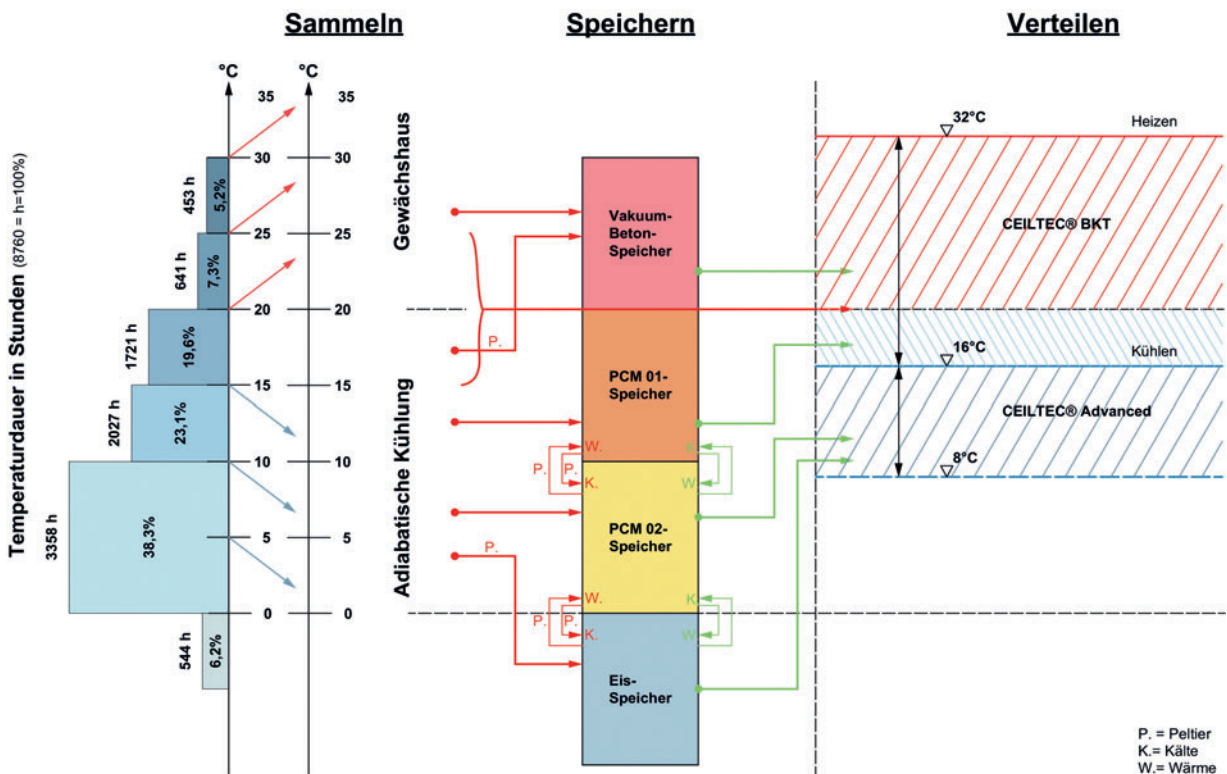
Die direkte Nutzung der Strahlung bzw. die dadurch erzeugte Umwelttemperatur scheint deutlich effizienter und umweltgerechter zu sein. Insbesondere wenn man berücksichtigt, dass

es heute und in der Zukunft nicht nur um das Heizen, sondern auch um die Kühlung der Gebäude geht. Die für diese Zwecke benötigte Temperatur steht verteilt über das Jahr zu verschiedenen Zeiten kostenfrei abrufbereit. Allerdings steht die gewünschte Temperatur nicht dann zur Verfügung, wenn sie aktuell zur Klimatisierung benötigt wird.

