

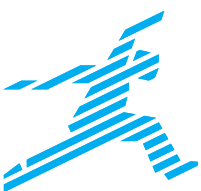


Hamburg voraus

INTERNATIONALE BAUAUSSTELLUNG HAMBURG

## Smart Material House Smart ist Grün

Juni 2013



**IBA\_HAMBURG**

Stadt neu bauen

## Impressum

### Herausgeber:

IBA Hamburg GmbH  
Am Zollhafen 12  
20539 Hamburg

TEL. +49(0)40.226 227-0  
FAX +49(0)40.226 227-315

[www.iba-hamburg.de](http://www.iba-hamburg.de)  
[info@iba-hamburg.de](mailto:info@iba-hamburg.de)

### Datum:

Juni 2013

### Projektkoordination:

Hubert Lakenbrink

### Konzeption und Gestaltung:

IBA Hamburg GmbH  
Jens-Phillip Petersen

### Texte und Redaktion:

IBA Hamburg GmbH  
Christian Roedel, Jens-Phillip Petersen

## Inhalt

4	<b>A</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>
4	A.1	SMART MATERIAL HOUSES
6	A.2	PROJEKTSKIZZE SMART IST GRÜN
8	<b>B</b>	<b>PROJEKTDDETAILS SMART IST GRÜN</b>
8	B.1	ARCHITEKTONISCHES KONZEPT
11	B.2	SMART MATERIAL KONZEPT
18	B.3	HAUSTECHNISCHES KONZEPT
20	B.4	PLANUNGSPROZESS
22	B.5	BEWERTUNG
24		ABBILDUNGSVERZEICHNIS

# A Einführung

## A.1 Smart Material Houses

Smart Materials sind Materialien, Materialsysteme und aus ihnen herstellbare Produkte, die sich im Unterschied zu herkömmlichen Baustoffen nicht statisch, sondern dynamisch verhalten. Das heißt, aufgrund ihrer Beschaffenheit können die Materialien auf veränderte Umweltbedingungen reagieren und sich diesen anpassen. Diese besonderen Eigenschaften resultieren aus physikalischen oder chemischen Einflüssen, zum Beispiel unterschiedlich hohen Temperaturen oder der Sonneneinstrahlung, die auf den Baustoff trifft.

Dabei steht vor allen Dingen die Gebäudehülle im Vordergrund: Durch den Einsatz der Smart Materials in der Fassade können Energie- und Materialströme verbessert und möglichst klein gehalten werden, da ein Großteil dieser Stoffe Energie mittel- oder unmittelbar aus der Umgebung bezieht.

Smart Materials sind unter anderem in der Natur zu finden. So können beispielsweise in Glas-elementen von Fassaden Mikroalgen gezüchtet werden, die durch Photosynthese und Solarthermie, also die Umwandlung von Sonnen- in Wärmeenergie, Biomasse und Wärme produzieren. Die Fassade wird zum Bestandteil der Haustechnik.

Die Smart Material Houses sind eine neue Form von Häusern, bei denen anpassungsfähige Baukonstruktionen sowie intelligente Technologien und Baustoffe kombiniert werden. Als einer der Themenbereiche der „Bauausstellung in der Bauausstellung“ sind sie ein architektonisches Pilotprojekt: Sie zeigen anhand von vier exemplarischen Gebäudetypen, wie sich sowohl neue technologische Ansätze in eine zukunftsweisende Architektursprache übersetzen lassen als auch traditionelle Techniken neu interpretiert werden können.

Ausgangspunkt für die IBA zum Thema Smart Material Houses waren die folgenden Thesen: Smart Materials sind aktive Materialien mit transformativem Charakter. Sie reagieren auf sich verändernde Umwelteinflüsse. Im intelli-

genten Zusammenspiel mit Smart Technologies kann dieser Prozess auf die Ebene der vernetzten Gebäudetechnik ausgeweitet werden und den Energie- und Materialhaushalt eines Gebäudes überwachen und optimieren.

Hierfür müssen bekannte Kategorisierungen von Materialien neu überdacht werden, da Smart Materials als aktive Materialien gegensätzliche Eigenschaften und Funktionen zu verschiedenen Zeitpunkten annehmen. Material- und Technologieinnovationen waren in der Architekturgeschichte immer verknüpft mit einem grundsätzlichen Wandel dessen, was Architektur sein könnte und sein sollte. Heute lässt sich beobachten, dass Nachhaltigkeit die Legitimation vieler Entwurfsentscheidungen darstellt.

- Smart Materials und Smart Technologies ermöglichen es, durch adaptive Funktionen Energie- und Materialströme nachhaltig zu steuern.
- Mit der Adaptivität von Smart Materials gewinnen im Besonderen zeitliche Abläufe eine wesentliche Bedeutung.
- Ein performatives Verständnis von Materialien und Technologien ermöglicht und fordert einen neuen Umgang mit dem architektonischen Entwurfsprozess.

Es zeichnet sich ein Paradigmenwechsel hin zu dezentralen Infrastruktursystemen ab. Mit Dezentralisierung meint man die Integration von städtischen Aufgaben in die Gebäudetechnik. Wasserkreisläufe, Stromerzeugung, die Nutzung von Abwärme, Miniaturpumpen und Kraft-Wärme-Kopplung werden lokal im Gebäude oder in seiner unmittelbaren Umgebung eingesetzt und abgewickelt. Ein Großteil der im Gebäude verbrauchten Energie soll zukünftig aus lokal vorhandener Energie gewonnen werden, um den Anteil hochwertiger Exergie zu senken.

Die Infrastrukturen der Stadt müssen in diesem Zusammenhang neu überdacht und organisiert werden.

- Durch die Integration von städtischen Aufgaben in die Gebäudetechnik wird das Haus zum Akteur in einem (kommunikativen, d.h. rückgekoppelten) Netzwerk. Entsprechend übernimmt es zusätzliche Funktionen, zum Beispiel als „Kraftwerk“, als „Energiespeicher“ oder als „kommunikativer Ort“ im städtischen Kontext.
- Die Gebäudehülle ist das zentrale Element des Energieaustauschs zwischen Innen und Außen. Sie kontrolliert hinein- und hinausfließende Energieströme und Stoffkreisläufe. Mithilfe von Smart Materials und Smart Technologies können Gebäudehüllen aktiv Energie- und Stoffströme regeln.
- Seit der Moderne wurde die Haustechnik gebündelt, zentralisiert und damit oft unsichtbar. Mit der Verbreitung von Smart Materials kann die Materialoberfläche selbst zum Trägermedium von Energie und Information werden.
- Die neuen Technologien ermöglichen es, Gebäudetechnik zu multiplizieren und auf verschiedene Oberflächen zu verteilen. Materialien werden zu dynamischen Infrastrukturen, die variable, teils gegensätzliche Effekte hervorbringen können.
- Der Faktor Zeit wird mit der Verbreitung polyfunktionaler Oberflächen integraler Bestandteil des Entwurfs und bedingt gleichzeitig die Möglichkeit hybrider Raum- und Gebäudenutzungen.
- Einhergehend mit dem Bedeutungsgewinn von zeitlichen Abläufen kann man einen Wandel vom „offenen Grundriss“ zum „re-konfigurierbaren Grundriss“ ausmachen.
- Rekonfigurierbare Grundrisse generieren sich aus der Veränderbarkeit des Raumes und der Transformierbarkeit der Materialien sowie der Adaptationsfähigkeit der Technologien und nicht mehr allein durch ihre (statische) Offenheit für unterschiedliche

Nutzungen.

- Es tritt eine „Ästhetik der Phänomene“ in den Vordergrund, welche vor allem das Verhalten von Materialien thematisiert. Entscheidend ist nicht, wie das Material sich darstellt, sondern wann es in Erscheinung tritt.

In dieser Broschüre werden das architektonische und haustechnische Konzept des Smart Material House Smart ist Grün detailliert dargestellt. Desweiteren wird der Planungsprozess dezidiert aufgezeigt, da es vom Entwurf bis zur Ausführung des Projekts zu zahlreichen Veränderungen gekommen ist. Diese Veränderungen sind technisch, finanziell oder funktional begründet – sodass ursprüngliche Zielvorgaben teilweise angepasst werden mussten.

Gerade bei Modellprojekten kommt es immer wieder zu Planänderungen – auch das ist, neben innovativen Endprodukten, ein Stück weit Ziel einer Bauausstellung: Bauweisen und Verfahrenspraxis erproben. Erst nach der Betrachtung des Planungsprozesses ist es möglich zu bewerten, ob ein Modellbauvorhaben als beispielhaft für den Umgang mit Smart Materials im 21. Jahrhundert gelten kann. Diese Broschüre soll neben technischen Details für Fachleute im Besonderen eine Tendenz zur objektiven Bewertung der Frage ermöglichen, ob es sich bei dem Modellprojekt Smart ist Grün wirklich um ein solches handelt und ob bzw. inwieweit die Ziele, die vor Planungsbeginn gesetzt wurden, überhaupt erreicht wurden.

