



InnoLiving® - das energieautarke Gebäude

Inhalt

1. Gebäudekonzept
2. Energiekonzept (Wärmeenergie einsammeln, speichern und verteilen)
3. Konstruktion und deren Umsetzung mit vorgefertigten Bauteilen
4. Herstellung der vorgefertigten Bauteile (Bodenplatte, Wände, Decke)
5. Wände in RC-Beton
6. Herstellung der Wandkonstruktion als Hybridbauteil
7. GVI® als tragende Wand und Wärmespeicher
8. Fensterbauteil zur Wärme-/ Kältengewinnung
9. Dachkonstruktion mit den Einbauten zur Energiegewinnung (Wärme & Kälte)
10. Montage der einzelnen Bauteile (Verbinden der Bauteile, Zeiten für die Montage)
11. Betrieb und Ausblick

Projekt-Steckbrief

Adresse	Cusanusstraße 23 D-54470 Bernkastel-Kues
Projektart	Neubau eines energieautarken Bürogebäudes
Bauzeit/Fertigstellung	April 2020
Fläche/Kubatur	BGF 68m ² / BRI 202m ³
Anzahl der Geschosse	1
Bauart	Modulbauweise / Holz-Beton-Verbund
Erreichter Energiestandard	KfW55 für Nichtwohngebäude; KfW40 vergleichbar für Wohngebäude
Heizwärmebedarf	108,5kWh/m ² *a
Energiearten	PV-Anlage, Solarmodul, Energiefenster, GVI® Wand, Wärmespeicher - Beton, Gewächshaus, PCM-Speicher, Erdkollektor

Projekt-Beteiligte

Bauherr/Architektur	Innogration GmbH
Tragwerksplanung	Domostatik GmbH
Fachingenieur (TGA/Bauphysik)	Innogration GmbH
Konstruktiver Holzbaubetrieb	Oster Dach + Holzbau GmbH
Sonstige Beteiligte	Betonwerk Büscher GmbH & CO. KG Zöllner Fensterbau GmbH König Metall GmbH & CO. KG TEB-Technologie





Gebäudekonzept: InnoLiving® – das energieautarke Gebäude

Entwicklungen sind immer dann erfolgreich, wenn sich deren Einsatz im alltäglichen Betrieb nachhaltig und wirtschaftlich nachweisen lässt. Mit dem Bau des Mustergebäudes „InnoLiving®“ in Bernkastel-Kues wird dieses Ziel verfolgt.

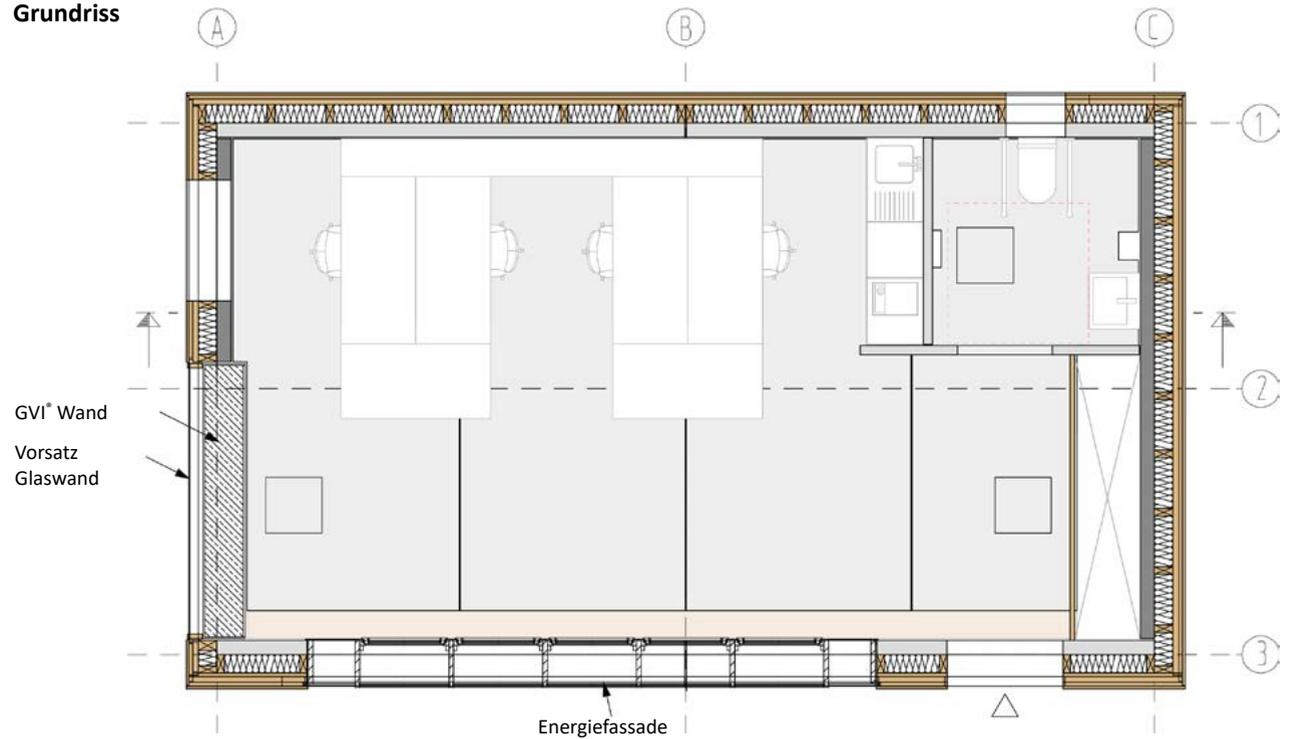
Ein kleines Bürogebäude mit einer Fläche von ca. 60 m² wird zukünftig als Arbeitsplatz für die Auszubildenden und die dualen Studenten der Innogration GmbH genutzt. Mehrfach neue Entwicklungen finden sich in diesem Gebäude wieder. Ziel dieses Vorhabens ist der Nachweis, heutzutage energieautarke Gebäude 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, sodass 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 weitgespannten Decken lassen sich dank der gewählten Querschnittsform und einer vorgespannten Bewehrung nur mit geringem Materialeinsatz aus Beton herstellen.

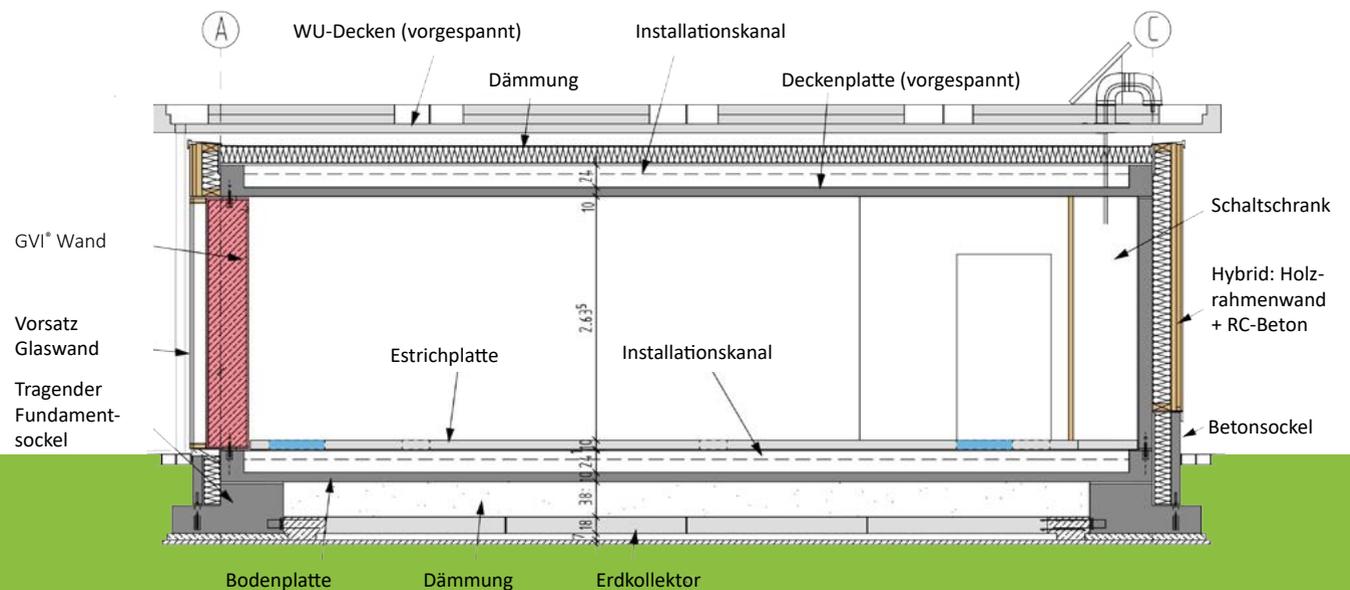
Die Gebäudetechnik nutzt entsprechende Technologien, um Wärmeenergie aus der Umwelt einzusammeln, zu speichern und dann für die Nutzung im Gebäude zu verteilen. Die Verteilung der Energie erfolgt über die tragende Decke und über die leistungsfähigen neu entwickelten Deckensegel sowie über die Betonwände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

