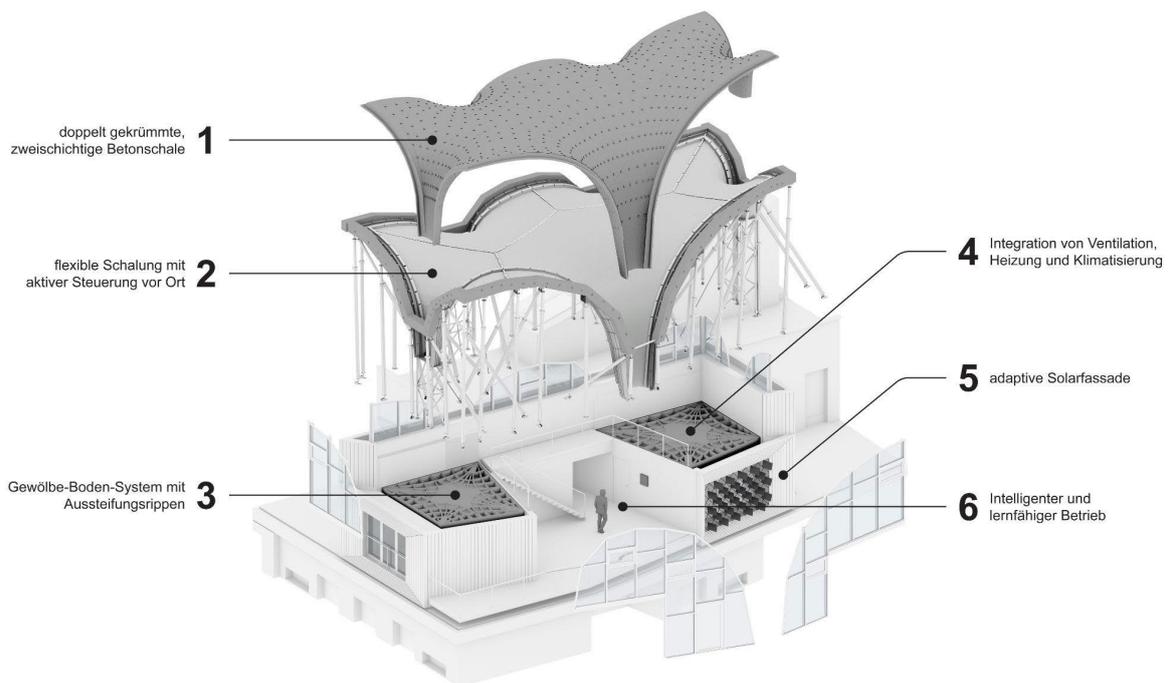


Hintergrundinformationen

HiLo: High Performance, Low Emissions

Zentrale Innovationen

Zürich, 6. Oktober 2021



HiLo demonstriert eindrücklich, welches Potential von digitalen Betonbauweisen ausgeht: so können nicht nur materialeigene Emissionen und die Energie in Gebäudestrukturen verringert werden, sondern auch Bauabfälle reduziert und der Ressourcenverbrauch minimiert werden. Zudem veranschaulicht das Projekt, wie die Integration neuartiger Bausysteme in Leichtbaustrukturen

Hintergrundinformationen

sowohl einen energieeffizienten Betrieb als auch einen hohen Nutzerkomfort ermöglicht.

Die folgenden Hintergrundinformationen geben einen Überblick über die verschiedenen Innovationen, die im HiLo-Gebäude realisiert wurden. Die Innovationen 1–3 stammen von der Block Research Group (BRG) unter der Leitung von Prof. Philippe Block und Dr. Tom Van Mele und die Innovationen 4–6 von der Gruppe Architecture and Building Systems (A/S) unter der Leitung von Prof. Arno Schlüter.

Eine doppelt gekrümmte, zweischichtige Betonschale (1)

Das HiLo-Dach ist ein doppelt gekrümmtes Betontragwerk, das in «Sandwich»-Bauweise erstellt wurde. Es enthält eine Schicht von Isolierblöcken zwischen zwei Stahlbetonplatten von nur fünf und drei Zentimetern Dicke (2 und 1,2 Zoll). Die Betonschichten sind durch schlanke Aussteifungsrippen und vertikale Zugstäbe miteinander verbunden. Die Kombination dieser leichten, zweischichtigen Struktur mit der Festigkeit, die sich aus der stark gekrümmten Dachgeometrie ergibt, erlaubt es, die selbsttragende Fassadenkonstruktion wärmebrückenfrei zu integrieren, während die Sichtbetonoberfläche der Schale über die Grenzen der Gebäudehülle hinwegfliessen kann.