Nach dieser kurzen Einleitung wird das Smart Material House Smart ist Grün steckbriefartig vorgestellt und anschließend detailliert erläutert. Dabei wird mit dem architektonischen sowie haustechnischen Konzept begonnen, bevor der Planungsprozess beschrieben wird und die Bewertung des Modellprojekts erfolgt. Der Fokus der Darstellung für Smart ist Grün liegt im Besonderen auf dem Energiekonzept und den verwendeten Materialien zur Energiespeicherung.

## A. 2 Projektskizze Smart ist Grün

### BESONDERHEITEN

- Energiegewinnung über Dach und Fassade als Teil des architektonischen Konzeptes
- Nutzung von Phase-Change-Materialien zur Speicherung von Energie
- Flexible, dem Bedarf anpassbare Wohnungstypologien



Abb. 1: Ansicht von Südosten, Juni 2013



Abb. 2: Ansicht von Südwesten, Mai 2013

„Die Ästhetik der Energiewende sichtbar machen und über alle Generationen flexibel nutzbare Gebäudestrukturen entwerfen ist das Ziel des Gebäudes.“ Architekt Michael Ziller

Bei dem Smart Material House Smart ist Grün sind Fassade und Dach aktiver Teil des innovativen haustechnischen Konzepts. Sie erzeugen durch unterschiedlich eingesetzte Technologien Energie, die direkt im Haus verbraucht wird oder sogar in den Energieverbund Wilhelmsburg eingespeist werden kann. Im Mittelpunkt steht hierbei die Nutzung und Speicherung von Wärmeenergie zur Heizwärmeversorgung des Hauses.

Darüber hinaus sind Erschließung und Grundrisse flexibel gestaltet und können den individuellen Bedürfnissen der Bewohner angepasst werden: Structure follows function - bis in den Wohnalltag hinein. Je nach Bedarf lässt sich das Gebäude geänderten Anforderungen, für Technik sowie Nutzer, anpassen.

## PROJEKTPARTNER

### Architektur

- zillerplus Architekten und Stadtplaner, Michael Ziller Architekt BDA, München

### Investor

- Behrendt Wohnungsbau KG, Hamburg
- Sparda Immobilien GmbH, Hamburg

### Technische Gebäudeausrüstung

- Ausführungsplanung: PINCK Ingenieure Consulting GmbH, Hamburg
- Entwurf: Ingenieurbüro Hausladen GmbH, Kirchheim

### Tragwerksplanung

- Wetzel & von Seht Ingenieurbüro für Bauwesen VBI, Hamburg

### Partner Baustoffe

- Christian Fischbacher GmbH, St. Gallen
- Outlast Europe GmbH, Dörken
- Oliver Wagner Inneneinrichtung GmbH, Hamburg

### Weitere Projektpartner

- Hamburg Energie GmbH, Hamburg
- Ausführungsplanung: Andresen Garten und Landschaftsplanung, Hamburg
- Entwurf: Burger Landschaftsarchitekten, München

## PROJEKTDATEN

### Projektkosten

- 4,4 Mio. Euro (gefördert aus dem Hamburger Klimaschutzkonzept)

### Grundstücksgröße

- 1.250 m<sup>2</sup>

### Bruttogeschossfläche

- 1.990 m<sup>2</sup>

### Größe der Nutzungseinheiten

- 86 bis 127 m<sup>2</sup>

### Energiestandard

- Effizienzhaus-Plus mit Passivhausstandard

### Energieversorgung

- Solarthermie, PCM-Speicher und Photovoltaik, Nahwärmenetz Energieverbund Wilhelmsburg Mitte

### Bauzeit

- Dezember 2011 - März 2013

# B Projektdetails Smart ist Grün

## B.1 Architektonisches Konzept

Das Smart Material House von zillerplus Architekten greift ein Thema der Moderne, die konsequente Trennung von Tragwerk, Hülle und Ausbau auf neue Art und Weise auf.

Dabei verfügt der kompakte Baukörper in Massivbauweise über weitgespannte Decken um eine möglichst flexible Wohnungsaufteilung zu gewährleisten. Im Süden wird vor das Gebäude eine durchlaufende Balkonzone als eigene Raumschicht gestellt (wie eine mehrstöckige Veranda). Dabei verfügt die Südfassade für ein Passivhaus über einen großen Anteil von Glasflächen, die dem Gebäude einen hohen Wohnwert ermöglichen. Die Ost- und Westfassaden haben eine offene, die Nordfassade im Gegensatz hierzu eine eher geschlossene Erscheinung, die durch die farbigen Tafeln aus Blech aufgelockert wird. Gestalterisch haben die vertikalen Gärten an der Südseite (Kletterhortensien an Rankgittern) und die Blechtafeln an den übrigen Seiten die gleiche Größe, sodass diese rechteckigen Elemente die Verbindung von allen vier Fassadenseiten ermöglichen.

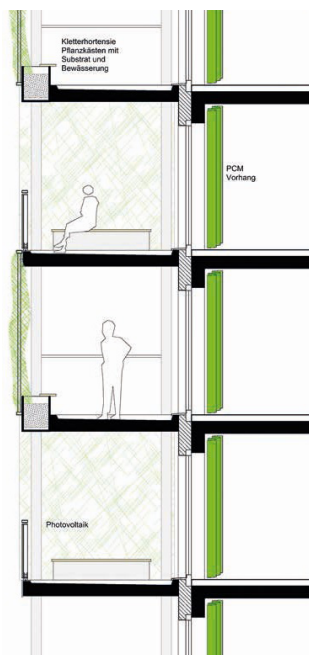


Abb. 3: Schnitt horizontaler Garten, Südfassade

Die Südseite strukturiert sich in drei Ebenen von außen nach innen: Ein begrüntes Fassadenelement dient als sommerlicher Hitzeschutz, eine Isolierverglasung als Wärme- und Kälteschutz und ein PCM-Vorhang (Phase Change Material) als Kurzzeit-Wärmespeicher. Zentraler Bestandteil des architektonischen Konzepts sind hier also die Aufwertung von Dach und Fassade zum Energieversorger des Gebäudes sowie die Öffnung des Innenraums hin zu flexiblen Grundrissen.

Die Gebäudehülle übernimmt also nicht nur die Schutz- sondern auch Versorgungsfunktion durch ihre Fähigkeit Energie zu „ernten“. Dabei besteht die hochgedämmte Fassade aus zwei Ebenen: Die erste Ebene, der Grundebene zur Sicherung des Wärmeschutzes, wird aus einem Wärme-Dämmverputz-System mit durchgefärbtem mineralischen Putz gebildet. Die zweite Ebene, die eine dreidimensionale Gestaltung und einen Bezug zum Ort über ihre Farbigkeit und das Bild der Stapelung (Container) herstellt, wird aus vorgehängten grünen Fassadenelementen aus Aluminium gebildet. Dadurch wird auch die Nordfassade zur Neuenfelder Straße - die entgegen dem Eindruck einer straßenbegleitenden Bebauung nicht als Eingangsfassade dient und auch nicht für die Energieernte nutzbar ist - in die Gesamtgestaltung einbezogen.



Abb. 4: Südfassade, April 2013



Die vorgehängten Elemente werden über spezielle hochtragfähige Kunststoffbefestigungen mit dem Mauerwerk verbunden um Wärmebrücken zu vermeiden. Der Zwischenraum zwischen begrünter zweiter Ebene und der ersten Fassadenebene auf der Südseite wird als „Garten auf dem Geschoss“ in Form von Balkonen nutzbar gemacht. Diese thermisch entkoppelte und vor das Gebäude gestellte Balkonzone bildet so eine eigene Raumschicht. Die Balkone sind nach außen mit vertikalen Gartenelementen verkleidet. Teile des Eingangsbereichs sind als Gemeinschafts- und Begegnungsraum ausgebildet.

Die Bodenplatte ist auf Bohrpfählen gegründet. Um die Wärmebrückenwirkung der Bohrpfähle zu vermeiden wird die Wärmedämmung innen zwischen Bodenplatte und Estrich angeordnet (2 x 10 Zentimeter). Außen kommen zwischen den Bohrpfählen 16 Zentimeter Wärmedämmung hinzu. Das Dach wird als Warmdach mit Gefälleestrich und 35 Zentimeter Wärmedämmung angesetzt.