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 Nutzung des durch die Einstrahlung zur Verfügung stehenden Temperaturniveaus.

Grundriss



Längsschnitt



Energiekonzept: Wärmeenergie – Einsammeln, Speichern & Verteilen

Um die Temperatur aus der Umwelt als Wärmeenergie abzuspeichern, muss diese an verschiedenen Stellen eingesammelt werden. Die einfachste Lösung besteht darin, die Luft über einen Wärmetauscher anzusaugen, dann auf den Wasserkreislauf zu transferieren und entweder an den Speicher oder direkt an die Elemente zur Verteilung der Wärmeenergie weiterzugeben.

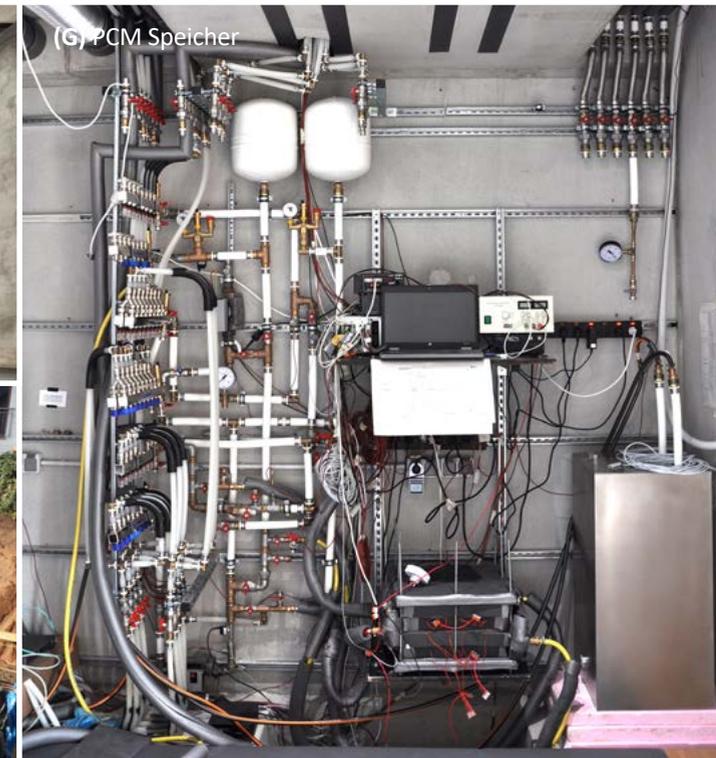
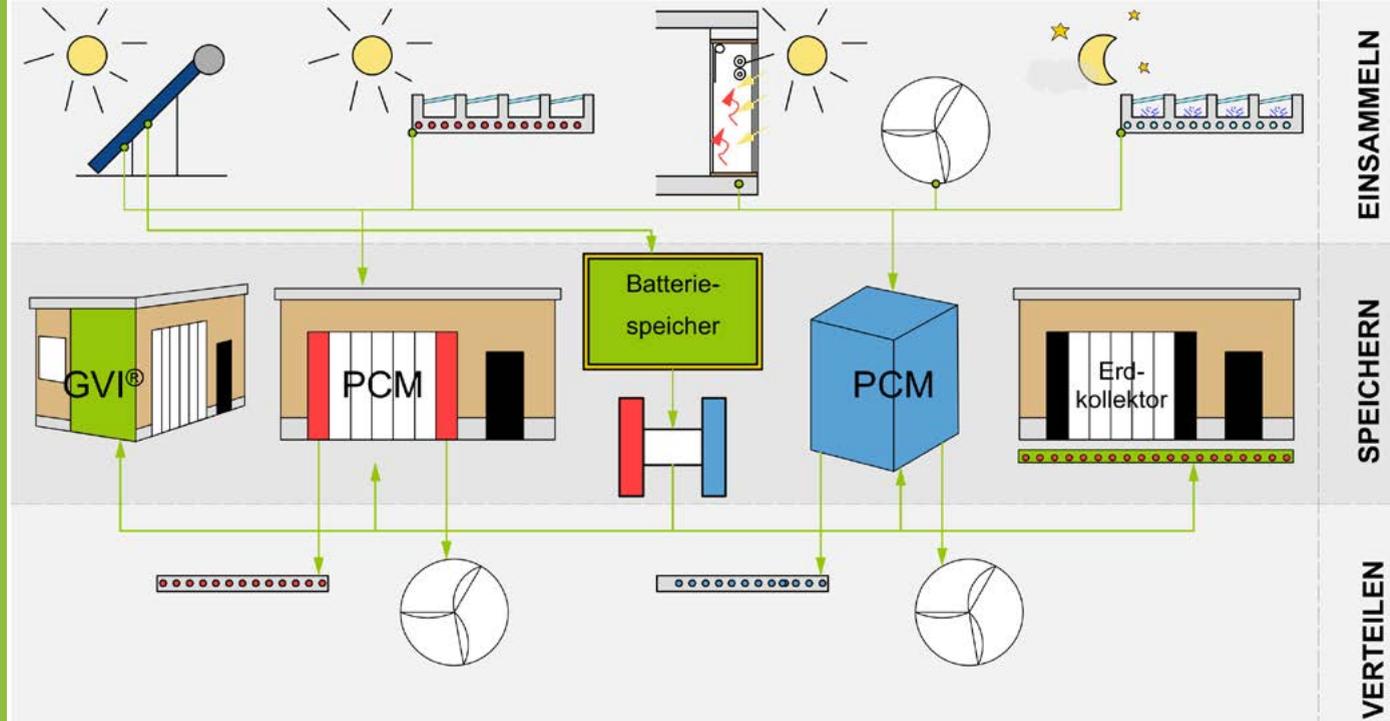
Das kann mit einem Wärmetauscher mit Ventilator erfolgen, der auf dem Dach oder in dem großen Fenster installiert ist. Eine weitere Option besteht darin, die im „Gewächshaus“ erwärmte Luft über den Wärmetauscher in der Betonplatte an den Wasserkreislauf abzugeben.

Das große Fassadenfenster selbst wirkt dank seiner auf Abstand angeordneten Scheiben auch wie ein „Gewächshaus“. Die zwischen den Glasscheiben erwärmte Luft wird über die am oberen Rand angeordneten Spiralrohre aufgenommen und dann über den Wasserkreislauf zur weiteren Verwendung weitergeleitet. Das „Gewächshaus“ dient nicht nur der Temperaturerhöhung, sondern lässt sich auch bei dem Einsatz von Sprühnebel dazu nutzen, die Temperatur zu reduzieren.

