

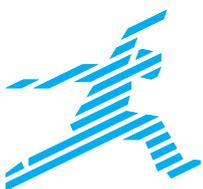


Hamburg voraus

INTERNATIONALE BAUAUSSTELLUNG HAMBURG

Smart Material House BIQ

Mai 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
info@iba-hamburg.de

Datum:

Mai 2013

Projektkoordination:

Hubert Lakenbrink

Konzeption und Gestaltung:

IBA Hamburg GmbH,
Jens-Phillip Petersen

Texte und Redaktion:

IBA Hamburg GmbH
Christian Roedel, Jens-Phillip Petersen

Corporate Design:

feldmann+schultchen design studios,
www.fsdesign.de

Haftungsausschluss:

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen sind für die Allgemeinheit bestimmt; sie erheben weder Anspruch auf Vollständigkeit noch auf Richtigkeit. Sie dürfen nicht zur Beurteilung von Risiken von Anlage- oder sonstigen geschäftlichen Entscheidungen in Zusammenarbeit mit der IBA Hamburg oder Teilen davon verwendet werden.

Inhalt

4	A	EINFÜHRUNG
4	A.1	„SMART MATERIAL HOUSES“
6	A.2	PROJEKTSKIZZE BIQ
8	B	PROJEKTDDETAILS BIQ
8	B.1	ARCHITEKTONISCHES KONZEPT
12	B.2	SMART MATERIAL KONZEPT
16	B.3	HAUSTECHNISCHES KONZEPT
18	B.4	PLANUNGSPROZESS
20	B.5	BEWERTUNG
22		ABBILDUNGSNACHWEIS

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 Glaselementen von Fassaden Mikroalgen gezüchtet werden, die durch Photosynthese und Solarthermie, also die Umwandlung von Sonnen- in Wärmeenergie, Biomasse und Wärme produzieren. Die Fassade selbst 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 intelligenten 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 nun 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 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 oder in seiner unmittelbaren Umgebung des Gebäudes 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“ BIQ 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 dieses ist, neben innovativen Endprodukten, ein Stück weit Ziel einer Bauausstellung: Bauweisen und Verfahrensprozesse 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 BIQ 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“ 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 das BIQ liegt im Besonderen auf dem Energiekonzept, dem Bioreaktor sowie dem „Wohnen on demand“-Konzept.

A.2 Projektskizze BIQ

BESONDERHEITEN

- Weltweit erste Gebäudefassade aus Photobiokollektoren
- Neuartiges Wohnkonzept: „Wohnen on demand“
- Das Gebäude kann auf wechselnde Bedürfnisse seiner Nutzer und seiner Umgebung reagieren



Abb. 1: Ansicht BIQ Nord- und Westfassade



Abb. 2: Ansicht BIQ Süd- und Westfassade

Das BIQ ist ein kubisches, fünfgeschossiges Passivhaus nach einem Entwurf des Architekturbüros SPLITTERWERK, Graz, mit zwei unterschiedlich gestalteten Fassaden. Im Südwesten und -osten wird dem Gebäude eine zweite, die Bioreaktorfassade, vorgestellt. Hier werden Algen gezüchtet - zur Energieerzeugung, aber auch zur Lichtsteuerung und Beschattung des Gebäudes. Durch das stetige Wachstum der Algen ist die Fassade ständig in Bewegung und verändert ihre Farbe.

Das BIQ beherbergt 15 Wohnungen, von denen einige nach dem Konzept schaltbarer Räume - Wohnen on demand - angelegt sind, indem Funktionen wechselnd oder gleichzeitig zu einer 'neutralen' Zone dazu geschaltet werden. Die Funktionen der Wohnung, wie z.B. Bad, Küche, Schlafen, befinden sich in Einbaumöbeln, die innerhalb des neutralen Raumes verteilt stehen oder um diesen herum organisiert werden. Der zeitliche Wohnablauf, das wechselnde Programm des Alltags prägen so das Erscheinungsbild der Wohnung.