Die Außenwände wurden als reiner Massivbau erstellt. Die Zwischenräume werden mit 16 Zentimeter Wärmedämmung gedämmt, hinzu kommen zwölf Zentimeter Außendämmung. Für die Außendämmung wurde Rockwool Aerowolle verbaut. Hierdurch wurden bei üblicher Bauteildicke extrem niedrige U-Werte erreicht. In die Fensterrahmen wurden Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen mit Argonfüllung eingesetzt.

Der Massivbau aus Beton und Mauerwerk ist in den Obergeschossen als Drei-Spänner errichtet worden. Die Erschließung erfolgt dabei von Norden über ein Treppenhaus sowie einen Aufzug. Im Erdgeschoss ist, zusätzlich zu den hier angeordneten Nebenräumen, im Zusammenhang mit dem Eingangsbereich ein Gemeinschaftsbereich für die Bewohner entstanden. Die zwei Wohnungen im Erdgeschoss sowie die zwölf in den vier darüber liegenden Obergeschossen sind als Eigentumswohnungen verkauft worden. Dabei erfolgt der Innenausbau der Wohnungen je nach individuellen Bedürfnissen.

Erschließung und Grundrisse sind so konzipiert, dass die Wohnungen flexibel gestaltet und den Bedürfnissen der Bewohner angepasst werden können: Structure follows function - bis in den Wohnalltag hinein. So lässt sich das Gebäude aufgrund von Nutzungsänderungen und technischen Entwicklungen „nachjustieren“. Das Wohnhaus verfügt über eine BGF von 1.900 Quadratmetern und ist im Passivhausstandard nach PHPP ausgelegt. Die Wohnungen variieren zwischen 86 und 127 Quadratmetern Größe und werden über eine Flächenheizung in den Fußböden beheizt.

Dabei sind die 127-Quadratmeter-Wohnungen teilbar, sodass es möglich ist Einliegerwohnungen einzurichten. Die Wohnungen sind so angeordnet und konzipiert, dass sich eine Vielzahl an räum-

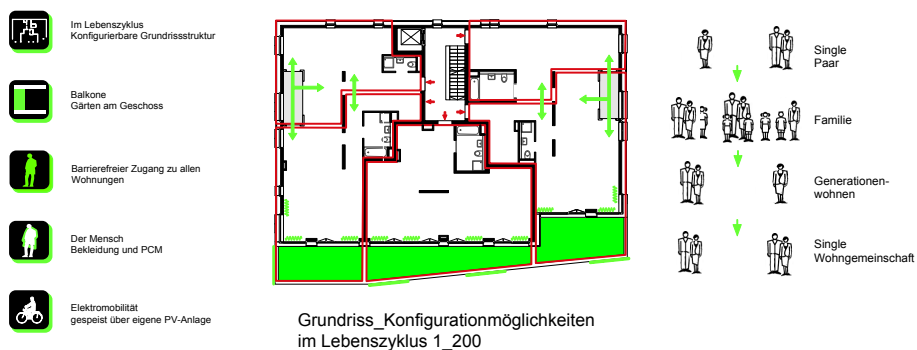


Abb. 5: smart living - flexible Konfigurationmöglichkeiten der Innenräume



Abb. 6: Südfassade, April 2013

lichen Konstellationen ergibt, die darüber hinaus noch veränderbar sind und sich den jeweils neuen Herausforderungen des Lebens stellen. Die Lebensweisen und Wohnbedürfnisse von jungen Singles oder Paaren unterscheiden sich grundsätzlich von denen einer Familie oder von Seniorenpaaren sowie alleinstehenden Senioren.

Dem soll mit der flexiblen Anordnung von Räumen oder Nutzungen Rechnung getragen werden: Während Singles oder Paaren ohne Kinder oftmals lediglich einen Schlafraum benötigen und die restliche Wohnung einen fließenden Übergang zwischen einzelnen Nutzungen ermöglicht, haben Familien mit Kindern in der Regel das Bedürfnis mehrere Schlafräume einzurichten, die voneinander separiert sind. So sind in den 127 Quadratmeter großen Wohnungen bis zu drei Schlafräume unterzubringen. Bei Senioren ändern sich die Anforderungen an Wohnungen dahingehend, dass Themen wie Barrierefreiheit an Bedeutung gewinnen. Durch die Anordnung von Treppenhäusern, Bädern und Zugängen können in allen Wohnungen ebenso Senioren-Wohngemeinschaften entstehen oder in den großen Wohnungen das Prinzip des Mehrgenerationenwohnens mithilfe von Einliegerwohnungen umgesetzt werden. Die nötigen Veränderungen sind aufgrund der Raumaufteilung leicht umsetzbar und ermöglichen so ein Anpassen der Wohnung an die aktuellen Lebenszyklen.

Diese Flexibilität ist jedoch nur aufgrund der Konstruktionsweise von „Smart ist Grün“ möglich. Während die tragenden Außenwände des Gebäudes und der Wohnungen gemauert und die Decken als Massivdecken errichtet wurden, sind die Wände in der Wohnung als Elementwände in Leichtbauweise konstruiert worden.

## B.2 Smart-Material-Konzept

Bei den im Smart ist Grün verwendeten Smart Materials handelt es sich vorrangig um PCM als Energiespeichermedium. Dieses umfasst den PCM-Wärmespeicher und die PCM-Vorhänge. Dazu kommen die in der Fassade verbauten PV-Elemente und die Solarthermie in der Attika sowie die grünen Rankelemente in der Fassade. Aber auch die Gebäudeautomation stellt eine Innovation dar - bei dem Haus geht es vor allem um den „smart technology“-Ansatz für das haustechnische Konzept und die gesamte Energieversorgung sowie Energiesteuerung. Dieses wird im folgenden Kapitel eingehend erläutert.

### Einsatz von PCM als Speichermedium zur Deckung des Wärmebedarfs des Hauses

Die während des Phasenübergangs zwischen festem und flüssigem Aggregatzustand gespeicherte latente Energie wird für ein Wärmemanagement der Umgebung genutzt. Wärme kann grundsätzlich in Form von sensibler oder latenter Wärme gespeichert werden. Wird ein Material erwärmt, so nimmt das Material Wärme auf und seine Temperatur erhöht sich. Man spricht in diesem Fall von sensibler Wärme. Gelangt man nun bei einem Latentwärmespeichermaterial in den Bereich des Phasenübergangs, so erfolgt eine Wärmeaufnahme ohne Erhöhung der Temperatur.

Die im Phasenübergang gespeicherte Wärmemenge wird als latente Wärme bezeichnet.

Die Speicherung von Energie in Form von latenter anstatt von sensibler Wärme hat einige Vorteile. Dadurch, dass die Wärmespeicherung nicht mit einer Temperaturerhöhung verbunden ist, sind auch die Stillstandsverluste geringer als bei einem sensiblen Speicher, der aufgrund seiner höheren Temperatur immer Wärme an die Umgebung verliert. Außerdem besteht die Möglichkeit Temperaturspitzen abzufedern, wobei die in der Heizphase aufgenommene Energiemenge ohne Temperaturerhöhung gespeichert und zeitverzögert wieder an die Umgebung abgegeben werden kann. In modernen Gebäudekonzepten wird versucht, die Bauteilmassen ganz bewusst extrem zu verschlanken, sodass flexible wie kostengünstige Möglichkeiten zur Gebäudegestaltung gegeben sind. Zur Vermeidung sommerlicher Überhitzung können Latentwärmespeichermaterialien (engl. Phase Change Material, PCM) eingesetzt werden, bei deren Verwendung sich grundsätzlich zwei Alternativen anbieten:

Zum einen lässt sich durch die passive Nutzung von PCMs die thermische Performance von Gebäuden erhöhen und dadurch vor allem im