Eine flexible Schalung mit aktiver Steuerung vor Ort (2)

Nicht standardisierte Betonstrukturen erfordern komplexe, massgeschneiderte Schalungen, die kostspielig und ressourcenintensiv sind. Im Gegensatz dazu wurde die HiLo-Dachkonstruktion mithilfe einer flexiblen Schalung gebaut, die auf weitgehend wiederverwendbaren Teilen basiert. Die Schalung besteht aus einem gespannten Seilnetz, über das eine dünne Textilmembran gespannt wurde, auf die dann der Beton gespritzt wurde. Da diese flexible Schalung im Gegensatz zu einer herkömmlichen nicht starr ist, führt das Gewicht des nassen Betons zu Verformungen. Zum Ausgleich werden die Vorspannung im Seilnetz und die entsprechende Form der Schalung so angepasst, dass die erste Schicht der Sandwich-Betonstruktur des Daches die Schalung genau in die gewünschte Form des endgültigen Rohbaus verformt.

Alle wichtigen Details der Dachkonstruktion und des Schalungssystems wurden mit Hilfe von Prototypen in Zusammenarbeit mit Experten und Partnern aus der Industrie ausgearbeitet. Die Prinzipien der auf diese Weise entwickelten Lösungen wurden in einen flexiblen «Design to Fabrication»-Workflow integriert. Dieser wurde mit COMPAS, dem Open-Source-Computational-Framework für Forschung und Zusammenarbeit in Architektur, Ingenieur- und Bauwesen, implementiert. COMPAS diente als zentraler Knotenpunkt für die computergestützte Entwicklung, Koordination und Planung der HiLo-Innovationen und bot zugleich einen effektiven Transfermechanismus von der Forschung in die Praxis.

Ein Gewölbe-Boden-System mit Aussteifungsrippen (3)

Herkömmliche Betonbodenplatten bestehen in der Regel aus massivem, mit viel Stahl bewehrtem Beton. Im Gegensatz dazu kommen in den HiLo-Böden dünne, doppelt gekrümmte Schalen mit vertikalen Aussteifungen zum Einsatz, die die Lasten ausschliesslich über Druckkräfte in die Auflager

Hintergrundinformationen

leiten. Die resultierenden Kräfte werden in den Ecken gesammelt, wo ihr nach aussen gerichteter Gewölbeschub von vorgespannten Verankerungen aufgenommen wird.

In den HiLo-Böden wird nur dort Material eingebaut, wo es gemäss dem Kräftefluss von Druck und Zug auch strukturell erforderlich ist. Dies ermöglicht dem von der Block Research Group entwickelten Bodensystem Einsparungen von mehr als 70 % Beton und 90 % Bewehrungsstahl im Vergleich mit einer herkömmlichen Stahlbetonplatte. Da alle Materialien im Bodensystem zudem sortenrein bleiben, ist am Ende der Lebensdauer ein einfaches Recycling möglich. Durch die gewölbte Geometrie der Stockwerke sind darüber hinaus die Spannungen in der Struktur gering. Dadurch können Materialien mit geringer Festigkeit verwendet werden, die in der Regel einen geringen CO₂-Fussabdruck besitzen. Zudem ein hoher Anteil an Bauschutt verwendet werden anstelle von knappen natürliche Ressourcen.

Gemäss Schätzungen dürften in den nächsten drei Jahrzehnten mehr als 200 Milliarden Quadratmeter (über zwei Billionen Quadratfuss) an Bodenfläche gebaut werden. Dies vor allem in städtischen Gebieten, wo mittelgrosse Hochhäuser mit 10 bis 30 Stockwerken zu den üblichen Gebäudetypen zählen. Durchschnittlich haben die verwendeten Stahlbeton-Bodenplatten einen Anteil von 40 % an der Masse dieser Gebäude. Die Einführung des Gewölbe-Boden-Systems würde in Einsparungen von einem Drittel des gesamten Betonvolumens eines Gebäudes resultieren, was einen signifikanten Einfluss auf die materialeigenen CO₂-Emissionen von neu errichteten Gebäuden weltweit hätte.