Somit kommt es insbesondere auf die Speicherung der Temperatur aus der Umweltenergie an, damit die Differenz zwischen Verfügbarkeit und Bedarf gedeckt werden kann. Das Einsammeln der Umweltenergie erfolgt, mithilfe von verschiedenen Technologien, durch die Umwandlung der Strahlung. Die direkte Strahlung kann z. B. zur Gewinnung von Strom genutzt werden, aber auch durch entsprechende bauliche Maßnahmen, um die dabei erzeugte Temperatur einzusammeln und abzuspeichern. Für die unterschiedlichen Temperaturen werden die passenden Speichersysteme benötigt.

**Weitgespanntes vorgefertigtes Deckenelement**

Um möglichst weit und ohne jegliche Unterstützung den Raum zu überspannen, wurde ein Deckenelement mit einem speziell geformten Querschnitt entwickelt. Die Form des Deckenquerschnitts ist optimal ausgelegt auf eine ausreichende Druckzone, die notwendigen Stege für die Querkraftaufnahme und auf eine ausreichende Zugzone zur Aufnahme der Zugbewehrung. Zug- und Druckzone sind derart ausgewogen, dass der Schwerpunkt des Querschnitts in der Mitte liegt, was für eine Spannbettvorspannung von Vorteil ist. Die Geometrie des Querschnitts ermöglicht bei einer Höhe von 0,34 m eine Spannweite von ca. 10.0 m (Schlankheit L/h = 30).



Temperaturverteilung der Außenluft in Verbindung mit den Speichermöglichkeiten



Bewehrung für Deckenelement im Spannbett

Bemerkenswert ist das Gewicht für diese Konstruktion von 3,80 kN/m<sup>2</sup>. Das Deckenelement wird auf einem neu entwickelten Spannbett hergestellt. Dazu dient ein mobiles Spannbett. Bauteile mit entsprechenden kurzen Abmessungen können so auch mit Spannbeton hergestellt werden.



Vorgefertigtes weitgespanntes Deckenelement

### Hybridbauweise für die Wandelemente

Üblicherweise benötigt jede Gebäudehülle die entsprechende Dämmung. Die zu wählende Form der Dämmung hat auch mit der Fassadengestaltung zu tun. Auch bei dieser Ausführung ist man bei dem Musterhaus „InnoLiving“ einen neuen Weg gegangen. Für die optisch ansprechende Form einer Holzfassade wurde eine Holzständerbauweise gewählt. Um die fehlende Masse bei Holzbauteilen zu kompensieren hat man sich bei der inneren Beplankung für eine dünne Betonwand entschieden. Der Beton liefert die für die Raumklimatisierung erforderliche Masse und wirkt zugleich als Dampfsperre. Da die tragende Funktion der Wand von dem Holzständerwerk übernommen wird, konnte die Betonwand aus RC-Material hergestellt werden.