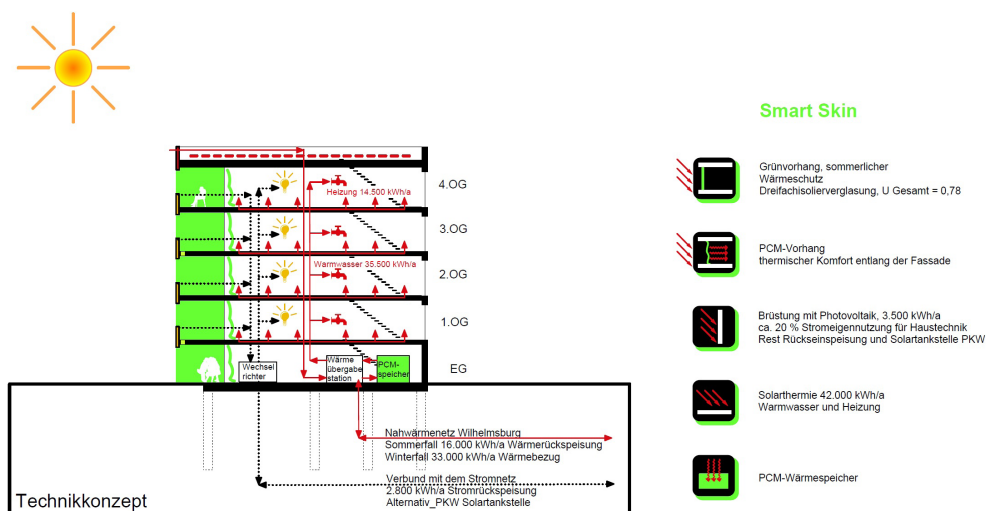


Abb. 7: Haustechnisches Konzept

Leichtbau Temperaturspitzen abpuffern. Im Phasenübergang fest-flüssig können in einem kleinen Temperaturintervall, abhängig vom Material, etwa 100 bis 600 kJ/kg gespeichert werden. Die spezifische Wärmekapazität im sensiblen Speicher (Mauerwerk, Beton) beträgt ca. 0,5 bis 4 kJ/(kg K). Bei einer Temperaturdifferenz von 10°C entspricht dies einer gespeicherten Wärmemenge von 5 bis 40 kJ/kg, was deutlich unter der Speichermöglichkeit eines Latentwärmespeichermaterials liegt. Die Wärmemenge pro Millimeter PCM-Schichtstärke aufgenommen wird, entspricht der Wärmeaufnahme von äquivalent 10 bis 40 Millimeter Beton.

Zum anderen können Wärme- und Kältespeicher auch mit aktiven Systemen gekoppelt werden. Durch die Speicher können Lastspitzen verschoben werden, was eine kleinere Dimensionierung von Klimasystemen in Gebäuden oder alternativ eine Kappung der Lastspitzen im Versorgungsnetz ermöglicht.

PCM-Speicher sollen einen erheblichen Teil der Wärmeversorgung von Smart ist Grün stellen. PCM-Speicher sind im Test, aber noch nicht in Serienproduktion. Daher läuft parallel zur Nutzung

auch eine Evaluation des Wirkungsgrads. Die Energiespeicherung auf niedrigem Temperaturniveau ist von zentraler Bedeutung für die Wärmeversorgung energetisch optimierter Gebäude und die effektive Raumnutzung durch den geringeren Platzbedarf für den Speicher hat dabei den Ausschlag zur Nutzung dieses Speichermediums gegeben, da bei zunehmenden Haustechnikflächen die Speicher einen immer größeren Raum einnehmen und hier andere Wege der Speicherung von Energie gefunden werden müssen. Über das Projekt sollen drei Speicherzustände mit unterschiedlichen Bauteilen und Technikkomponenten auf einander abgestimmt werden, die in der Folge genauer erläutert werden:

### 1. Kurzzeitspeicher: Verbesserung des Wohnkomforts (3 - 6 Stunden)

Vorhänge mit PCM-Füllung, im Sommer als innerer Sonnenschutz, der über die kühle Nachtluft die aufgenommene Wärme entlädt dienen als Kurzzeitspeicher. Im Sommer wie im Winter können Temperaturspitzen abgefangen und ausgeglichen werden. Der Vorhang wirkt so wie ein „schweres“ Bauteil.

Beschichtet mit paraffinverkapseltem PCM dient

#### Technische Daten:

Außenvolumen je PCM-Speicher: 2,475 m<sup>3</sup>

Außenvolumen PCM-Speicher gesamt: 4,95 m<sup>3</sup>

Füllvolumen PCM-Material gesamt (Natriumacetat): 2,00 m<sup>3</sup>

#### Speicherkapazität:

Speicherkapazität Wasser (20-80 °C): 70 kWh/m<sup>3</sup>

Speicherkapazität PCM (20-80 °C): 140 kWh/m<sup>3</sup>

Speicherkapazität PCM gesamt (20-80°C) : 280 kWh

Die Speicherkapazität des PCM-Materials ist doppelt so hoch wie die von Wasser, so lange im Temperaturbereich unter- und oberhalb des Schmelzpunktes gearbeitet wird. → Siehe Diagramm unten links

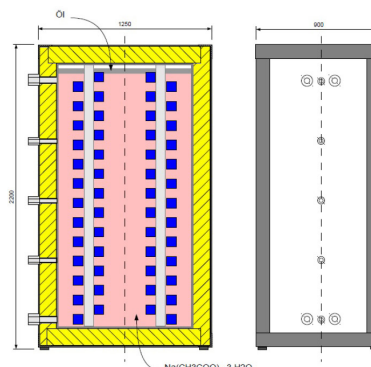
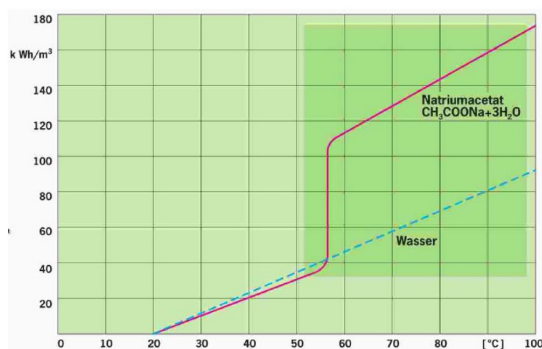


Abb. 8: Aufbau und Effizienzvergleich des PCM-Speichers

dieser als Sonnenschutz und kann einen Teil der auftretenden Sonnenenergie aufnehmen und an Tageszeiten ohne Sonneneinstrahlung wieder abgeben.

Da der Vorhang in der Nähe der Fassade bzw. Fenster angebracht ist und in modernen Gebäuden und Passivhäusern keine statischen Heizkörper in der Nähe der Fassade angebracht sind, unterstützt der PCM-Vorhang ein angenehmes Klima in dieser Zone. Zusammen mit einem außenliegenden Sonnenschutz gemäß ENEC (Balkonüberstand, Raffstore etc.) soll der Vorhang vor allem in den Übergangszeiten im Frühjahr mit flachem Sonnenstand in der Nähe der Fassade bzw. des Fensters zu einem zusätzlichen Komfortempfinden beitragen. Glas hat eine geringere Speichermasse als eine Massivwand. Mit dem Vorhang kann die Masse am Glas bei Erhaltung einer gewissen Transparenz erhöht werden.

Zusätzlicher Vorteil des PCM-Vorhangs gegenüber einer PCM-Wand ist, dass dieser frei hängt ohne durch Möbel verstellt zu werden. Die Masse des auf dem Vorhangstoff aufgetragenen PCM ist im Gegensatz zu massiven oder gefüllten Baustoffen zwar gering, dafür ist mit einer beid-

seitigen Aufbringung sowie einer Wellung des Vorhangs (ca. 1,5- bis 2-fache Fensteroberfläche) eine große Oberfläche möglich. Diese kann direkt von der Sonne oder der Luft der kontrollierten Raumlüftung bedeckt und somit voll be- und entladen werden. Somit können Temperaturspitzen ausgeglichen und in der Nähe der Fenster ein gesteigertes Behaglichkeitsgefühl erzeugt werden.

Der nötige Anteil des PCM in den Vorhängen wurde in Labortests durch die Firma Outlast ermittelt. Die angefertigten Vorhänge werden beidseitig mit PCM bedruckt. Der weiße Grundstoff aus 100 Prozent PES Trevira CS (geprüft auf Schadstoffe nach Oeko-Tex Standard 100, Gewicht ca. 200 Gramm pro Quadratmeter) wird einseitig grün bedruckt und danach in einem Punktraster beidseitig mit insgesamt mind. 130 Gramm pro Quadratmeter paraffingebundenem PCM bedruckt und oberflächenbeschichtet.

Während einer zweijährigen Monitoringphase durch die TU Braunschweig werden auch Messungen im Bereich der Vorhänge vorgenommen um Ergebnisse bzgl. der Anwendung zur erhalten. Hier soll der Einfluss des Nutzerverhaltens auf



Abb. 9: PCM-Vorhänge im Erdgeschoss

die Effizienz und die Akzeptanz des Vorhangs bei den Nutzern überprüft werden.

Durch die kurzzeitig in der Vorhängen gespeicherte latente Wärme in der Nähe von Glasfassaden im Süden, Osten und Westen können höhere Behaglichkeitswerte in der Nähe von großformatigen Fensterflächen erreicht und die Strahlungskälte verringert werden. Größere Fensterflächen mit intensiver thermischer Intensität im Süden ermöglichen höhere Wärmegewinne im Jahresgang. Somit soll eine hohe Transparenz der Fassaden im Wohnungsbau und deren Akzeptanz bei den Nutzern möglich sein.