PROJEKTPARTNER

Idee, Konzept und Urheberschaft

- SPLITTERWERK, Label für Bildende Kunst, Graz
- Arup Deutschland GmbH, Berlin
- B+G Ingenieure, Bollinger und Grohmann GmbH, Frankfurt
- Immosolar GmbH, Hamburg
- Strategic Science Consult GmbH, Hamburg

Investor

- Otto Wulff Bauunternehmung
- Strategic Science Consult GmbH, Hamburg



Sponsoren

- Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG, Weil am Rhein
- Colt International GmbH, Kleve
- ME-LE Energietechnik GmbH, Torgelow
- BGT Bischoff Glastechnik AG, Bretten
- Arup Deutschland GmbH

Technische Planung

- Arup Deutschland GmbH, Berlin
- sprenger von der lippe
- Technisches Büro der Otto Wulff Bauunternehmung GmbH
- Feyerabend + Gunder GmbH, Goslar

Entwicklung Fassadensystem:

- Arup Deutschland GmbH, Berlin
- Strategic Science Consult GmbH, Hamburg
- Colt International GmbH, Kleve
- Gefördert von Forschungsinitiative „ZukunftBau“

Weitere Projektpartner

- Hamburg Energie GmbH, Hamburg
- Immosolar GmbH, Hamburg

PROJEKTDATEN

Projektkosten

- ca. 5 Mio. Euro (gefördert aus dem Hamburger Klimaschutzkonzept)

Grundstücksgröße

- 839 m²

Bruttogeschossfläche

- ca. 1.600 m²

Größe der Nutzungseinheiten

- ca. 50 bis 120 m²

Energiestandard

- Passivhaus

Energieversorgung

- Bioreaktorfassade, Geothermie mit Wärmepumpe, Energieverbund Wilhelmsburg Mitte

Bauzeit

- Dezember 2011 - April 2013

B Projektdetails BIQ

B.1 Architektonisches Konzept

Das BIQ ist ein kubischer Massivbau aus Mauerwerk und Beton. Das Gebäude ist viergeschossig mit Staffelgeschoss. Der Vierspänner mit 14 Geschosswohnungen, sowie einer Maisonette-wohnung, wird von Norden hin zur Gebäudemitte erschlossen. Die Nebenräume und der für die Öffentlichkeit von außen zugängliche Haustechnikraum sind im Erdgeschoss angeordnet.

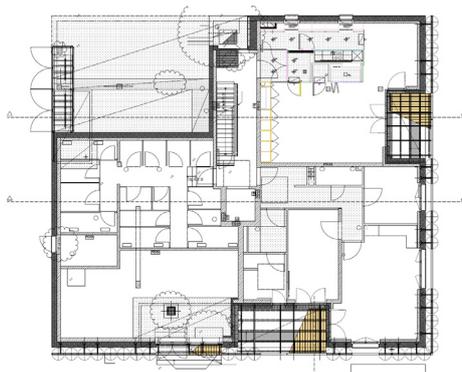


Abb. 3: Grundriss EG

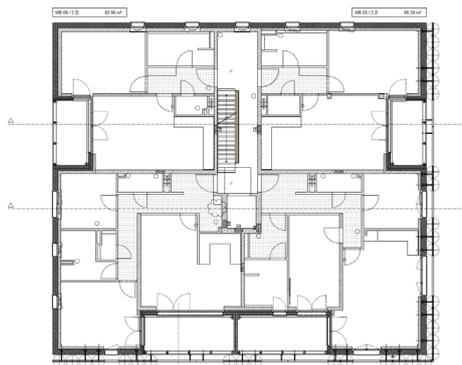


Abb. 4: Grundriss 1.OG

Zwei Wohnungen, davon eine Maisonettewohnung, werden mit einem besonderen Wohnraumkonzept versehen: Es gibt keine durchgängige und explizite Funktionszuordnung zu einzelnen Räumen, lediglich eine grobe Zuordnung von möglichen Funktionen, die bei Bedarf zugeschaltet werden können. Die Räume können verschiedene Funktionen erfüllen - durch Einbaumöbel, die jeweils dem Raum als funktionales Element zugeschaltet werden. Bleiben alle Funktionen

in den Einbaumöbeln verborgen, die die Wände komplett füllen, bleibt der funktionsneutrale, rekonfigurierbare Raum bestehen. Selbst die Fensterflächen können durch innenliegende Fensterläden oder Schiebewände verschlossen werden.