Energieautarker Betrieb dank:

- **Wärmeenergie einsammeln**
(Energiefassade (C)(4); Gewächshaus auf dem Dach (D); Glasscheibe vor GVI®-Wand (E)(3)(4))
- **Wärmeenergie speichern**
(Erdkollektor (F); GVI®-Wand (E)(3)(4); PCM-Speicher (G))
- **Wärmeenergie verteilen**
(Bauteilaktivierung (H); Lüftung (I); GVI®-Wand (E))

Schematische Darstellung der Energiequellen, der Energiespeicher und den Elementen für die Energieverteilung





D

A/B

H/I

C

E

G

F

(A) Modulbauweise (B) Hybridwandkonstruktion (C) Energiefassade (D) Gewächshaus
(E) GVI® Wand (F) Erdkollektor (G) PCM Speicher (H) Bauteilaktivierung (I) Lüftung

3

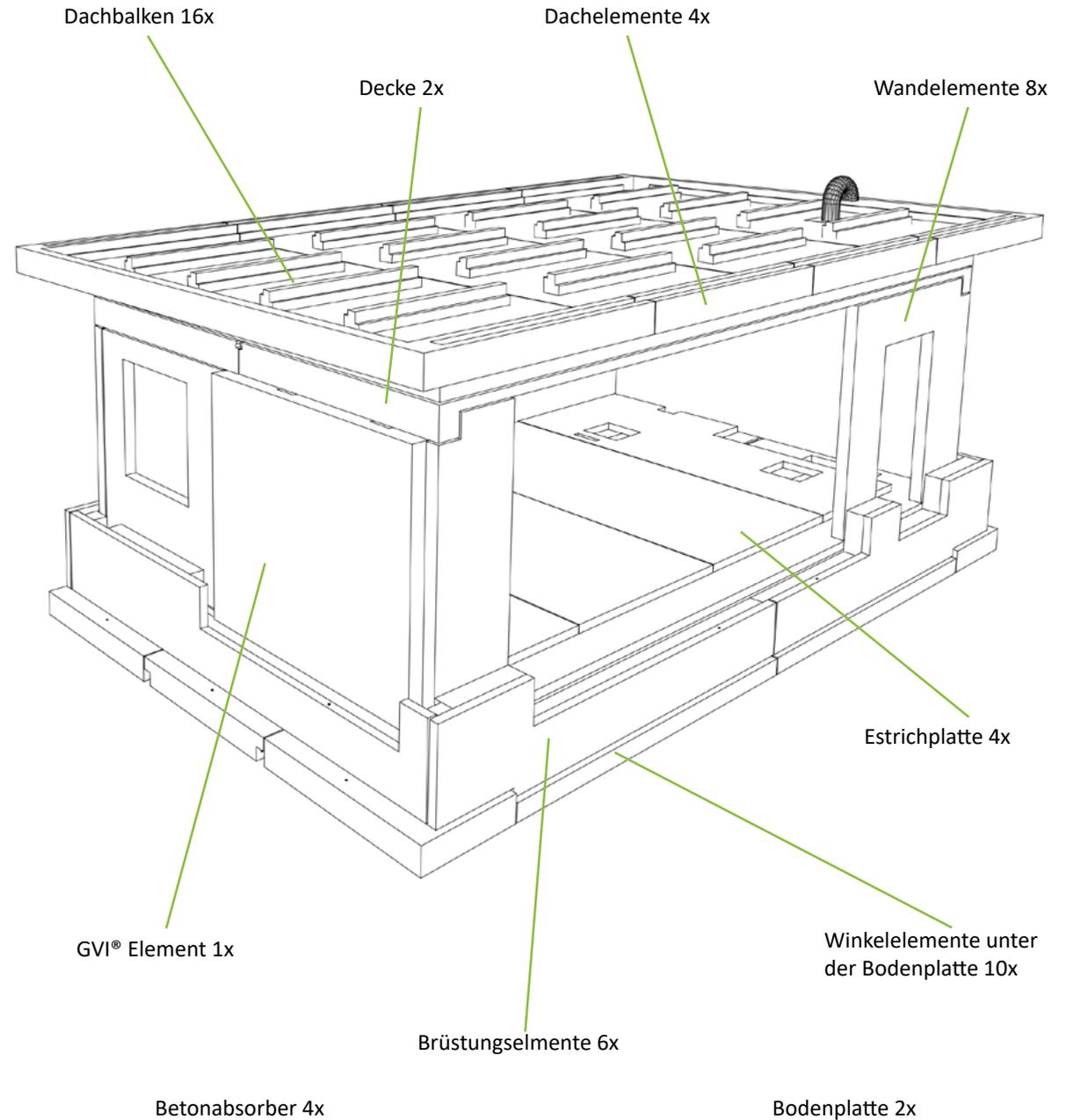
Konstruktion und deren Umsetzung mit vorgefertigten Bauteilen

Im Gegensatz zu der klassischen Modulbauweise werden bei der hier verwendeten Technologie die einzelnen Bauteile eines Moduls erst auf der Baustelle zusammengesetzt. Es handelt sich jedoch um multifunktionale Elemente, sodass auf der Baustelle der sequenzielle Einsatz der einzelnen Gewerke nicht mehr erforderlich wird.

Innogrations hat große Erfahrungen mit multifunktionalen, vorgefertigten Bauteilen, insbesondere von Deckenelementen und konnte dieses Know-How auf die Herstellung eines gesamten Gebäudes erfolgreich übertragen. Einige innovative Entwicklungen haben bei dem neuen Konzept für die Modulbauweise Eingang gefunden.

Wenn die Vorfertigung der einzelnen Bauteile bis ins Detail umgesetzt wird, kann deren Montage auf der Baustelle so rasch als möglich erfolgen. Ein Modul besteht aus der Bodenplatte, den beiden tragenden Stirnwänden und der Decke, die ihrerseits wieder als Boden für das darüber liegende Modul genutzt wird. Vorgefertigte Platten werden entkoppelt auf die Bodenplatten als Estrich verlegt.

So kann Modul für Modul nebeneinander und übereinander aufgestellt werden. Dank der großen freien Spannweite werden die nichttragenden Zwischenwände nachträglich an beliebige Stelle gesetzt. Auch der Fassadenabschluss entlang der langen Spannweite besteht aus einer nachträglichen nichttragenden Wandkonstruktion.





4

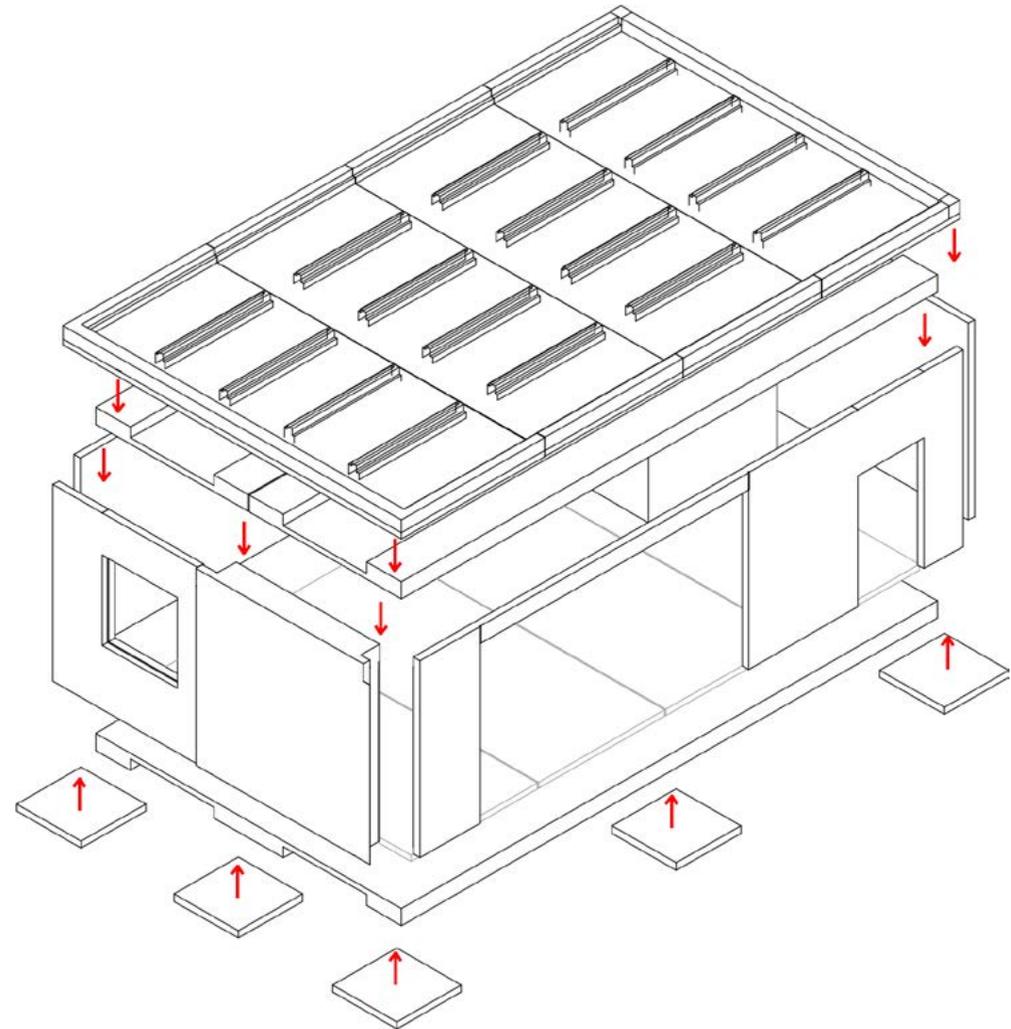
Herstellung der vorgefertigten Bauteile - Bodenplatte, Wände & Decke im Fertigteilwerk