## 2. Mittelzeitspeicher: PCM-Speicher als zentraler Speicher der Wärmeversorgung

Überschüssige Energie der Solarthermie wird in

einem Heizungsspeicher (PCM-Tank) gespeichert. Durch den Einsatz von PCM kann das Volumen des Speichers im Vergleich zu einem konventionellen Speicher halbiert werden (siehe Abbildung 8). Die Energie wird auf dem benötigten Temperaturniveau für den Betrieb der Fußbodenheizung gespeichert, eine Mischung zum Erreichen der gewünschten Vorlauftemperatur ist nicht erforderlich. Im Zuge der weiterer Forschung soll die Effizienz gesteigert werden. Eine effizientere Wärmeübertragung wird angestrebt.

Die Solarthermiemodule werden als Vakuum-Röhrenkollektoren in der Attika bzw. auf den Dachflächen installiert. Die Kollektoren auf dem Dach werden in einem Aufstellwinkel von 15° montiert. Die Kollektoren der Attika-Anlage werden in einem Winkel von 90 Grad am Attikagelän-

Tabelle 1: Speichermaße PCM-Wärmespeicher ( FLEXSAVE MONO PCM)

Außenmaße	Länge	1250	mm
	Breite	900	mm
	Höhe	2200	mm
<b>Außenvolumen</b>		<b>2,475</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Innenraum	Länge	970	mm
	Breite	620	mm
	Höhe	1,940	mm
<b>Innenvolumen</b>		<b>1,167</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Wellrohr	DN25	130	m
	Oberfläche	22,62	m <sup>2</sup>
	Volumen	83,72	dm <sup>3</sup>
	Trägervolumen	18,06	dm <sup>3</sup>
<b>Füllvolumen</b>		<b>1,00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Speicherdichte (20 - 90 °C)		159	kWh/m <sup>3</sup>
Anzahl Speicher		2	
<b>Speicherkapazität Gesamtsystem</b>		<b>319,53</b>	<b>kWh</b>
Dämmung	PU-Hartschaum		
Dämmstärke		120	mm
	Wärmeleitfähigkeit	0,027	W/(m K)
Anschluss	Anzahl	4	-
	Maß	1	"IG
Tauchhülse	Anzahl	5	-
	Maß	1/2	"IG

der installiert. Die Anlage erzeugt eine Leistung von ca. 75kW.

Diese Leistung produziert in den Sommermonaten eine große Wärmemenge, die in drei Warmwasserspeichern gespeichert wird. Durch die hohe Vorlauftemperatur, die durch die Solarthermie erzeugt wird, ist es nötig, dass der PCM-Speicher ebenfalls für diese hohen Temperaturen ausgelegt sein muss. Dadurch wird ein Stillstand der Solarthermie-Anlage und somit ein Ertragsverlust verhindert. Der Speicher der Firma FSAVE ist für diese hohen Temperaturen von Solarthermie-Anlagen ausgelegt und ermöglicht eine individuelle Anpassung an die Einbausituation. Die Speicher - es sind zwei hydraulisch verkoppelte Speicher von jeweils einem Kubikmeter - bestehen aus aussteifenden und hochgedämmten Kunststoffbehältern. Das hochkorrosive Speichermedium - ein Salzhydrat - ließ eine Verwendung von Metall als Speicher nicht zu. Daher wird das Material in den zwei kubischen Kunststoffbehältern vorgehalten.

Die erzeugte Wärmeenergie wird in der Technikzentrale je nach Bedarfsfall auf die Wärmespeicher der drei Verbraucher (Trinkwassererwärmung, Fußbodenheizung und Fernwärmerückspeisung) aufgeteilt. Die Verteilung der Energiemengen erfolgt über die hausinterne Gebäudeautomation. Der Hauptteil der erzeugten Wärmeenergie soll im Gebäude für die Heizung sowie die Warmwasserbereitung verwendet werden.

Die Fußbodenheizung wird über den PCM-Speicher mit Wärmeenergie versorgt. Gespeist wird



Abb. 10: Dünnschicht Solarkollektoren

dieser Speicher primär über die Solarthermie-Anlage sowie im Bedarfsfall über die Nahwärme des Energieverbunds Wilhelmsburg. Außerhalb der Heizperiode dient der PCM-Speicher der Vorwärmung des Trinkkaltwassers. Die maximale Betriebstemperatur beträgt 85°C.

Als PCM-Material kommt technisch reines Natriumacetat-Trihydrat mit einem Schmelzpunkt von 58°C zum Einsatz. Das Material hat eine Haltbarkeit von mehr als 15 Jahren. Der Speicher besteht aus zwei in Kaskade geschalteten Speichern. Dies hat den Vorteil, dass bei den kleineren Speichern auf einen stabilisierenden Außenrahmen verzichtet werden kann, der das Speichervolumen verringern würde. Die Speicher besitzen ein nutzbares Innenvolumen von insgesamt 2 m<sup>3</sup>. Das Außenvolumen beträgt 4,95 m<sup>3</sup>. Die Speicherkapazität beträgt bei einer Durchschnittstemperatur von 60K (20-80°C) 280 kWh. Im Vergleich liegt der Wert mit Wasser bei 140 kWh.

### 3. Langzeitspeicher (Saisonal): Energieverbund Wilhelmsburg Mitte

Ist der Mittelzeitspeicher im Gebäude geladen, so kann die überschüssige Wärme in den Energieverbund Wilhelmsburg Mitte eingespeist und direkt von anderen Nutzern oder zu anderen Nutzungszeiten gebraucht werden. Ist der haus-eigene Speicher entladen, kann die benötigte Wärme aus dem Nahwärmenetz bezogen werden. Dazu wird die Wärme aus den PCM-Speichern über einen Wärmetauscher in einen Pufferspeicher überführt und von dort an die Übergabestation des Nahwärmenetzes weitergeleitet bzw. in umgekehrter Reihenfolge bei Abnahme aus dem Nahwärmenetz.

#### Dünnschicht Solarkollektoren an Südfassade

Für den Fassadeneinsatz wurden PV-Elemente verwendet, die auf der Dünnschichttechnologie basieren, da sie sich besonders hierfür eignen: Vorteil dieser Technik ist die bessere Leistungsausbeute bei nicht optimalen Lichtverhältnissen und die ansprechende Optik. Die Kollektoren sind nicht nur technische Notwendigkeit, son-



Abb. 11: Vakuumröhrenkollektoren in der Attika

dern gleichzeitig auch Gestaltungselement der Fassade. Ziel ist es, 20 Prozent des durch PV im Gebäude erzeugten Stroms selbst zu verwenden und die restlichen 80 Prozent ins Verteilnetz einzuspeisen. Mit einer Gesamtleistung von 3.500kWh/a werden also 700 kWh/a selbst genutzt, was den gesamten Anlagenstrom abdecken kann (siehe Kapitel B.3, S.18).

#### Gebäudeautomation

Das enge Zusammenspiel der technischen Komponenten zur Energiegewinnung und -speicherung bedarf einer guten Abstimmung. Die Energie kann nur bedingt wie bei einem konventionellen Gebäude auf Abruf durch einen Wärmeerzeuger bereitgestellt werden. Dies wird erst mit einer durchdachten Regelungstechnik möglich, die permanent die möglichen Energiequellen und Energieverbraucher überwacht und diese optimal ausnutzt. Die Besonderheit liegt nicht in der technischen Ausführung der Komponenten der Gebäudeautomation sondern im Regelungskonzept. Um die einzelnen Teile der Energieerzeugung an der Außenhaut des Gebäudes und der Energienutzung im Gebäude intelligent aufeinander abzustimmen und die Effizienz zu erhöhen ist eine zentrale Gebäudeautomation erforderlich. Auch das effiziente Einspeisen in den und Abrufen der Energie aus dem Nahwärmeverbund ist nur mit Gebäudeautomation möglich.

Die Gebäudeautomation besteht aus einem frei programmierbaren, parametrierbaren Gebäudeautomationssystem. Es besteht aus einem oder verschiedenen DDC-Automationsstationen bzw. Reglern. Die Automationsstationen bzw. Regler

übernehmen im Neubau für die nachfolgenden Gewerke die Steuerungs-, Überwachungs-, Regelungs- und Managementaufgaben: Die Heizungstechnik, Raumlufttechnik (nur Zähleraufschaltung) und Solarthermie. Die Regelung und die anlageninternen Steuerabläufe erfolgen selbständig dezentral in der jeweiligen Automationsstation bzw. in den Reglern. Die Informationsschwerpunkte sind ortsnahe bei den aufzuschaltenden Anlagen an den Leistungsschaltgeräten platziert. Die Vorrangbedienebene befindet sich in der Schaltschranktür (Touchscreenbildschirm). Alarmer und Störungen werden an den Eingangsmodulen mit LEDs angezeigt. Der Zugriff auf Programme etc. ist über das integrierte Display oder über einen Wartungs- und Bedienlaptop möglich. Er wird über einen Stecker an die Automationsstation bzw. den Regler angeschlossen.