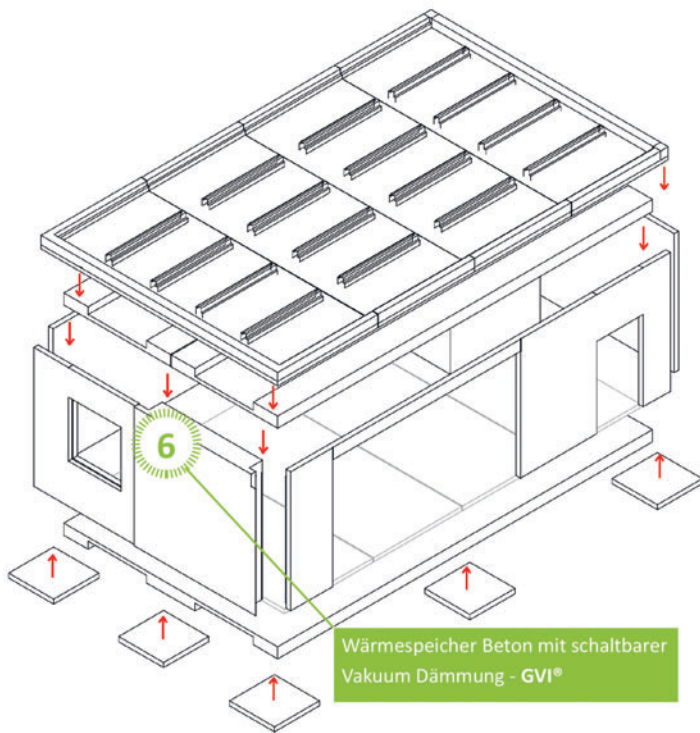
## iTWO Smart Production

Intelligente Softwarelösungen für die Vorfertigung und modulares Bauen

**iTWO**PPS  
**iTWO**MES  
**iTWO**ICS  
**iTWO**SCE

Cloud basiertes Planungs- und Steuerungssystem  
Leitrechnersystem für die Vorfertigung  
Intelligente Maschinen- und Anlagensteuerungen  
Automatisierte Lager- und Logistiklösungen





Schnitt durch das Gebäude mit der Darstellung der einzelnen vorgefertigten Bauteile

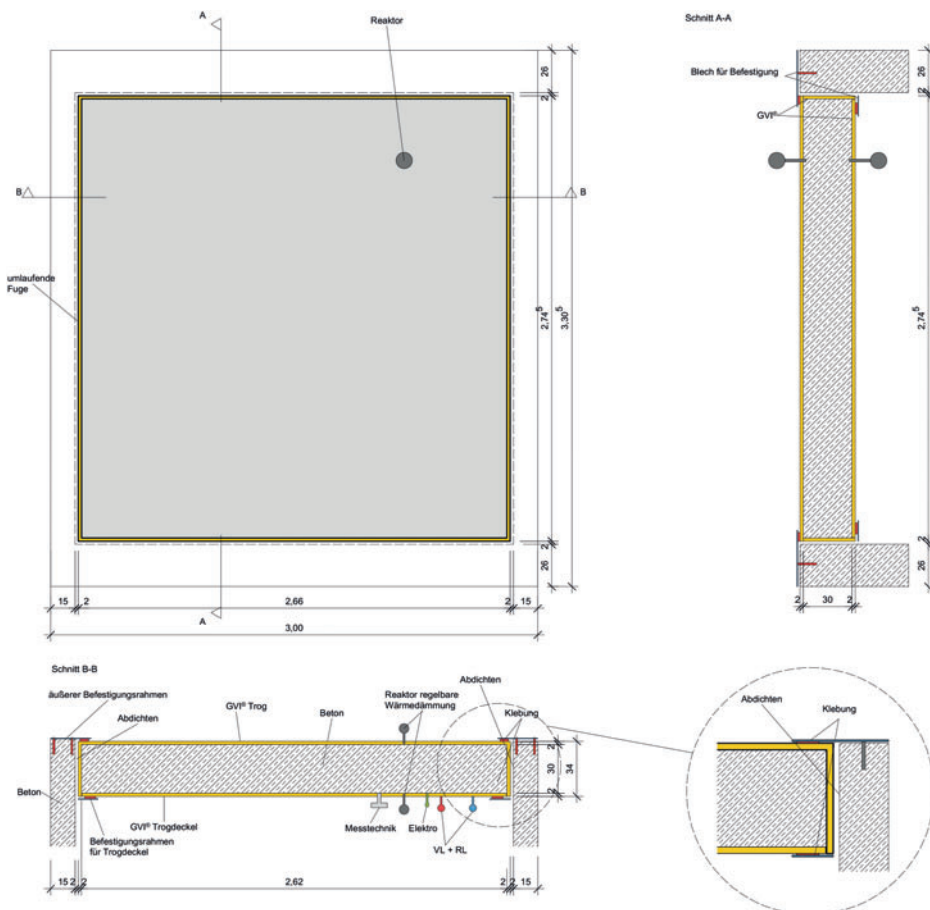
Die Vorfertigung der Wände sieht zuerst die Herstellung der Betonwand vor. Diese dient dem Holzbauer dazu, seine Holzständer zu befestigen. Dies erfolgt im Werk des Holzbauers.