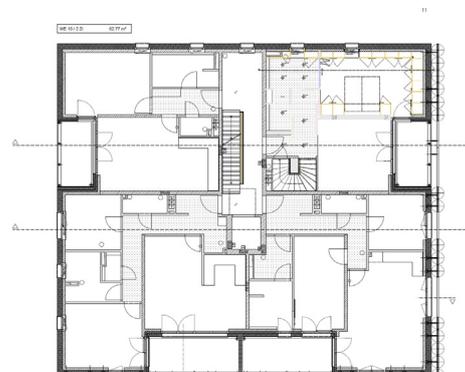


Abb. 5: Grundriss 2.OG

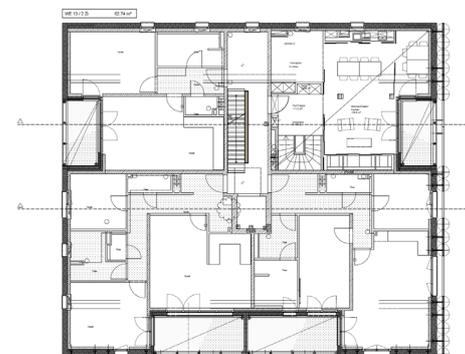


Abb. 6: Grundriss 3.OG

Diese neuen Grundrisstypologien können als Antwort auf zeitgemäße Anforderungen an Wohnungen gelten. Der fließende Raum von Mies van der Rohe, der offene Grundriss von Frank Lloyd Wright, der Raumplan von Adolf Loos, aber auch die Ökonomie der Frankfurter Küche sind Beispiele für das architektonische Konzept der schaltbaren Räume. Die zeitgemäße Weiterentwicklung dieses Konzepts findet in der Hamburger sowie Mailänder Wohnung statt. Nicht Räume werden miteinander verschaltet oder verschränkt, sondern Funktionen wechselnd oder gleichzeitig - on demand - zu einer räumlich minimierten 'neut-

ralen' Zone dazugeschaltet und wieder weggeschaltet. Der Grundriss ist je nach Anforderungen immer wieder rekonfigurierbar. Dabei werden den funktionsneutralen Zonen - genannt „Lagune“, „Frühstück im Freien“, „Unsichtbare Städte“ und „Grauzone“ - unterschiedliche Funktionszonen des Wohnens zugeordnet.

Sowohl die funktionsneutralen Zonen als auch die Funktionszonen sind in unterschiedlichsten Farben - jedoch pro Funktion immer unisono - in einem „All-over“ gestaltet. Dazu werden Fußböden, Wände und Decken mit Epoxidharz bzw. anderen geeigneten Materialkomponenten hochwertig beschichtet.

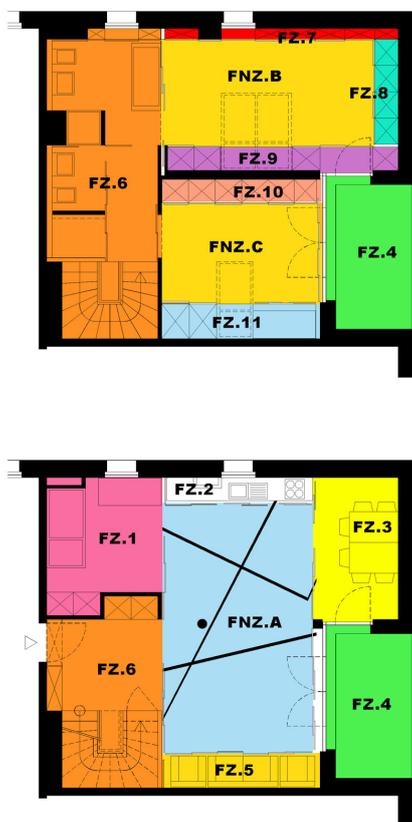


Abb. 7: Funktionsschema Mailänder Wohnung

Die Inneneinrichtung erfolgt mit ganz einfachen, neutralen und zurückhaltenden Möbeln, die auch in den jeweiligen Farben der Funktionszonen gehalten sind und somit Idee und Konzept der beiden Grundrisstypologien in der Ästhetik gleich eines Schemas unterstützen. Accessoires wie Zeichnungen, Drucke und kleinere Objekte aus dem Archiv von SPLITTERWERK verleihen letztendlich der Mailänder und der Hamburger Wohnung die besondere und wohnliche Atmosphäre, die nicht nur für die Ausstellung im Rahmen der IBA vonnöten ist, sondern die sich auch an den Wünschen späterer Bewohner dieser Wohnungen im BIQ orientieren.