#### Der Grünvorhang in Kombination mit dem Wärmeschutz für das Gebäude als Teil der Fassade

Zur Beschattung sind in die Fassade neben den PV-Elementen der Brüstungen vertikale Gärten integriert. Im Sommer bieten die mit Kletterhortensien bewachsenen Rankgitter als belaubte Grünvorhänge Sonnenschutz und filtern die Sonneneinstrahlung. Gleichzeitig wird über das natürliche Gestaltungselement der Fassade CO<sub>2</sub> gebunden. Durch die Verdunstungskühle der Pflanzen wird das Mikroklima um das Haus positiv beeinflusst. Das Grün der vertikalen Gärten (Kletterhortensien) dient als Gestaltungsmittel, das sich mit den Jahreszeiten verändert, und jahreszeitgebundener Sonnenschutz: Für die Sommersonne geschlossen, für die Wintersonne offen. Baulich handelt es sich um ein elementiertes System. Die vorgezogenen Kletterhortensien



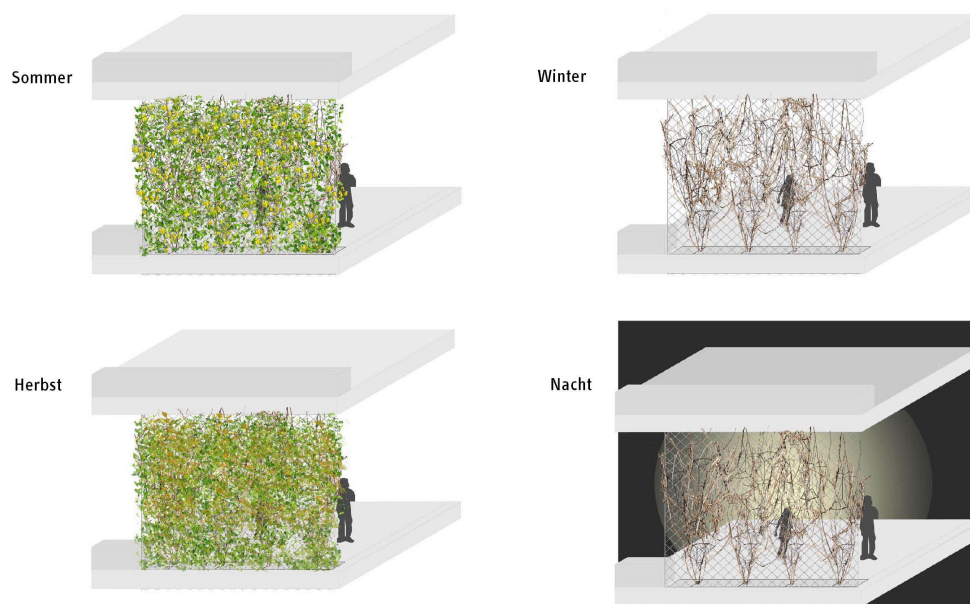


Abb. 12: Funktion der Grünvorhänge

werden in die vorgefertigten Trogelemente in die Fassade eingehängt. Die Bewässerung erfolgt konventionell über das Niederschlagswasser, die Düngung automatisch. Die Südfassade thematisiert über ihre Gestaltungselemente Grün, Photovoltaik, Solarthermie und Vorhänge nicht nur die Energiegewinnung sondern zeigt über die dynamischen Komponenten der Energiegewinnung und des Sonnenschutzes die klimatischen Abhängigkeiten im Jahresverlauf auf.

## B.3 Haustechnisches Konzept

Der überschlägig ermittelte Gebäudewärmebedarf gemäß Passivhausrichtlinien beträgt 19.250 kWh/a oder 12 kWh/m<sup>2</sup>a. Vorrangig wird das Gebäude über die ST-Anlage geheizt. Die zweite, bei unzureichender Wärmeerzeugung genutzte Wärmequelle, ist das Nahwärmenetz Energieverbund Wilhelmsburg Mitte. Die hierfür benötigte Wärme wird in zwei PCM-Speichern mit zwei Kubikmetern Inhalt bereitgehalten. Der PCM-Speicher wird als Latentwärmespeicher mit Salzhydrat betrieben. Die solaren Gewinne aus den Solarthermieanlagen (integriert in die Fassaden (Attikabereich) und die Dachflächen) werden diesem Speicher zugeführt. Die Solaranlagen werden über Vakuum-Röhrenkollektoren in den Attikabrüstungen in den Fassadenaufbau sowie auf den verbleibenden Dachflächen ebenfalls mittels Röhrenkollektor oder Flachkollektoren integriert.

Dem PCM-Tank wird mittels Wärmetauscher die Wärme für die Raumheizung entzogen. Die Fußbodenheizung wird mit einer Systemtemperatur von 35/25 °C ausgelegt. Im Falle eines solaren Überschusses wird die Energie in das Nahwärmenetz eingespeist. Zudem wird die dauerhafte Wärmeversorgung v.a. in langen Kälteperioden über das Nahwärmenetz sichergestellt. Über das Nahwärmenetz bezieht das Haus regenerative Energie.

Das Gebäude verfügt über eine PV-Anlage, die in die Brüstungselemente der Balkone auf der Südseite architektonisch integriert wurde. Zudem ist eine optionale Integration von PV in den vorgehängten Fassadenelementen auf den Ost- und Westseiten möglich. Das Ziel den kompletten energetischen Anlagenbedarf über die PV-Module zu erzeugen, den Haushaltsstrom zu decken und ggf. noch zwei Elektroautos mit Ladestrom zu versorgen kann somit erreicht werden. Bilanzziell wird über die Möglichkeiten der Einspeisung ein Null-Energie-Haus erreicht, was bedeutet, dass fast alle benötigte Energie des Hauses auch von diesem erzeugt wird.

Das Haus erhält zudem eine Lüftungsanlage, deren Abluft zur Vorwärmung der Frischluft genutzt wird und vom Rest der Haustechnik unabhängig ist. Pro Wohnung gibt es jeweils eine separate Lüftungsanlage. Diese versorgt die Wohnungen mit dem hygienischen Mindestluftwechsel. Diese Form der Wärmerückgewinnung erzielt einen Wärmebereitstellungsgrad von 91 Prozent bei einer elektrischen Leistungsaufnahme der Luftförderung von 0,31 Wh/m<sup>2</sup> (sehr guter Passivhausstandard). Die Zuluft wird abgesehen von dem Abtaubetrieb nicht konditioniert.

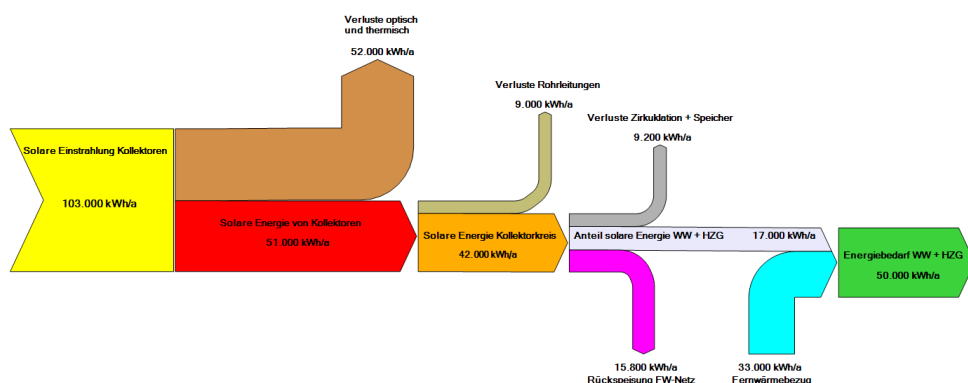


Abb. 13: Energieflussdiagramm Smart ist Grün

Das haustechnische Konzept ist eng mit dem erweiterten Verkehrskonzept verknüpft. Das Gebäudekonzept wurde um ein individuelles Nahverkehrskonzept ergänzt: So befinden sich im Fahrradraum im Erdgeschoss Ladestationen für E-Bikes. Diese werden durch die am Haus gewonnene Energie gespeist. Ebenso ist auf dem Grundstück eine Ladestation für PKW untergebracht. Hier stehen auch zwei Elektroautos bereit, die für alle Bewohner des Hauses nutzbar sind. Bei der Anlage handelt es sich um einen von der SPARDA Bank initiierten und finanzierten DENA-Modellversuch, die selbsterzeugte Energie auch vollständig selbst zu nutzen und unter Umständen die Autobatterien ebenfalls als Speicher für die gewonnene Energie zu nutzen.