Dort werden auch die Dämmung und die Fassadenelemente montiert. Diese Vorgehensweise ermöglicht auch, die Fensterrahmen im Werk einzubauen, womit ein weiterer Schritt zur industrialisierten Bauweise vollzogen wird. Die derart komplett erstellten Wände werden dann als Fertigteil vor Ort montiert, was den gesamten Bauablauf nochmals beschleunigt, und die Arbeiten vor Ort weiter minimiert.

### Verwendung von RC-Beton

Für die Außenwände in Verbindung mit der Holzfassade konnte RC-Beton erfolgreich genutzt werden. Weitere nicht-tragende Bauteile wie die Estrichplatten und die Dachplatten mit Aufkantungen lassen sich ebenfalls mit RC-Beton herstellen. Die hier verwendeten Dachplatten mit der Umrandung dienen als Struktur für die Aufnahme der Verglasung zur Ausbildung eines „Gewächshauses“, um damit die Strahlung der Sonne einzufangen und für die Speicherung der Wärmeenergie zu nutzen. Die Platten liegen auf einer Dachabdichtung. Dennoch fängt das als Becken ausgebildete Dach den Regen auf, um die Menge weiterzuleiten. Hier wird auch der Versuch unternommen, die Dachscheibe aus RC-Material wasserdicht zu gestalten. Das erfolgt mit einer ergänzenden Bewehrung aus AR-Glasfasern und einer Vorspannung, die alle vorgefertigten Platten zusammenspannt.

Durch den gezielten Einsatz von RC-Beton konnte bereits ca. 42 % der Gesamtmenge an eingesetztem Beton mit RC-Material ausgeführt werden. Von den gesamthaft 165 t Beton werden bereits ca. 70 t in RC-Material ausgeführt.

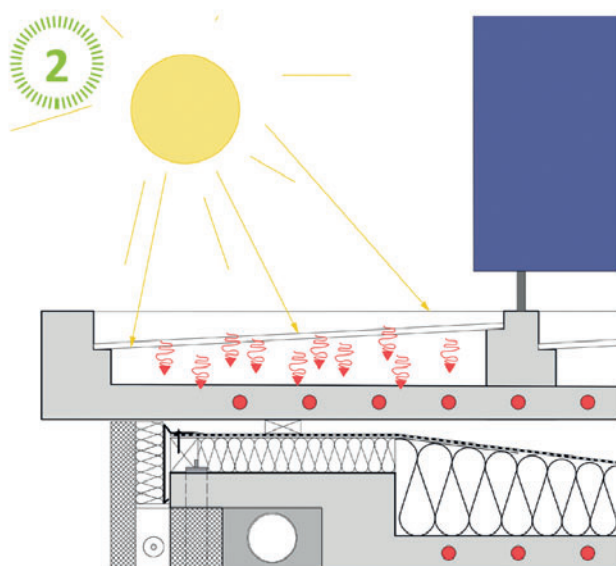


Vakuum-gedämmte Betonwand als tragendes Bauteil

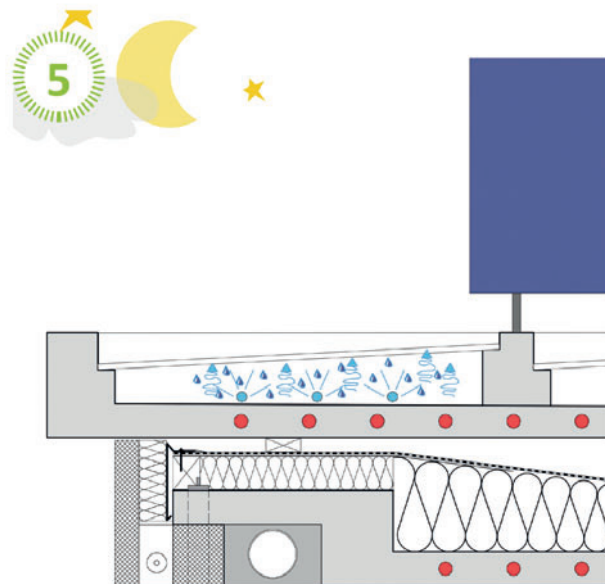
### Wärmespeicherbehälter für die Aufnahme von Wärmeenergie aus der Fassade