Große Spannweiten lassen sich nur dann wirtschaftlich realisieren, wenn der Querschnitt im Gewicht reduziert wird und wenn eine vorgespannte Bewehrung eingesetzt wird. Es lässt sich rechnerisch nachweisen, dass der Sandwichquerschnitt diese Anforderungen optimal erfüllt. Dieser Querschnitt liefert geringes Gewicht bei hoher Steifigkeit und ist damit deutlich besser als der T-Querschnitt.

Bei der Entwicklung der weitgespannten Decken für die Modulbauweise von „InnoLiving“ wurde eine Kombination aus beiden Querschnittstypen gewählt. Das wiederum führt zu einer weiteren Optimierung in der Leistungsfähigkeit des Deckenquerschnitts.

Im Vergleich mit allen untersuchten Querschnittsformen stellt diese Entwicklung ein absolutes Optimum dar. Bei der Entwicklung dieser neuen Querschnittsform hat uns die jahrelange Erfahrung bei Innogration mit aufgelösten Querschnitten und mit vorgespannten Bauteilen geholfen.

So konnte bei einer Schlankheit von $L/h = 30$ die Deckenhöhe von $h = 0,34\text{m}$ bei einer Spannweite von $L = 10\text{m}$ umgesetzt werden. Bemerkenswert ist das zugehörige Eigengewicht von $g = 3,80\text{ KN/m}^2$. Mit diesem geringen Materialeinsatz ohne Einbuße an Leistungsfähigkeit wird ebenfalls ein nachvollziehbarer Beitrag zur Ressourceneffizienz geleistet. Weniger Betonmaterial bedeutet Einsparungen an Zuschlägen, Zement und Stahl und damit ein wesentlicher Beitrag zur Klimawende, indem weitere Mengen an CO_2 eingespart werden.



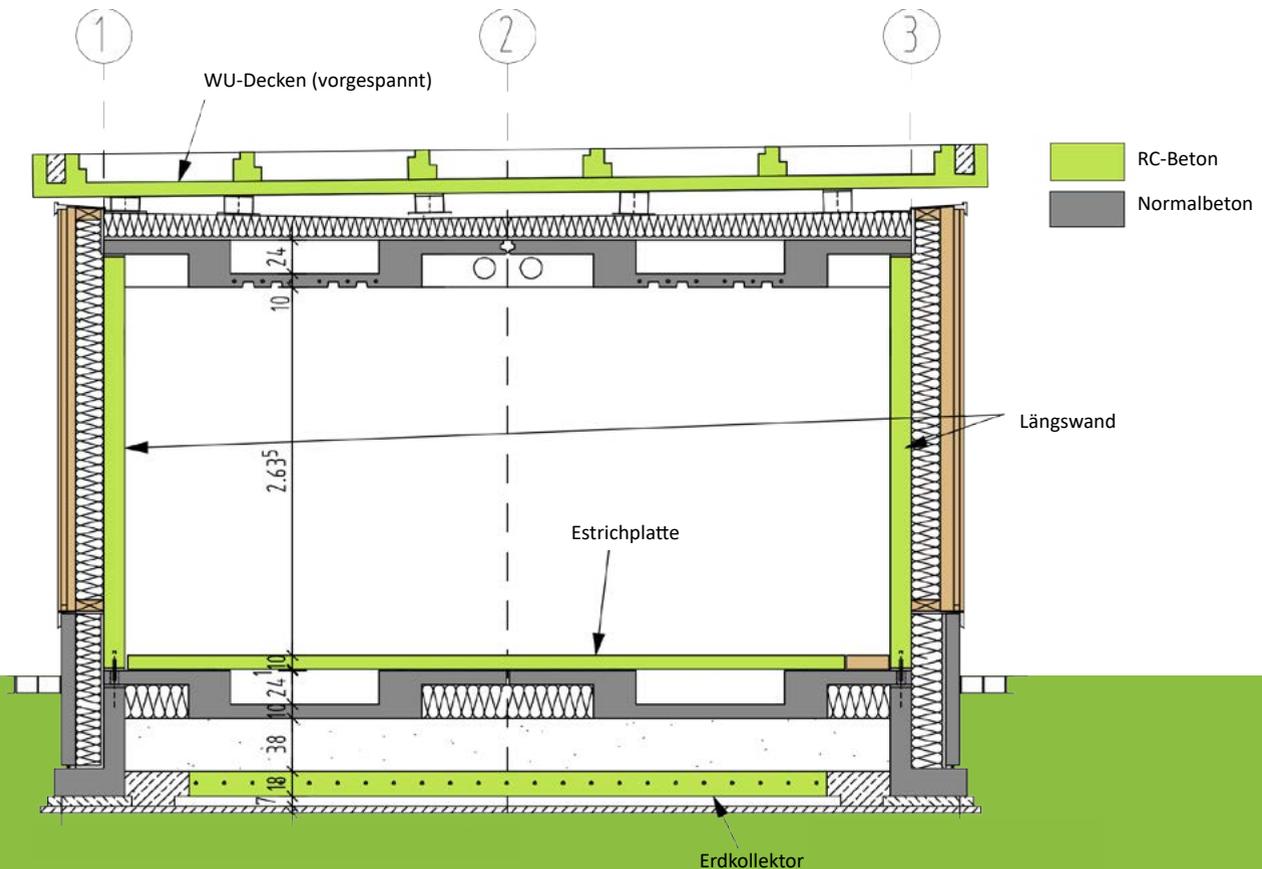


Mit dem Bau des Gebäudes sollte auch ein wesentlicher Beitrag zur wie unsere Ressourcenschonung geleistet werden. Obwohl man bei diesem Thema zuerst an den Rohstoff Holz denkt, bieten sich auch im Betonbau vielfältige Möglichkeiten an. So lässt sich heutzutage Beton bereits erfolgreich mit Zuschlägen aus Recyclingmaterial herstellen.

Da der Bau von InnoLiving® als Innovationstreiber zu sehen ist, wurde bei der Herstellung der Wände ein neuer Weg beschritten, die beiden Materialien Holz und RC-Beton in einer Kombination zu verwenden und damit einen neuen Hybridbaustoff zu schaffen. R-Beton mit einem Anteil aus 100% Recyclingmaterial dient dabei als Beplankung der Holzständerkonstruktion.

Da die Decken eine große Spannweite haben, lässt sich der größte Teil der Fassaden mit nichttragenden Elementen herstellen. Somit konnten die beiden langen Gebäudeseiten der Fassade in einer Holz-Hybrid-Bauweise hergestellt werden. Das war auch der Grund, dem Gebäude äußerlich eine „Holzoptik“ zu verleihen, obwohl die Konstruktion mehrheitlich aus Beton erstellt wurde.