Abb. 15: Haustechnikzentrale

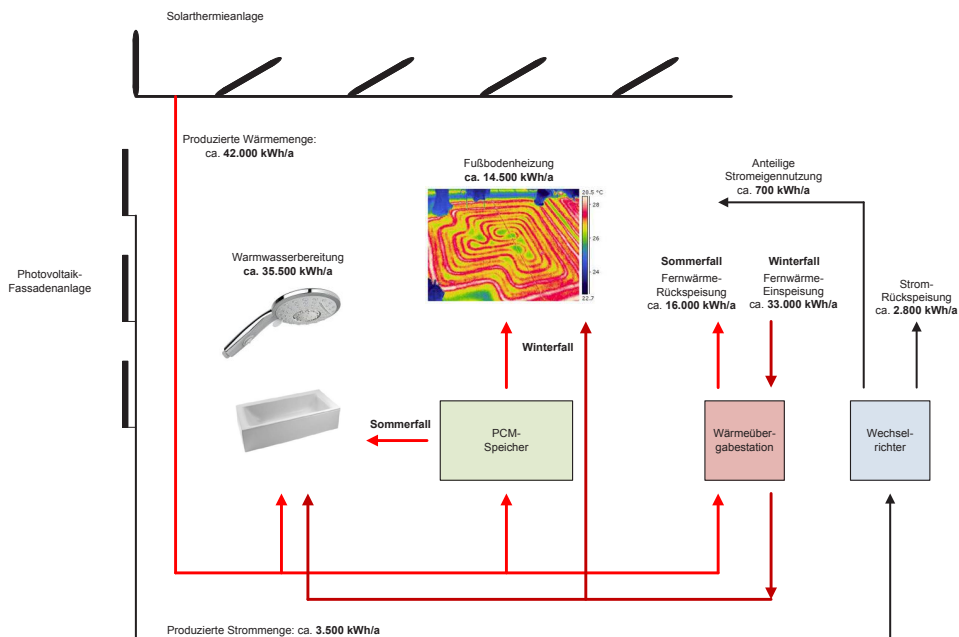


Abb. 14: Schema Technikkonzept Smart ist Grün

## B.4 Planungsprozess

In der ersten Stufe des Mitte 2009 gestarteten dreistufigen Wettbewerbs wurde durch das Planungsteam aus Architekten, Haustechnikern und Landschaftsplanern ein Konzept entwickelt, das „Energieernte und Energiespeicherung“ zum Gestaltprinzip für das Haus erhob. In einer zweiten Stufe wurden die Ideen der ausgewählten Teams weiter ausformuliert. So wurde an allen Fassaden und auf dem Dach die Möglichkeit der Energieernte und -Speicherung (durch PV-Kollektoren und PCM) vorgesehen und weitestgehend gestalterisch in das Gebäude integriert. Parallel wurde ein intelligentes Konzept der inneren Erschließung entwickelt, das anpassungsfähige Wohnungen ermöglichen sollte.



Abb. 16: Ansicht aus dem Wettbewerb

In einem dritten Schritt wurden Investoren für die prämierten Konzepte der zweiten Phase gesucht und schließlich in der Behrendt Wohnungsbau KG (GmbH+Co.) und der Sparda Immobilien GmbH gefunden. Die Umsetzung, die im März 2013 ihren Abschluss gefunden hat, enthält diverse Änderungen gegenüber dem Wettbewerb. Diese Entwicklung vom Entwurf zur Ausführungsplanung und damit dem fertigen Gebäude liegt größtenteils an technischen Änderungen und in geringerem Maße an architektonischen Anpassungen.

Durch den Entfall des Höhensprunges in jeder zweiten Geschossebene sind die Wohnungen flexibler aufteilbar - im Sinne der Anpassungen in einem Generationszyklus - geworden. Somit sind nun auch alle Wohnungen barrierefrei, was in dem ursprünglichen Entwurf nicht gegeben



Abb. 17: Treppenhaus im Smart ist Grün

war und daher den Zielen des Mehrgenerationenwohnens entgegenstand. Auch wurde die Anzahl der Wohneinheiten pro Etage von vier auf drei gesenkt, um eine Unterteilbarkeit jeweils zwei großer Wohneinheiten pro Geschoss - im Zuge einer erhöhten Flexibilität - sicherzustellen.

Durch eine Reduktion von einem Vierspänner zu einem Dreispänner konnte das Treppenhaus an die Fassade gelegt werden. Dadurch bekommen die einzelnen Wohnungen eine größere Fläche, was zu einem familienorientierteren Wohnen führt. Außerdem war es dadurch möglich, ohne Brandschutzmaßnahmen eine großzügige und frei möblierbare Eingangs- und Aufenthaltsfläche im Eingang zu situieren.

Die im ursprünglichen Entwurf vorgesehenen gewerblichen EG-Flächen haben sich sowohl baurechtlich als auch im Vertrieb als nicht umsetzbar herausgestellt. Dafür wurden die ursprünglich auf dem Dach geplanten Spielflächen in das Erdgeschoss integriert, da ein verstärkter Ausbau von



Abb. 18: Baustelle, Sommer 2012

Solarthermie neben den Photovoltaikanlagen zur Sicherung des Energiekonzepts benötigt wurde. Aufgrund der technischen Gegebenheiten und Entwicklungen sind die Flächen für die Energiegewinnung im Laufe der Planung umverteilt worden. Im Rahmen der Weiterentwicklung des haustechnischen Konzepts in der Zusammenarbeit mit Firmen erwies sich die Anordnung von Solarthermie in den Brüstungen der Balkone als nicht sinnvoll. Der hohe Installationsaufwand mit den großen Leitungslängen ließ sich an dieser Stelle nicht mit der gewünschten Energieeffizienz (Leistungsverluste) und den gestalterischen Ansprüchen vereinbaren. Zudem ergaben die zu erwartenden hohen Temperaturen ein Verletzungsrisiko in den nutzbaren Außenbereichen der Wohnungen. Diese Erkenntnisse führten zu einem Tausch dieser Flächen mit der leichter zu integrierenden Photovoltaik. Die Photovoltaik wird nun zwischen den Grünelementen in der Balkonzone auf der Süd-, Ost- und Westseite eingesetzt. Die Idee alle sonnenzugewandten Fassaden mit PV-Modulen zu besetzen ließ sich aus technischen Gründen (Konvektionsgrößen der Module) sowie aus Gründen einer sehr eingeschränkten Effizienz bei gleichzeitig hohen Kosten nicht vertreten. Daher ließen sich die angestrebten 7.000kWh/a nicht erreichen, sodass jetzt etwa 3.500 kWh/a erreicht werden. Bei Fortschreiten der technischen Entwicklung, vor allem der Effizienzsteigerung, sind die Ost- und Westfassade mit Photovoltaik-Anlagen nachrüstbar.

Da die Dachflächen für eine vollständige Warmwasser- sowie Anlagenstromversorgung nicht ausreichend waren, wurde dem Entwurf die

Attika hinzugefügt. Die Solarthermie in Form von optisch ansprechenden Röhrenkollektoren befindet sich im sichtbaren Attikabereich oberhalb der Balkone und ergänzend auf der Dachfläche.

Die bei aufgeladenem PCM-Speicher nicht mehr nutzbare, überschüssige Energie wird nicht wie im Wettbewerbsentwurf in einer Erdsonde gespeichert sondern dem Energieverbund Wilhelmsburg Mitte zur Verfügung gestellt. Im Gegenzug erhält das Gebäude in Zeiten der Unterversorgung mit eigener Energie Wärme aus dem Energieverbund. Es muss dazu gesagt werden, dass die Solarthermie-Flächen für das Gebäude und seine Bedarfe überdimensioniert sind. Durch den Anschluss an das vorhandene Nahwärmenetz lässt sich überschüssige Energie virtuell zwischenspeichern und bei Bedarf bilanziell neutral wieder entnehmen.

Bei Smart ist Grün wurde - was die Energiegewinnung angeht - mit den neusten Technologien geplant. Eine Herausforderung stellte die Integration der Photovoltaik und der Solarthermie in das Fassadenkonzept des Gebäudes dar. Durch die Krise am Herstellermarkt für Photovoltaik haben sich individuelle Gestaltungsmöglichkeiten stark eingeschränkt (Konvektionsgrößen, Sondergrößen, Farbigekeit der Module). Im Bereich der PCM-Technologie konnte kein geeignetes Material gefunden werden, das in einen Speicher eingebracht werden konnte und für einen Temperaturbereich um die 40 Grad geeignet ist. Für die schließlich gewählte Variante des PCM mit der Möglichkeit auch hohe Temperaturen um die 80 Grad abbilden zu können war es schwierig einen Hersteller zu finden, der eine geeignete Speichertechnologie anbieten konnte: Die Kombination aus hohen Temperaturen und hoher Korrosivität des Salzhydrats. Fündig wurde man hier aber bei der Firma FSave, die ihre Aktivitäten sonst eher auf den Bereich des Energie- bzw. Wärmetransports ausgerichtet haben und die ausreichend Erfahrung im Bau von Kunststoffspeichern in Kombination mit Salzhydrat und hohen Temperaturen hat.