Dies erfolgt durch Einbaumöbel, in denen Funktionen der Wohnung, wie z.B. Bad, Küche, Schlafen, platziert sind. Der zeitliche Ablauf der Nutzung der Wohnung durch den Nutzer prägt das Erscheinungsbild der Wohnung. In der Gestaltung der Oberflächen durch Farben und Materialien wird zudem in Funktionszonen und funktionsneutrale Zonen unterschieden. Es erfolgt keine Differenzierung zwischen Boden, Wand oder Decke, der Raum ist das bestimmende Element. Die funktionsneutralen Zonen haben eine eigenständige Gestaltung, ebenso wie die jeweiligen zugeschalteten Funktionszonen, die sich untereinander wiederum in ihrer Gestaltung unterscheiden. Durch das Zusammenspiel von Nutzerverhalten, Einbauelementen und besonderer Beschichtung der Oberflächen werden neue Raumeindrücke und funktionale Beziehungen möglich. Im Vergleich zur Moderne wird so kein Raumkonzept der fließenden Räume sondern der schaltbaren Räume - on demand - erzielt. Das Nutzerverhalten bestimmt die Architektur des Innenraums.

Zentrales Element ist die Gestaltung der Oberflächen der Räume: So werden in der Hamburger Wohnung die Oberflächen des Raumes, Böden, Decken und Wände in Felder aufgeteilt, die in unterschiedlichen Grautönen gestaltet sind. Die zuschaltbaren Funktionszonen erhalten eine jeweils eigene Farbgestaltung.



Abb. 8: Hamburger Wohnung

In der Mailänder Wohnung werden die Oberflächen von zwei der drei Räume der Wohnung an den Wänden mit Fototapeten belegt: Panorama einer Dachlandschaft „Die unsichtbaren Städte“ und einer Waldkulisse „Frühstück im Freien“. Der Nutzer befindet sich bei geschlossenem Zustand aller Oberflächen in einer Art zweiten räumlichen Wirklichkeit. Decken und Böden sind farbig gestaltet. Die zuschaltbaren Funktionszonen erhalten eine jeweils eigene Farbgestaltung. Der dritte Raum „Lagune“ ist einheitlich in Blau gehalten. Auf die Oberflächen ist durch schwarze und im Dunkeln fluoreszierende Linien eine Scheinperspektive aufgezeichnet, die die Begrenzungen des Raumes perspektivisch verschiebt. Auch hier erhalten die zuschaltbaren Funktionszonen eine jeweils eigene Farbgestaltung.

Die hochgedämmte Fassade des Gebäudes hat neben der Haus- sowie energietechnischen Bedeutung (siehe Kapitel B.3, S.16) eine sich den Jahreszeiten anpassende Optik. Das zweischichtige Fassadensystem besteht in der ersten, inneren Ebene aus einem Wärme-Dämmverputz-System

mit grün durchgefärbtem mineralischen Putz. Die zweite, äußere Ebene ist thermisch entkoppelt und als eigenständige Bioreaktorfassade an der Süd-Ost sowie Süd-West-Seite der ersten Ebene vorangestellt. Durch die saisonal unterschiedliche Färbung der Bioreaktoren - je nach Aktivität verändert sich die Transparenz und somit der Lichteinfall durch die Fassadenelemente - und aufsteigende Luftblasen durch den ständigen Umwälzungsprozess in den Bioreaktoren ergibt sich ein dynamisches Erscheinungsbild, das sich immerwährend verändert (siehe Kapitel B.2, S.12).