Die Speicherung der Wärmeenergie findet u. a. über eine tragende Betonwand statt, die vollständig mit einer schaltbaren Vakuumdämmung umhüllt ist. Die äußere Seite der Wand kann auch Wärme über die direkte Strahlung aufnehmen, so-

fern die Vakuumdämmung entsprechend geschaltet ist. Zur Verstärkung der Wärmeeinstrahlung dient eine in der Fassade vorgelagerte Glasscheibe. Die weitere Beladung des gedämmten Betonspeichers erfolgt über eingelegte wasserführende Rohre sowie über thermisch aktivierbare Bewehrungsstäbe aus GFK. Die tragende Betonwand ist komplett mit einer Dämmschicht aus Vakuum umgeben. Zur Erstellung der



Schwimmende Platte auf dem Dach mit Funktion als „Gewächshaus“ zur Wärmegewinnung



Schwimmende Platte auf dem Dach mit Funktion der adiabatischen Abkühlung

# ICCX WEST AFRICA 2020



Nov 17 - 18, 2020  
Accra, Ghana



INTERNATIONAL CONCRETE CONFERENCE & EXHIBITION

Platinum sponsor



Silver sponsor



In cooperation with

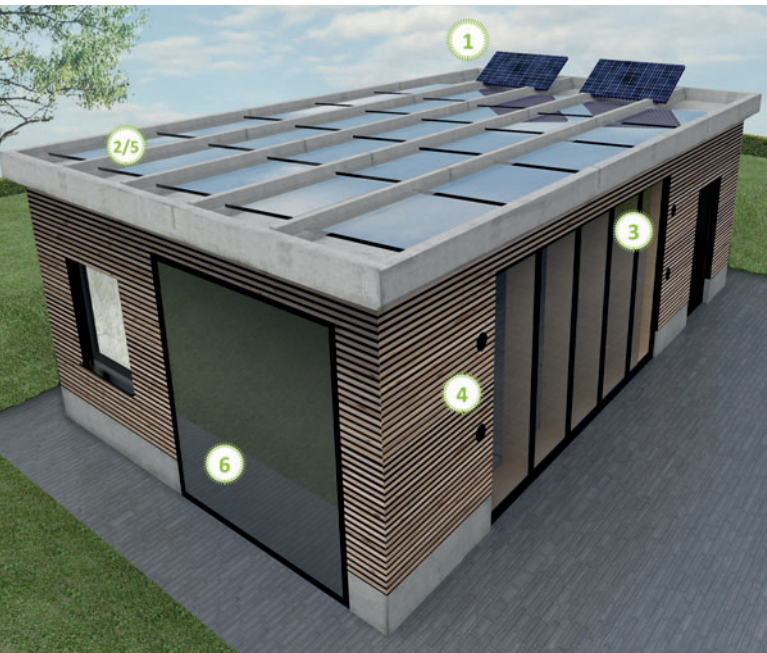


Organisation



Supporter





Übersicht über alle Bauteile zur Energiegewinnung

Wand wird ein Trog aus Vakuumelementen zugleich als Schalung genutzt. Nach dem Befüllen des Trogs mit Beton wird der Deckel aus Vakuum aufgelegt und befestigt, so dass eine allseitige Umhüllung der Betonwand gewährleistet ist. Damit ist eine vollständige und dauerhafte Dämmung des Betons sichergestellt. Auch hohe Temperaturen lassen sich derart für eine längere Verweildauer im Beton speichern. Die Betonwand mit einem Volumen von ca. 3,6 m<sup>3</sup> ersetzt z. B. einen Wasserbehälter zur Speicherung von Wärme. Ergänzend zu dem Wärmespeicher aus Beton werden diverse PCM-Speicher eingesetzt, um insbesondere die verschiedenen Temperaturniveaus abdecken zu können. Das Einsammeln der Wärmeenergie erfolgt durch die unmittelbare Nut-