## B.5 Bewertung

Schwierigkeiten zeigten sich besonders beim PCM-Speicher, da es an geeigneten Herstellern hierfür fehlte. Die Technologie steckt noch in ihren Kinderschuhen und ist zwar in der Forschung bekannt in der Praxis jedoch bisher nicht.

Das Projekt hat auf Seiten der ausführenden Haustechnikingenieure zu einem Wissenszuwachs im Bereich PCM geführt. Das Thema war vorher noch unbekannt, sodass es für zukünftige Projekte auf der Agenda stünde. Die PCM-Technik ist bereits seit einiger Zeit in „aller Munde“ – es fehlt lediglich an praktischen Umsetzungserfahrungen mit diesem Material als Speicher. Bis jetzt wurde PCM eher in Baustoffen zur Wärmespeicherung verwendet – jedoch nicht als Ersatz für einen Wasserspeicher in einem Behälter.

PCM hat mit seiner doppelt so hohen Wärmespeicherung gegenüber Wassertanks den entscheidenden Vorteil der Platzersparnis, da die Wärmeübertragung einfacher zu bewerkstelligen ist. Während mit der zunehmenden Nutzung von Erneuerbaren Energien die Haustechnikflächen – besonders durch die Notwendigkeit der Energiespeicher – immer weiter anwachsen lassen, brauchen PCM-Speicher gegenüber herkömmlichen Speichermedien deutlich weniger Platz. Die zusätzlich zur Verfügung stehende Fläche lässt sich daher vermarkten. In dem Moment, in dem der Verkauf der gewonnenen Flächen mehr einbringt als die Zusatzkosten für den Einbau eines PCM-Speichers macht der Einsatz dieser Technologie auch großflächig Sinn.

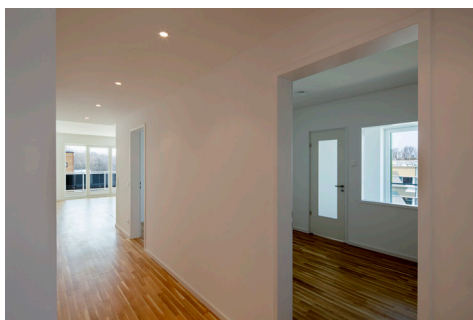


Abb. 19: Innenraumaufnahme 1. OG



Abb. 20: Westansicht, Mai 2013

Bei Smart ist Grün wurde dieser Platzvorteil entscheidend genutzt. Auf der anderen Seite muss man eingestehen, dass viele der eingesetzten Materialien in der freien Wirtschaft bei nicht geförderten Bauprojekten nicht in dem Maße verwendet worden wären. Oft sind die Kosten dem Nutzen noch nicht angemessen, da die gezeigten Technologien – PCM oder die PV-Anlagen an den Wänden – technologisch noch nicht so weit ausgereift sind, um angemessene Amortisationszeiten zu erreichen. Da Smart ist Grün jedoch die Möglichkeiten der Energiegewinnung und -speicherung aus verschiedenen, regenerativen Quellen im Modell zeigen will, ist dies unproblematisch, da es darum geht Erfahrungen bzgl. des Zusammenspiels der Materialien zu sammeln um diese in ihrer gezeigten Zusammensetzung massentauglich und auf andere Gebäudetypen übertragbar zu machen.

Trotzdem sind nicht alle Vorstellungen aus dem Wettbewerb unabhängig von ihrer Wirtschaftlichkeit umgesetzt worden. Vieles wurde eben aus finanziellen Gründen angepasst, sodass das Energiekonzept von einem Plusenergiehaus zu einem Nullenergiehaus verändert wurde. Ebenso gab es Schwierigkeiten bei der Ausführung des Technikkonzepts, da die verschiedenen ausführenden Parteien unterschiedliche Definitionen für das geplante Energiekonzept hatten – kurzum: Es fehlte erstens an Erfahrungen im Umgang mit den verwendeten Materialien und zweitens an Erfahrungen mit dem rein regenerativen Energiekonzept in seiner Gänze. Auf der adminis-



Abb. 21: Innenraum im 1. OG

trativen und politischen Ebene fehlt es oft noch an Wissen um den Umgang mit Smart Materials - das Umfeld scheint oft noch nicht bereit für die Verwendung innovativer Technologien abseits der herkömmlichen Bauweise.

Die Nutzung der Ost- und Westfassaden sind für PV-Anlagen in der Vertikalen nicht ideal, da nicht der optimale Wirkungsgrad erreicht werden kann. Aber es ging auch darum die Möglichkeiten gebäudeintegrierter PV aufzuzeigen. Hierbei sind insbesondere die Kosten ein kritischer Faktor - will man qualitativ hochwertige PV-Elemente mit ansprechender Optik, haben diese nach wie vor einen sehr hohen Preis. Aufgrund des geringen Wirkungsgrads entspricht der Amortisationszeitraum beinahe dem gesamten Gebäudezyklus. Hier bedarf es noch weiterer Forschung, bis PV-Anlagen als Gestaltungselement in der Fassade wirtschaftlich verwendbar sind. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der PV-Anlagen an der Fassade bedürfte es einer weiteren Anpassung der Architektur, die hier aber aufgrund der Lage des Baufelds und anderen Restriktionen unmöglich war.

Man braucht bei zunehmender regenerativer Energieversorgung zukünftig vermehrt Energiespeicher im Haus. Aber auch hierfür muss die Technik noch ausgereifter werden, da diese in vielen Fällen noch nicht wirklich wirtschaftlich verwendbar ist. Die Amortisationszeiträume sind noch zu hoch. Jedoch wird an der Speichertechnologie kein Weg vorbeiführen, sodass PCM ein



Abb. 22: Blick vom Balkon im 1. OG, Mai 2013

Ansatz zur Lösung des Speicherproblems bei fehlender Masse eines natürlichen Erdspeichers (z.B. Fels, Gestein) unter dem Gebäude sein kann. Der Haustechnikraum ist aufgrund von verschiedenen Auflagen mit 20 Quadratmetern noch recht gering dimensioniert, bedenkt man den hohen Platzbedarf, der sich durch die Nutzung von Solarthermie ergibt (Übergabestation, Auffangpuffer, Ausdehnungsgefäße) - diese geringe Größe wurde nur durch die Verwendung der PCM-Technologie möglich.

Das Haus zeigt mit dem allumfassenden Ansatz und der Nutzung von E-Mobilität, dezentraler Selbstversorgung sowie der Kopplung an eine zentrale Wärmeversorgung, wie dem Klimawandel im Wohnungsbau aktiv begegnet werden kann, indem das Wohnhaus nicht mehr als Energiesenke, sondern als eigenständiger Energieerzeuger und Speicher fungiert. Die Verknüpfung von Funktion und Form über Architektur und Statik, die eine flexible Raumnutzung möglich machen, sind hier beispielhaft für die Anforderungen des innerstädtischen Wohnungsbaus in den kommenden Jahren.

# Abbildungsnachweis

Titelbild:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 1:	Bernadette Grimmenstein / IBA Hamburg
Abb. 2:	Martin Kunze / IBA Hamburg
Abb. 3:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 4:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 5:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 6:	Martin Kunze / IBA Hamburg
Abb. 7:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 8:	PINCK Ingenieure Consulting GmbH, Hamburg
Abb. 9:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 10:	Martin Kunze / IBA Hamburg
Abb. 11:	Martin Kunze / IBA Hamburg
Abb. 12:	Burger Landschaftsarchitekten, München
Abb. 13:	PINCK Ingenieure Consulting GmbH, Hamburg
Abb. 14:	PINCK Ingenieure Consulting GmbH, Hamburg
Abb. 15:	Bernadette Grimmenstein / IBA Hamburg
Abb. 16:	IBA Hamburg
Abb. 17:	zillerplus Architekten und Stadtplaner, München
Abb. 18:	Martin Kunze / IBA Hamburg
Abb. 19:	Bernadette Grimmenstein / IBA Hamburg
Abb. 20:	Martin Kunze / IBA Hamburg
Abb. 21:	Bernadette Grimmenstein / IBA Hamburg
Abb. 22:	Bernadette Grimmenstein / IBA Hamburg