Integration von Ventilation, Heizung und Klimatisierung (4)

Multifunktionale Elemente können mehrere Aufgaben gleichzeitig übernehmen und beispielsweise sowohl energietechnische als auch strukturelle Aspekte abdecken – wie dies bei den von der Block Research Group entwickelten Bodensystemen der Fall ist. Dies steht im Gegensatz zur herkömmlichen, sequenziellen Planung, bei der jedes Gebäudeelement nur einem einzigen Zweck dient. Die erstgenannte Methode erfordert jedoch integrierte Design- und digitale Fertigungsansätze, damit die Verwendung erneuerbarer Energiequellen und die Reduktion der verwendeten Baumaterialien priorisiert werden können.

Im HiLo-Gebäude prägt ein in die Decken eingebettetes Heiz- und Kühlnetz die Konturen der markanten Deckenoberfläche und bildet zugleich ein innovatives architektonisches Merkmal. Aufgrund der geringen Dicke der Betonstruktur sorgt diese Konstruktion für eine hocheffiziente Flächenheizung. Die thermische Leistung wird durch die Kopplung mit dem Belüftungssystem zusätzlich verbessert. Mithilfe von 3D-Druck wird eine optimierte Schachtgeometrie an der idealen Versorgungsstelle in der Gebäudestruktur platziert. An der Decke sind vier Frischluftdüsen angebracht, die mit Hilfe einer Mischstrategie Luft im Raum verteilen, um den Bewohnern einen hohen Komfort mit minimalem Energieverbrauch zu bieten.

Die multifunktionalen Systemkonzepte und die digital gefertigten Schalungen wurden von einem interdisziplinären Team der Gruppen Architecture and Building Systems (A/S) und Digital Building Technologies (dbt) der ETH Zürich erstellt.

Hintergrundinformationen

Eine adaptive Solarfassade (5)

Die adaptive Solarfassade (ASF) umfasst 30 leichte Module, die mit effizienten Dünnschicht-Solarzellen ausgestattet sind. Diese können sich auf zwei Achsen bewegen, und funktionieren als Beschattungs- und Solar-Nachführsysteme. Als Schnittstelle kann die adaptive Solarfassade die Temperatur im Gebäude regulieren, indem sie den Sonneneinfall steuert. Dabei lässt sie die Sonne entweder zur passiven Beheizung in den Raum oder verhindert den Sonneneintritt, um Überhitzung und Kühlbedarf zu reduzieren. Mittels ihrer Photovoltaikzellen produziert die ASF bei Tageslicht jederzeit Strom. Wenn sich niemand im Raum aufhält, kann die Fassade die Produktion von Sonnenenergie maximieren und beispielsweise andere Einheiten innerhalb des NEST mit Elektrizität versorgen. Die integrierten Lernmechanismen erlauben es der ASF zudem, sich ein optimales Verhalten anzueignen – auf Basis ihrer Position im Gebäude, des sich ändernden Wetters, der Anwesenheit der Bewohner und ihrer Interaktionen mit letzteren.

Intelligenter und lernfähiger Betrieb (6)

Das HiLo-Gebäude ist mit einer Reihe modernster Heiz-, Beschattungs- und Belüftungssystemen ausgestattet. Mit diesen können verschiedene Betriebsarten getestet werden, um für die richtige Temperatur, Beleuchtung und genügend Frischluft zu sorgen. Die Gruppe von Prof. Schlüter möchte erforschen, wie Gebäude und ihre Systeme selbstständig lernen können und wie sie zugleich energieeffizient funktionieren und den Bewohnern den gewünschten Komfort bieten können. Die Systeme lernen anhand von Betriebsdaten, beispielsweise aus den von den Bewohnern bevorzugten Temperaturen, Lichtverhältnissen und Luftqualitäten. Doch auch umgekehrt sind Lernprozesse möglich, denn die Bewohner können auch vom Gebäude lernen: An Visualisierungen können sie beispielsweise ablesen, mit welchen Betriebsarten und Verhaltensweisen sie den Energieverbrauch reduzieren können, ohne Abstriche beim Komfort machen zu müssen.