Großzügige Loggien auf der Südseite des Hauses bieten den Bewohnern einen freien Blick ins Grüne und die Möglichkeit, das Naturkraftwerk Algenfassade aus nächster Nähe zu betrachten.

Aber auch die Besucher können den Algen, und damit der energetischen Masse, beim Wachsen zusehen. Durch das Grün der Fassade kann man erkennen, dass die Algen Kohlendioxid abbauen und durch Photosynthese verarbeiten. Die regenerative Energieproduktion ist nach außen



Abb. 9: Mailänder Wohnung

hin sichtbar und Teil des architektonischen Konzeptes.

Das Thema Energieproduktion verändert somit täglich das architektonische Erscheinungsbild des Hauses. Teil der Dynamik ist die Regelungstechnik, die sich hinter den Bioreaktoren befindet, farbig symbolisiert durch die rot-weißen Streifen. Den beiden dynamischen sonnenseitigen Fassaden stehen die beiden schattenseitigen Fassaden in grün gefärbtem Putz gegenüber. Diese Fassadenseiten mit gleichmäßigen kleinen Fensteröffnungen beziehen ihre eigene Dynamik aus den aufgetragenen Sprechblasen, die den Prozess der Algenproduktion auf den Sonnenseiten visuell und kommunikativ überhöhen. Das Staffelgeschoss wird als eigenständiges Bauteil farblich und gestalterisch nochmals unterschiedlich behandelt und vom übrigen Baukörper abgesetzt.

B.2 Smart Material Konzept

Eine Fassade kann weit mehr sein als ein ästhetisches oder energetisches Gebäudekleid. Vielmehr können Fassaden zukünftig multifunktionale Aufgaben übernehmen. Mithilfe intelligenter Technologien kann das BIQ über die eigene Hülle Energie erzeugen, speichern und selbst nutzen. Daher befinden sich die verwendeten Smart Materials beim BIQ an der Fassade. Dies umfasst insbesondere Komponenten der Bioreaktorfassade, deren Aufbau und Funktion in der Folge erläutert wird.

Bioreaktorfassade

Die Bioreaktorfassade an der Süd-Ost- und Süd-West-Seite des Gebäudes dient der Produktion von Biomasse und Wärme. Die Bioreaktorfassade besteht aus 129 Reaktormodulen, sogenannte Photobioreaktoren (PBR) mit einer Größe von 70 cm Breite, 270 cm Höhe sowie 8 cm Dicke, die in Gruppen angeordnet sind. Montiert sind die PBR auf ein Stahlgerüst, das gleichzeitig zur Leitungsführung genutzt wird. Die PBR sind mit Wasser (Kulturmedium) gefüllt, in ihnen werden Mikroalgen kultiviert. Als Nährstoff wird dem Kulturmedium CO_2 zugesetzt, wofür Rauchgas aus einem biogasbetriebenen Mikro BHKW genutzt wird. Das CO_2 wandelt die Algen in ihrem Wachstumsprozess zu Biomasse um.