Die Verwendung von RC-Beton mit einem definierten Anteil an Recyclingzuschlag ist bereits gemäß einer eingeführten Richtlinie erlaubt. Allerdings darf nur ein festgelegter Anteil der Zuschläge durch recyceltes Material ersetzt werden. Handelt es sich allerdings um nichttragende Bauteile, lassen sich 100% Recyclingzuschläge verwenden. Aufgrund der großzügigen Deckenkonstruktion mit weiten Spannweiten braucht es nur wenige tragende Bauteile, sodass ein Großteil der Elemente aus Beton vollständig mit Recycling Zuschlag hergestellt werden konnte: der Erdkolektor, die Estrichplatten, die Fassaden entlang der langen Gebäudeseite und Dachplatte.

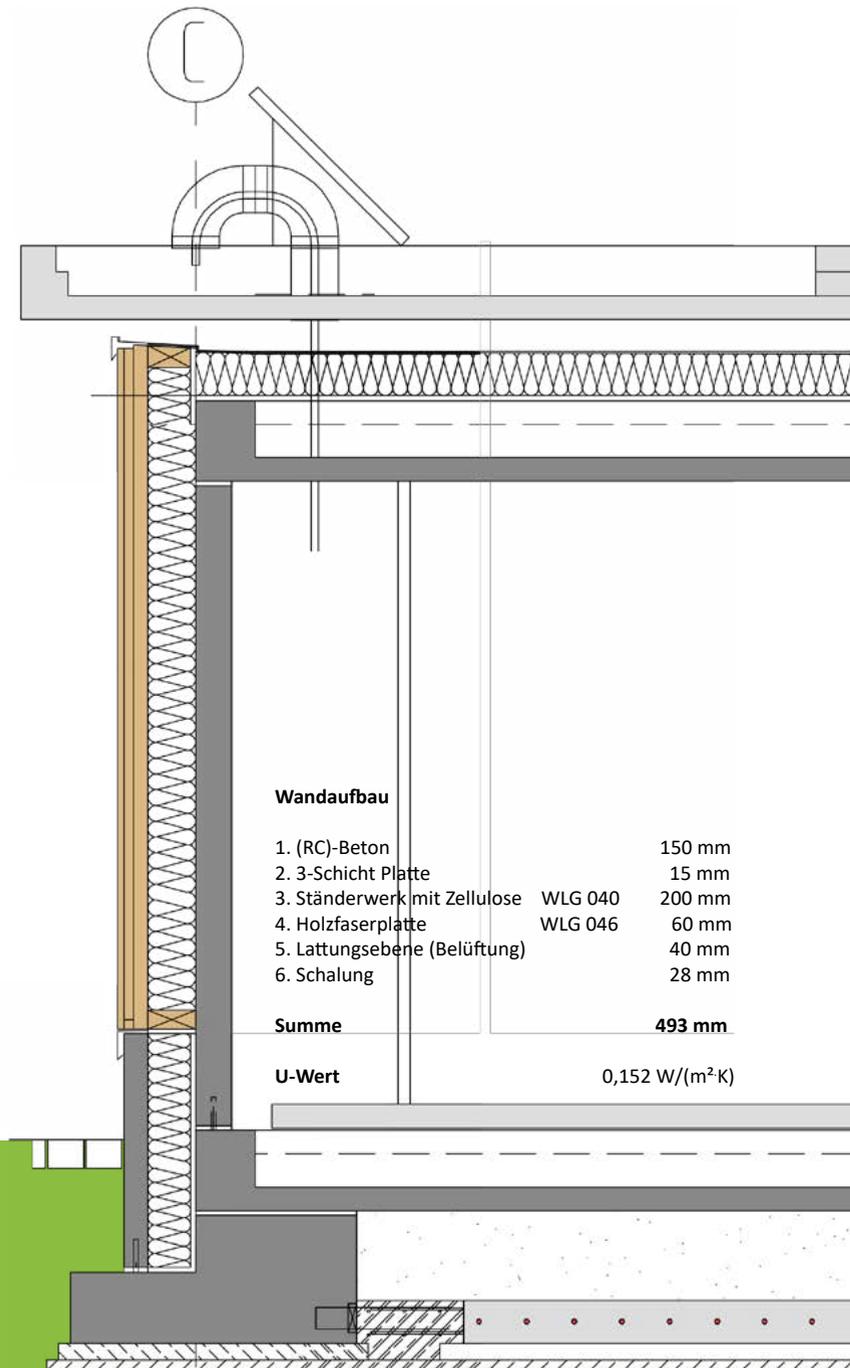


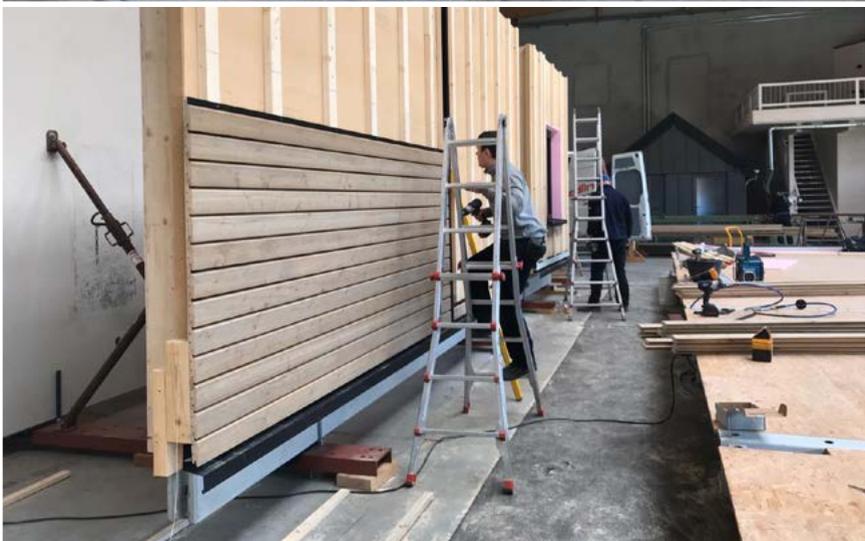


Herstellung der Wandkonstruktion als Hybridbauteil

Die Holzständerbauweise übernimmt neben der tragenden Funktion auch diejenige der Dämmung sowie die Fassadengestaltung. Anstelle der sonst üblichen rückseitigen Platte zur Aussteifung der Holzrahmenkonstruktion wird bei dieser Anwendung eine dünne Betonscheibe aus RC-Beton eingesetzt.

Neben der tragenden Funktion übernimmt der Beton gleichzeitig die Aufgabe einer Dampfsperre. Zudem wird die Betonmasse als Pufferspeicher für die Wärmeenergie genutzt, um die üblichen Temperaturschwankungen auszugleichen. In Verbindung mit den vorgesehenen aktiv steuerbaren Wärmespeichern leisten die Betonwände als passiver Speicher einen wichtigen Beitrag für eine gleichmäßige Klimatisierung des Raums. Diese Maßnahme trägt dazu bei, die zu unterschiedlichen Zeitabschnitten anfallende Wärmeenergie zwischenspeichern und später zu nutzen. Damit wird auch die absolute Größe der Energieerzeugung reduziert, was einen maßgeblichen Beitrag zu einem Energie- und ressourceneffizienten Bauen leistet.