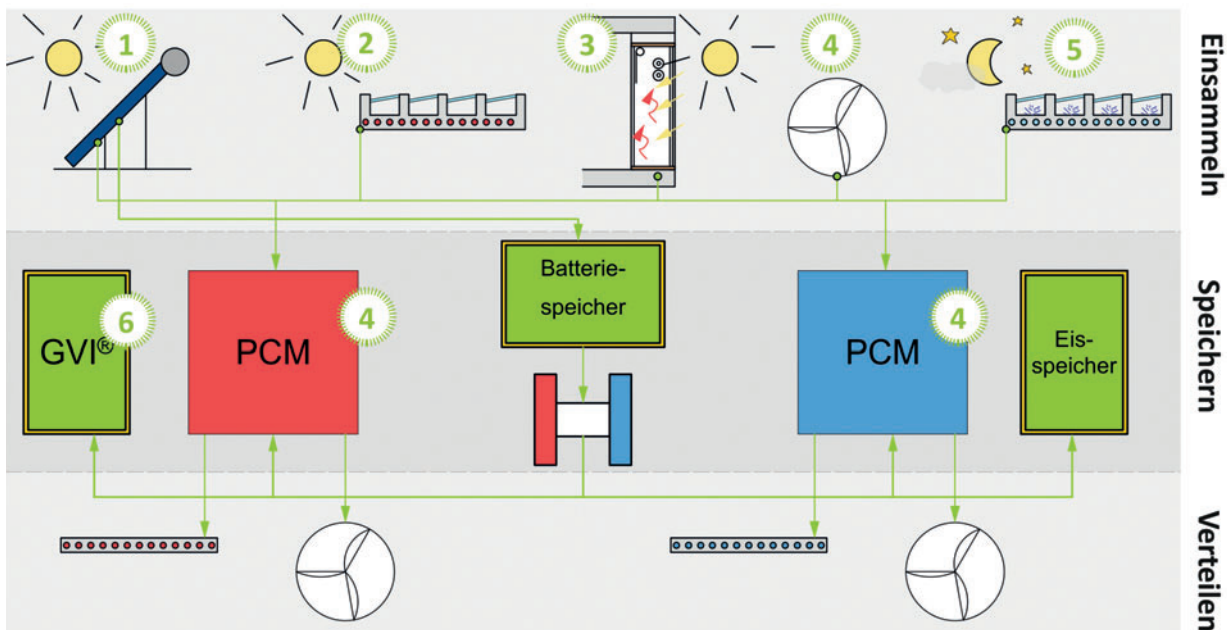
zung des durch die Einstrahlung zur Verfügung stehenden Temperaturniveaus. Dieser Effekt lässt sich z. B. durch die gezielte Anordnung von einzelnen Glasscheiben (Gewächshauseffekt) verstärken. Die zwischen der inneren und äußeren Glasscheibe der Fassade durch Einstrahlung entstehende Wärmeenergie wird über wassergeführte Spiralrohre aufgefangen und auf unterschiedliche Speicher verteilt. Auf analoge Weise erfolgt das Einsammeln über das Dach, da die Fläche über dem Betonabsorber wie bei einem Gewächshaus vollständig mit Glas bedeckt ist.

Es steht ausreichend Wärmeenergie aus dem jahrzeitlichen Temperaturgefälle zur Verfügung, die nur entsprechend gespeichert werden muss. Ergänzend kann bei Bedarf die von der Nutzung her erforderliche Temperatur durch den kurzfristigen Einsatz von Peltier-Elementen (vergleichbar einer Wärmepumpe) erzeugt werden, die ihrerseits mit dem gespeicherten PV-Strom versorgt werden.