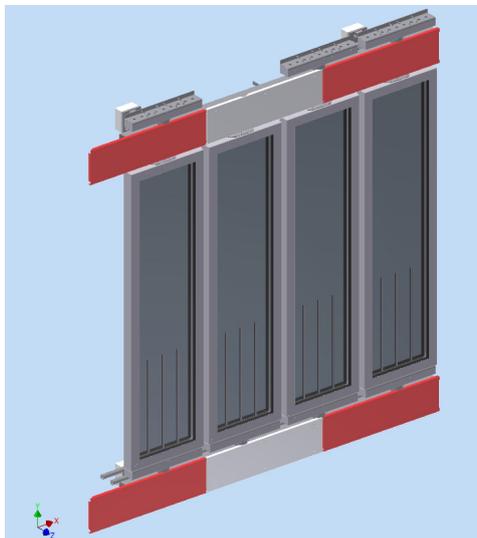


Abb. 10: Visualisierung Fassadenelement vorne

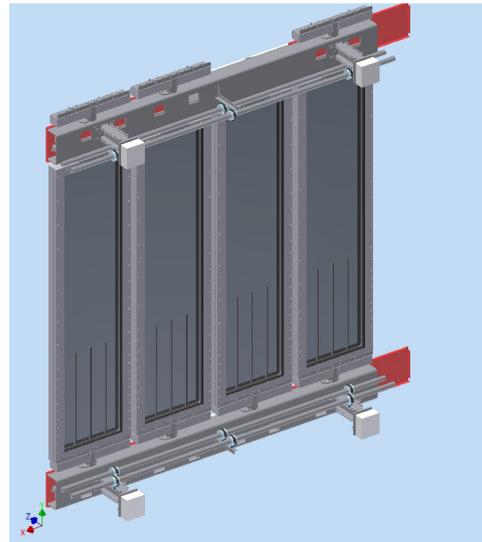


Abb. 11: Visualisierung Fassadenelement hinten

Der PBR stellt ohne Träger einen 1,7 cm breiten, plattenförmigen Hohlkörper aus lichtdurchlässigem, klarem Glas (Verbund-Sicherheitsglas (VSG), beidseitig) dar, der mit einer wässrigen Lösung (dem sogenannten Kulturmedium) gefüllt ist. In dem Kulturmedium sind die zum Algenwachstum notwendigen Nährsalze enthalten. Damit die Mikroalgen nicht absinken und in Schwebelage bleiben, wird das Kultivierungsmedium durch die Zuleitung von Druckluft in den PBR kontinuierlich durchmischt (durch einen sogenannten Airlift). Die hohen Strömungsgeschwindigkeiten an den Innenflächen des Bioreaktors und im Reaktor eingeschlossene gitterartige Kugeln (Scrapper) unterbinden das Absetzen der Mikroalgen und Biofäule. Dazu wird CO_2 als Nährstoff kontinuierlich hinzu geführt.

Zum Betrieb werden die Bioreaktoren in Reihe geschaltet, sodass das Kulturmedium durch alle Bioreaktoren zirkuliert. Über den Lichteinfall können sich die Reaktoren tagsüber bis auf eine Temperatur von $35\text{ }^\circ\text{C}$ aufheizen. Sie entsprechen damit in ihrer Funktionsweise solarthermischen Absorbern. Der Wasserkreislauf wird über die Haustechnikzentrale geführt, wo an zentraler Stelle Biomasse (durch Abfilterung) und Wärme