7

GVI® als tragende Wand und Wärmespeicher

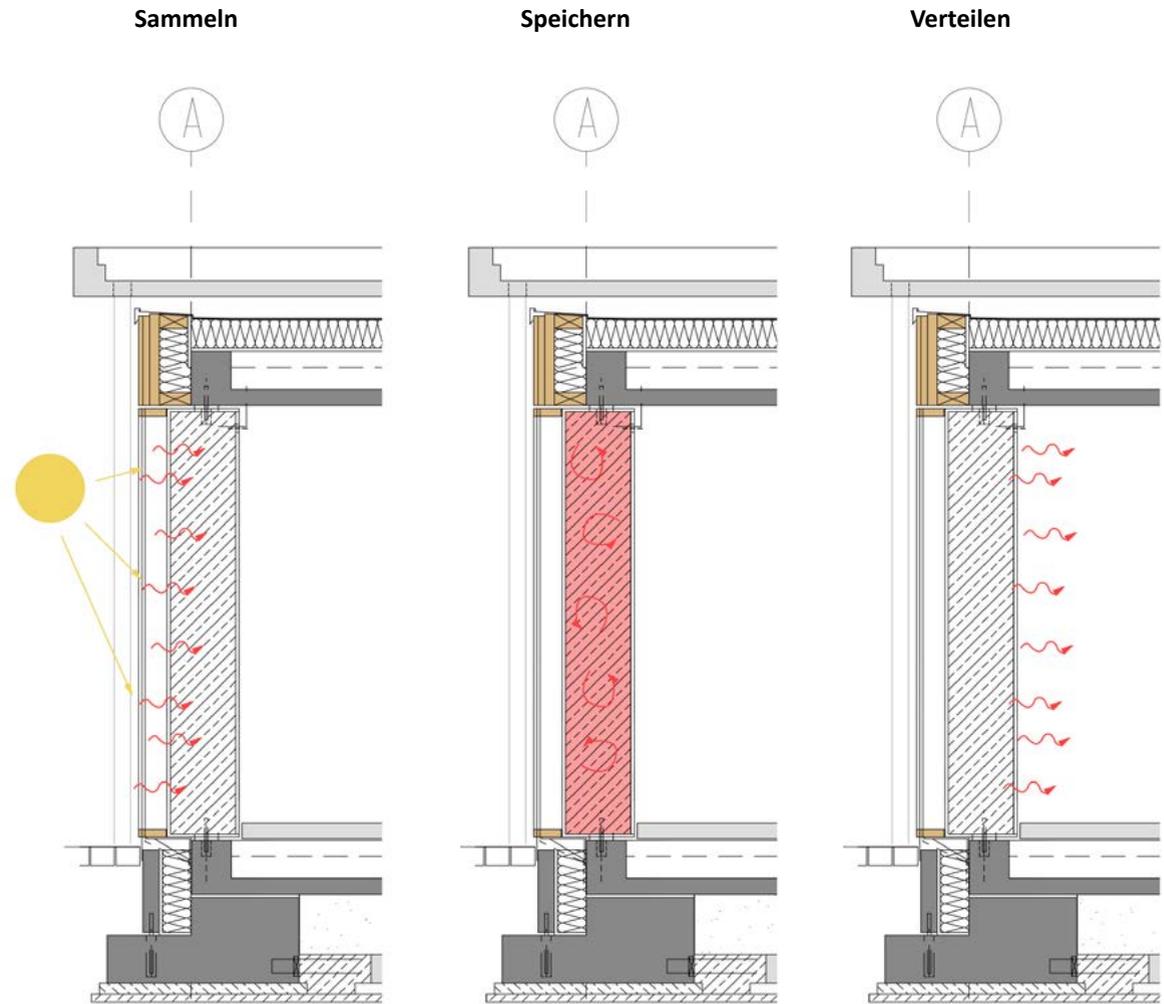
Die mit einer umlaufenden Vakuumschicht gedämmte Betonwand übernimmt neben der tragenden Funktion auch die Aufgabe als Wärmespeicher. Die Besonderheit einer schaltbaren Vakuumdämmung ermöglicht zugleich, die Wärmeenergie direkt einzusammeln und auch direkt zu verteilen. Die der Gebäudeaußenseite zugeordnete Fläche der GVI® Wand kann bei geöffneter Dämmung die Wärme aus der Sonneneinstrahlung direkt aufnehmen.

Dieser Effekt wird zusätzlich durch eine vorgesetzte Glas-scheibe verstärkt, da auch hier der „Gewächshauseffekt“ genutzt wird. Die zur Gebäudeinnenseite zeigende Fläche der Wand kann die in dem Beton gespeicherte Wärme bei geöffneter Vakuumdämmung direkt an den Raum abgeben. Die GVI® Wand übernimmt somit mehrere Funktionen, indem Sie Wärmeenergie sammelt, speichert und verteilen kann.

Der Wärmespeicher wird noch durch zwei zusätzliche Optionen verstärkt. Innerhalb des Betonvolumens sind Rohrleitungen angeordnet, die mit dem Wasserfluss Wärmeenergie einbringen, aber auch abführen können. So können weitere Gerätschaften zum Sammeln bzw. zum Verteilen der Wärmeenergie angeschlossen werden und die Betonwand wirkt wie ein Speicher.

Ergänzend ist die Wand mit besonderen GFK-Stäben bewehrt, die mittig einen Heizdraht vorsehen. So lässt sich über überschüssigen Strom der Betonspeicher mit Wärme beladen und dann für spätere Zwecke nutzen.

Der große Vorteil der multifunktionalen GVI® Wand besteht in den verschiedenen Optionen, Energie zu sammeln und wieder zu verteilen. Damit ist diese Technik für viele Anwendungen einsetzbar.



Wandaufbau

1. Vakuumdämmung	20 mm
2. Beton	400 mm
3. Vakuumdämmung	20 mm
4. Luftraum	150 mm
5. Fensterprofil	68 mm

Summe **658 mm**



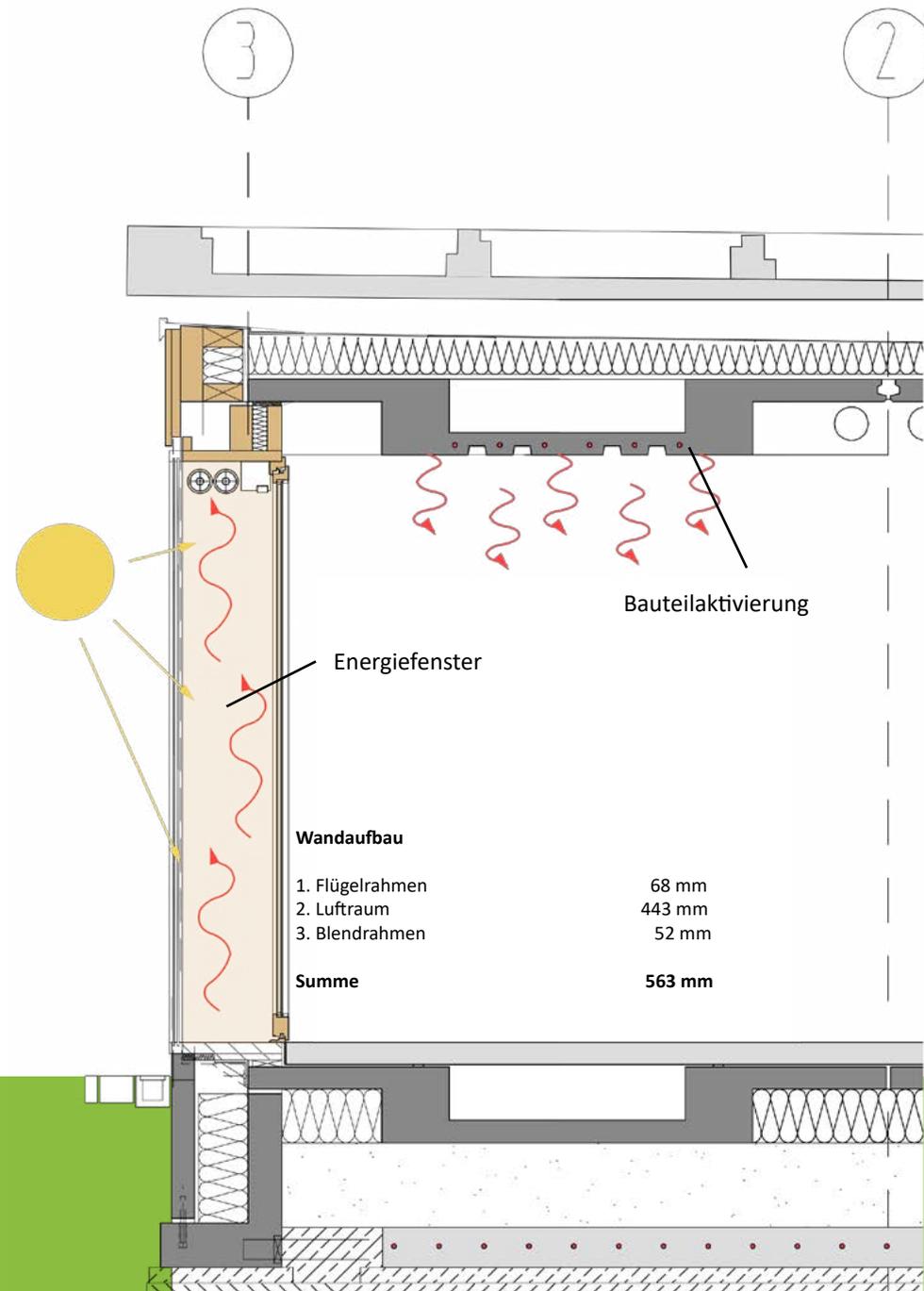
Fensterbauteil zur Wärme-/Kältegewinnung