### Autarke Energieversorgung

Mit dem Mustergebäude wird ein Gesamtkonzept für eine autarke Energieversorgung verfolgt. Es geht darum, die verschiedenen Prozesse miteinander zu verknüpfen, um ein Optimum an selbstständiger Energieversorgung zu erreichen. Wir unterscheiden den Vorgang „Einsammeln der Wärmeenergie“ von den Möglichkeiten der „Speicherung der Wärmeenergie“. Und schlussendlich müssen die baulichen Möglichkeiten für die Verteilung der Energie geschaffen werden.

Durch die Anordnung von verschiedenen Elementen in der Fassade und auf dem Dach lässt sich Strom und Wärmeenergie einfangen. Über die handelsüblichen Absorber kann sowohl Strom als auch Wärme gesammelt werden. Mit der Gestaltung des Dachs als Gewächshaus und mithilfe der dopschaligen Fensterkonstruktion wird die Strahlung in Wärme umgewandelt und dann in den verschiedenen Behältnissen gespeichert. Dazu dienen die mit Vakuumdämmung



Übersicht aller Elemente zum Sammeln, Speichern und Verteilen von Wärmeenergie

Unser kostenloser eService:

**BWi-Newsletter**

**ICCX-Newsletter**

**Interessiert?**

Registrieren Sie sich hier:  
[www.cpi-worldwide.com/registration](http://www.cpi-worldwide.com/registration)



1 Strom und Wärme

2 Wärmeenergie  
(Gewächshaus)

3 Wärmeenergie

4 Energie aus  
Umgebungsluft

5 Kälteenergie  
(Adiabatische Kühlung)

6 Beton Wärmespeicher  
+Vakuum Dämmung

Auflistung  
aller Prozesse zur  
Wärmeenergie-  
gewinnung

versehene Betonwand und die unterschiedlichen PCM-Speicher. Die Dachkonstruktion mit der Glaseindeckung kann auch über eine gezielte Befeuchtung zur Temperaturveränderung genutzt werden (Adiabatische Kühlung). Die Außenluft lässt sich entsprechend ihrem Temperaturniveau auch direkt speichern.

Der mit der PV-Anlage gewonnene Strom wird in Batterien gespeichert und dient zum Betrieb der Anlagenteile der Gebäudetechnik. Zudem wird dieser Strom genutzt, um mit Peltier-Elementen die Temperatur zu verändern. So kann eine gespeicherte Temperatur sowohl nach oben als auch nach unten verändert werden, um passend für die Nutzung verteilt zu werden.

### Ausblick

Das Mustergebäude „InnoLiving“ von Innogration verfolgt mehrere Ziele: Ein hoher Vorfertigungsgrad dient dem schnellen Bauen und zeigt die Möglichkeiten der industrialisierten Bauweise auf. Die vorgefertigten Bauteile haben multifunktionale Eigenschaften, so dass platzsparend mehrere Eigenschaften in der Konstruktion enthalten sind. Die bauliche Gestaltung von Dach und Fassade dient der Möglichkeit, Wärmeenergie effizient einzusammeln. Die in verschiedener Ausführung gestalteten Betonelemente dienen zugleich als Wärmespeicher. Diese werden mit leistungsfähigen PCM-Speichern ergänzt. Anstelle einer Wärmepumpe werden Peltier-Elemente verwendet, die in dezentraler Anordnung eine gezielte Temperatureinflussung vornehmen können.

Das Gebäude geht in den nächsten Wochen in Betrieb. Der Betrieb wird ständig überwacht, und die Ergebnisse werden aufgezeichnet, um die gestellten Ziele auch mit Ergebnissen zu belegen. ■

### WEITERE INFORMATIONEN

innovativ  
**INNO**gration  
integriert

Innogration GmbH  
Cusanusstraße 23  
54470 Bernkastel-Kues, Deutschland  
T +49 6531 968260  
[office@innogration.de](mailto:office@innogration.de)  
[www.innogration.de](http://www.innogration.de)  
[www.innoliving-blog.de](http://www.innoliving-blog.de)