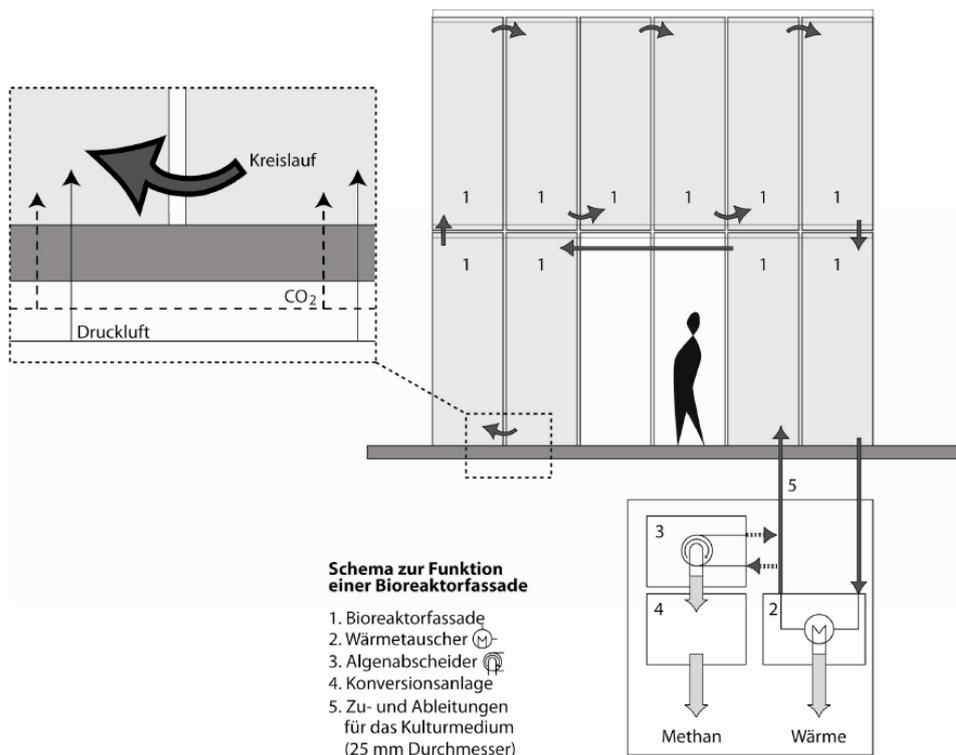


Abb. 12: Funktion der Bioreaktorfassade

(durch einen Wärmetauscher) entnommen wird. Die gewonnene Wärmeenergie wird in der Energiezentrale für verschiedene Nutzungen verteilt: Nutzung als Heizenergie, Vorwärmung des Warmwassers. Überschüssige Energie wird in Erdsonden gespeichert, aus denen die Energie bei Bedarf über die Wärmepumpen wieder entnommen wird. Die gewonnene Biomasse wird in der Energiezentrale ausgefiltert, gesammelt und in einer externen Biogasanlage zu Biogas konvertiert und der städtischen Energieversorgung zugeführt (s.u.). Gleichzeitig wird das BHKW benötigt, um Rauchgas als Nährstoff für die Bioreaktoren zu erzeugen. Die hierdurch entstehende Abwärme wird ebenfalls zur Warmwasserbereitung genutzt bzw. Überschüsse in das Nahwärmenetz des Energieverbundes eingespeist und im Bedarfsfall dem Nahwärmenetz wieder entnommen.

Betrieb der Bioreaktorfassade

Zur Kultivierung der Algen werden die PBR mit Pflanzennährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Spurenelemente) angereichertem Trinkwasser gefüllt. Die Nährstoffzusammensetzung in diesem Kulturmedium wird so gewählt bzw. variiert, dass darin ein optimales Algenwachstum erreicht werden kann. Um die Nährstoffkonzentration konstant zu halten, wird das Kulturmedium kontinuierlich in die PBR nachgeführt. Proportional zum zugegebenen Volumen an Kulturmedium fließt Algensuspension aus dem PBR ab. Über diesen Ablauf wird gleichzeitig die Ernte der Algen sichergestellt. Die für die Ernte notwendige Separation der Algen vom Kulturmedium erfolgt in einer eigens dafür zusammen mit der Firma AWAS International GmbH entwickelten Flotationsanlage.

Nach der Separation wird der Großteil des abgetrennten Kulturmediums in die PBR zurückgeführt. Nur ein geringer Teil des Kulturmediums wird aus dem System entfernt und über ein Entwässerungssystem in die öffentliche Kanalisation abgeführt. Beim Betrieb der Bioreaktorfasade wird angestrebt, die Entwässerungsmenge möglichst gering zu halten und die Kultivierung mit einer weitgehend geschlossenen Kreislauf-führung für Wasser und Nährstoffe und damit geringem Ressourceneinsatz durchzuführen. Die Versorgung der Algen mit CO₂ erfolgt über eine sogenannte Saturationsanlage, über die Rauchgas aus dem Mikro BHKW direkt in den Wasserkreislauf eingebracht wird und mit der das Maß der Bioaktivität und damit die Färbung der Reaktoren gesteuert werden kann. Der Einsatz des BHKW wird bedarfsgerecht zum gewünschten Algenwachstum gesteuert.

Für die Überwachung der Anlage wurde ein Messnetz etabliert, mit dem alle prozessrelevanten Parameter kontinuierlich überwacht werden können. Die Steuerung der Anlage erfolgt weitgehend vollautomatisch.