Der geschosshohe Luftraum zwischen der äußeren und inneren Verglasung der Fassade wirkt bei der Sonneneinstrahlung wie ein Gewächshaus bzw. wie ein Wintergarten.

Die damit verbundene Wärmeentwicklung wird durch die innenliegende Verschattung noch verstärkt. Die erzeugte Wärme steigt auf und wird über den Wärmetauscher in Form der Rippenrohre abgeführt und für die Raumheizung zwischengespeichert.

Die zugehörigen Wärmespeicher mit einer hochwirksamen Vakuumdämmung wurden ebenfalls in dem Fensterrahmen integriert. Um den Raum auch zu kühlen, wird alternativ zu den Rippenrohren die kalte Luft in der Nacht über die Fassade direkt angesaugt und gespeichert.

Damit trägt die Energiefassade zur kostenlosen Klimatisierung des Gebäudes bei und leistet zudem einen Beitrag zur Reduktion der globalen Klimaerwärmung.



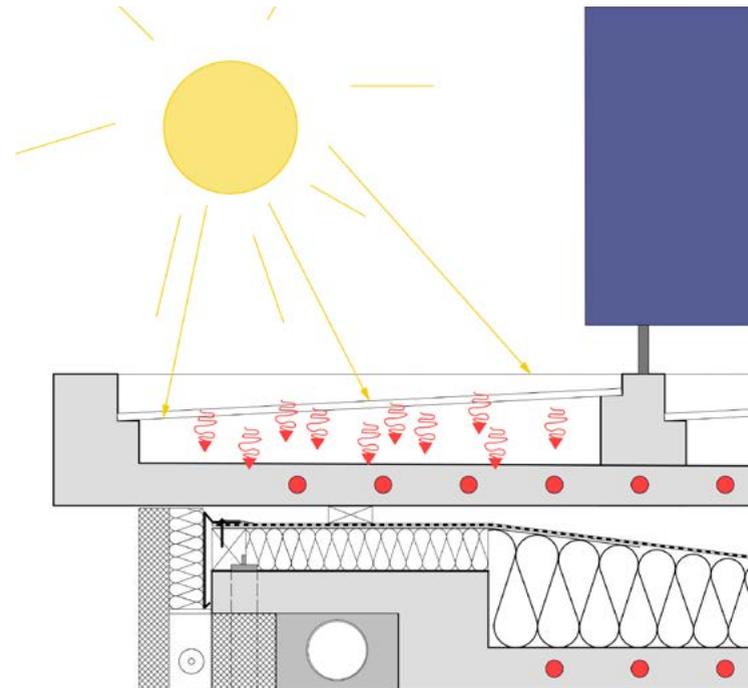


Dachkonstruktion mit den Einbauten zur Energiegewinnung (Wärme & Kälte)

Eine Besonderheit bildet die Dachkonstruktion zur Aufnahme der Elemente des „Gewächshauses“. Die dazu erforderlichen einzelnen Plattenelemente bilden im zusammengebauten Zustand eine dichte Dachhaut und ein Becken, in dem sich Wasser ansammelt. Die bereits im Werk vorgespannten Deckenplatten mit Aufkantung sind dank der Vorspannungskraft wasserdicht, ohne dass eine spezielle Abdichtung erforderlich ist. Die im Werk nur in einer Richtung vorgespannten Platten erhalten dann vor Ort eine zusätzliche Vorspannung in die dazu orthogonale Richtung. Die örtlich angeordnete Vorspannung in der Aufkantung drückt die einzelnen Platten zusammen, womit auch die Fugen zwischen den Platten überdrückt werden. Der Betonquerschnitt bleibt so in beide Richtungen überdrückt und zeigt keine Risse. Damit wird er zu einer wasserdichten Fläche, sodass auf eine Dachhaut verzichtet werden kann.

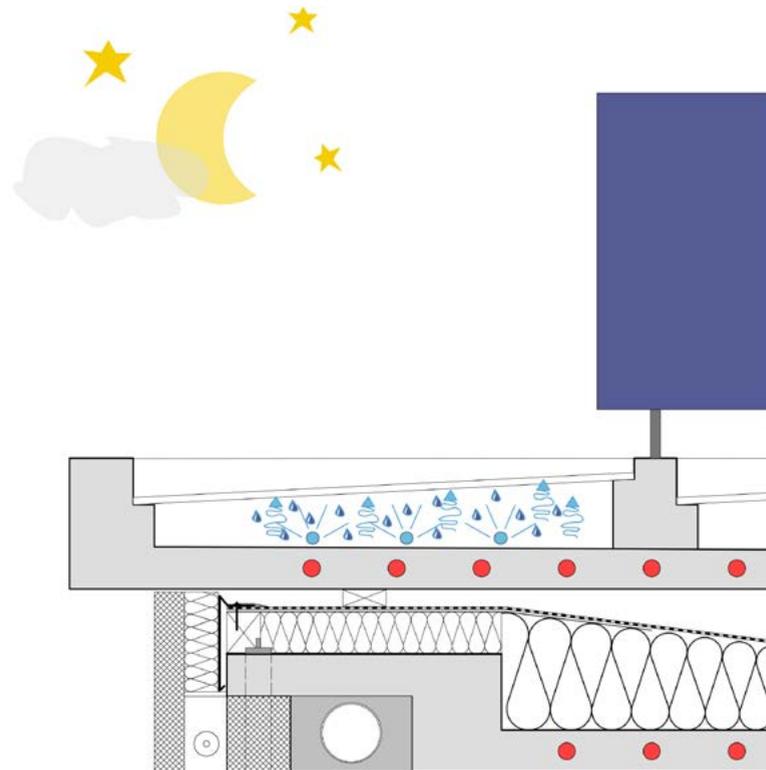
Einerseits wollen wir so viel anstehende Wärme einspeichern und dann zeitversetzt nutzen, ohne dass wir das Temperaturniveau verändern. Andererseits nutzen wir natürliche Techniken aus, um die Temperatur i.d.R. nur geringfügig zu verändern. Dazu zählt der sogenannte „Gewächshauseffekt“. Hinter einer Glasfläche erfolgt durch Sonneneinstrahlung eine beachtliche Temperaturerhöhung, sodass diese Temperatur direkt genutzt oder auch gespeichert werden kann.

Analog verhält es sich bei einer Temperaturreduktion wenn die Luftfeuchtigkeit verändert wird. Man spricht dann von adiabatischer Kühlung. Dieser Vorgang kann ebenfalls in einem geöffneten Raum, wie dem Gewächshaus, stattfinden. So lag es nahe, das Flachdach von „InnoLiving“ so zu gestalten, dass in einer Wanne Verdunstungswärme entstehen kann, aber auch durch eine geschlossene Glasfläche der „Gewächshauseffekt“ ausgenutzt werden kann.



Tagmodus

Die zwischen den Glasscheiben erwärmte Luft wird über die am oberen Rand angeordneten Spiralrohre aufgenommen und dann über den Wasserkreislauf zur weiteren Verwendung weitergeleitet.



Nachtmodus

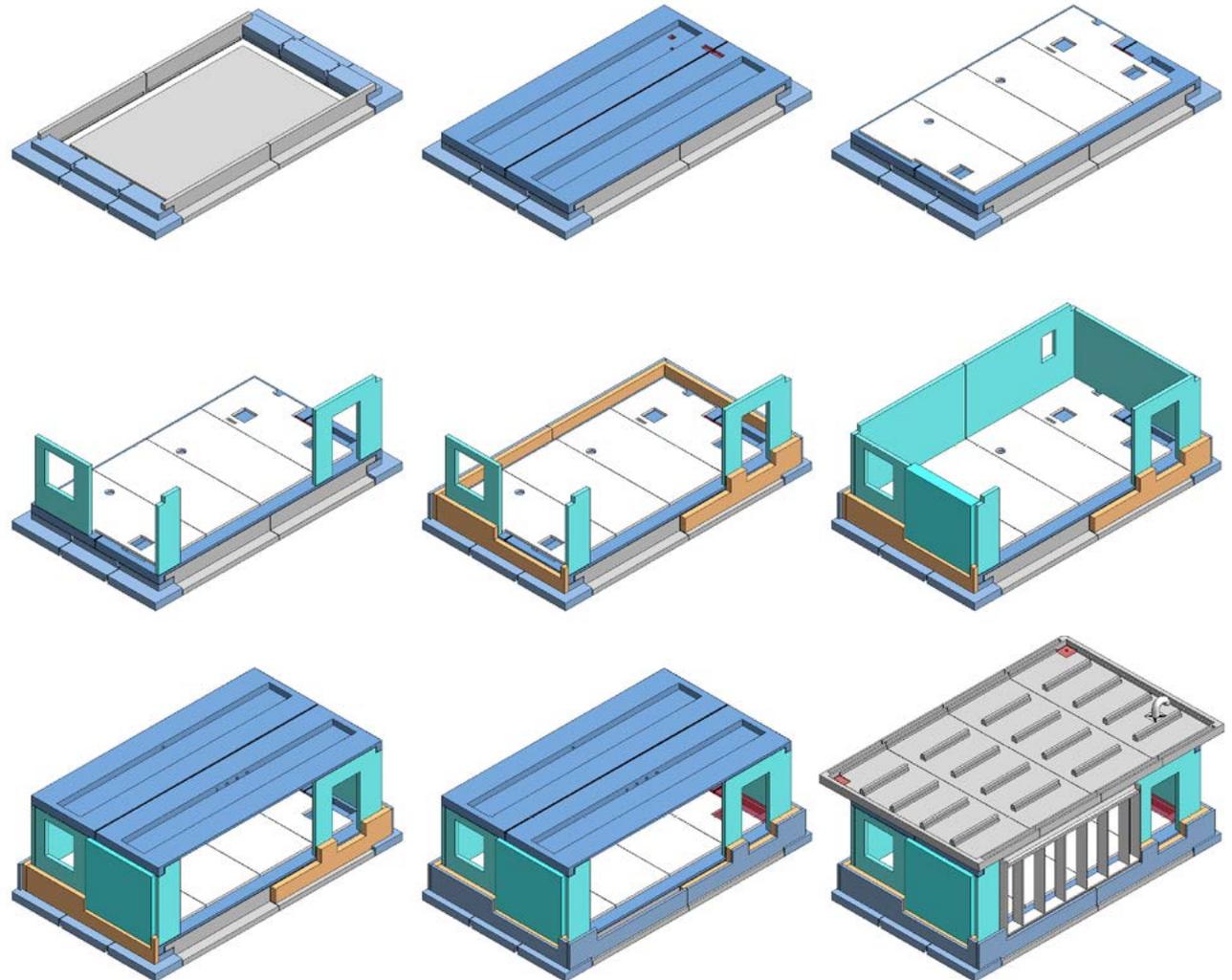
Das „Gewächshaus“ dient nicht nur der Temperaturerhöhung, sondern lässt sich auch bei dem Einsatz von Sprühnebel dazu nutzen, die Temperatur zu reduzieren.



Ein weiteres anspruchsvolles Ziel besteht darin, die manuellen Arbeiten auf der Baustelle bei der Herstellung des Gebäudes auf ein absolutes Minimum zu begrenzen. Das gelingt nur mit einer nahezu vollständigen Vorfertigung. Diese Zielvorgabe betrifft nicht nur den Rohbau mit seinen vorgefertigten Bauteilen, sondern alle Bauteile beginnend mit dem Fundament, die Fassade, das Dach und die zugehörige Haustechnik. Deshalb ist es besonders wichtig, auf multifunktionale Bauteile zu setzen, die als vorgefertigtes Element zur Baustelle angeliefert und dort zusammengesetzt werden.

Somit wurde von Beginn an das Gebäude konsequent mit vorgefertigten Bauteilen jeglicher Art geplant, um bei der Aufstellung des Gebäudes ausschließlich in geringem Umfang Montagearbeiten ausführen zu müssen. So wurde auch geplant, bereits die Fundamente und die Bodenplatte mit vorgefertigten Bauteilen zu errichten. Von Vorteil erweist sich einmal mehr die große stützenfreie Spannweite ($l \approx 10.0\text{m}$) und das dazu passende Deckenelement. So werden für die Herstellung eines Moduls die Bodenplatte, die beiden Stirnwände und die Deckenplatte benötigt. Entsprechend muss zur Auflagerung der Bodenplatte nur an den Enden der Platte ein Fundamentsockel vorgesehen werden. So wurden die stirnseitigen Fundamentblöcke zuerst versetzt. Die einzelnen Teile wurden zusammengespannt, um daraus einen zusammenhängenden Fundamentstreifen über die kurze Seite des Gebäudes zu erzeugen. Die seitlichen Frostschürzen werden ebenfalls als vorgefertigte Elemente geliefert. Die Betonplatten für den Erdkollector werden dazwischen verlegt und mit den umlaufenden Fundamentstreifen verbunden. Bevor die beiden Bodenplatten verlegt werden, wird die Fläche über dem Erdkollector mit Dämmmaterial verfüllt. Das dient dazu, den Wärmeverlust vom Gebäude zu reduzieren, aber auch um die im Erdkollector gespeicherte Wärmeenergie zu kapseln.

Die vorgefertigten Wandelemente werden auf der Baustelle zu einer Einheit zusammengestellt. Lediglich die Dichtung zwischen Sockel und Fassade und zwischen den Fugen wird vor Ort angearbeitet. Sobald die Wände gestellt sind, erfolgt die Montage der beiden Deckenplatten.





Mit dem Projekt „InnoLiving“ wird es gelingen, die Themen der Zukunft anzugehen. Wir werden mit diesem zukunftsfähigen Konzept nachweisen, dass mit den entwickelten Techniken die erneuerbare und frei zur Verfügung stehende Energie eingesammelt, gespeichert und verteilt werden kann.

Die neuartigen technologischen Ansätze arbeiten ohne jeglichen Aufwand für die Erzeugung und den Betrieb des Gebäudes. Das Gebäude InnoLiving® dient als Innovationstreiber für energie- und ressourceneffizientes Bauen.

Die mit dem Bau und Betrieb einhergehenden Innovationen betreffen die digitalisierte und integrale Planung, Verfahren zum Sammeln von erneuerbarer Energie, deren Speicherung und die Technik zum Verteilen der Energie. Wir leisten mit diesem Projekt einen wichtigen Beitrag für die zukünftigen Co2-neutralen Gebäude.





Innogrations GmbH
Cusanusstrasse 23
D-54470 Bernkastel-Kues

 www.innoliving-blog.de
 office@innogrations.de
 +49 6531 968260



InnoLiving[®] App:

Von der Idee bis zur Umsetzung.
Und viele weitere nützliche
Informationen rund um das
Thema Energie. Jetzt unsere
neue App kostenlos downloaden!