Funktionsweise der Algentechnologie: Umwandlung von Sonnenlicht in Biomasse

Mikroalgen sind winzige, ca. fünf Mikrometer (nm) große, meist einzellige Organismen. Wie andere Pflanzen nutzen Mikroalgen das Sonnenlicht als Energiequelle, um daraus zusammen mit CO₂ und den Nährstoffen Stickstoff sowie Phosphor die sogenannte Biomasse aufzubauen. Dieser Prozess heißt Photosynthese, er läuft in gleicher Weise bei allen Pflanzen in der Natur ab. Allerdings sind Mikroalgen wesentlich effizienter in der Umwandlung von Lichtenergie in Biomasse als mehrzellige Pflanzen, da sie einzellig sind und jede einzelne Zelle Photosynthese betreibt. Mikroalgen können sich bis zu einmal am Tag teilen und damit ihre Biomasse verdoppeln. Die Biomasse der Mikroalgen ist ein Energieträger. 1 Gramm trockene Biomasse enthält etwa 23 kJ Energie. Durch ständige Verwirbelung der Algen wird verhindert, dass sich die Algen bei zu großer

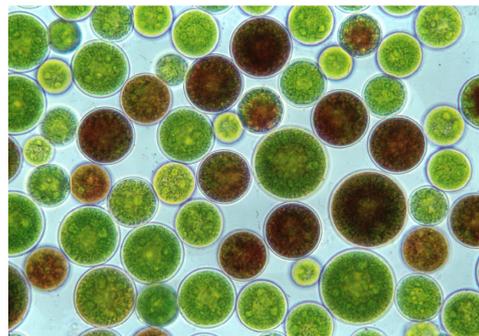


Abb. 13: Vergrößerung Mikroalgen



Abb. 14: Teilansicht eines Photobioreaktors

Sonneneinstrahlung dunkel verfärben und somit ein Verschattungsprozess der einzelnen Algen untereinander eintreten würde, was das Wachstum reduzieren würde. Diese Verwirbelung wird durch das kontinuierliche Einblasen von Druckluft in die PBR erzeugt.

Algenabscheider/Konversion

Die beim Wachstum der Algen entstehende Biomasse wird über einen Algenabscheider (die bereits genannte Flotationsanlage) automatisch geerntet und in einem temperierbaren Behälter gesammelt. Der Abtransport zu einer Biogasanlage und die Konversion der Biomasse zu Methan erfolgt etwa einmal wöchentlich. Die Konversion der Biomasse zu Methan erfolgt nicht vor Ort, da die dafür notwendige Anlagentechnik noch nicht für eine Anwendung im Wohngebäude ausgereift bzw. rechtlich schwierig ist, sondern extern in einer Biogasanlage.

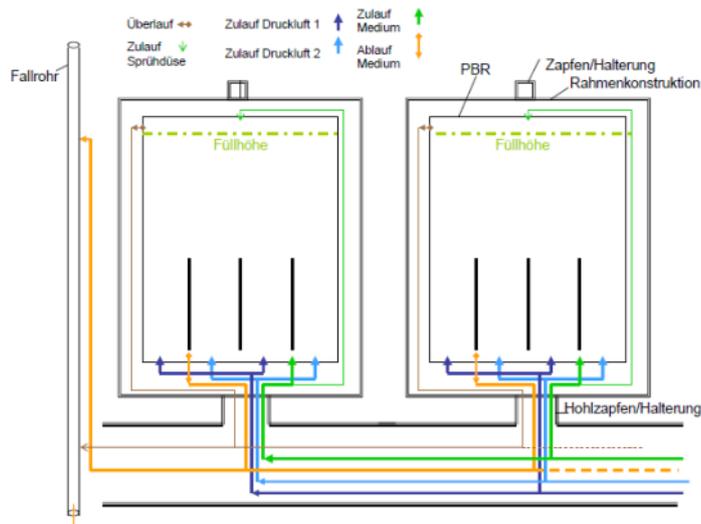


Abb. 15: Funktionsschema der PBR

Zu- und Ableitungen

Zur Versorgung der PBR werden zwei getrennte Leitungssysteme an der Fassade realisiert, ein Druckluftsystem und ein Wasserversorgungssystem:

1. Druckluftsystem (Luft mit einem Druck von ca. 2 Bar) für den Betrieb des Airlifts. Jeder Reaktor ist an dieses Druckluftsystem angeschlossen. Das periodische Einblasen der Luft alle 4 Sekunden wird über Magnetventile gesteuert, die wie die Wasserleitungen im Trägersystem der Fassade integriert sind.
2. Jeder Reaktor ist mit einer Zu- und Ablaufleitung an das Wasserversorgungssystem angeschlossen. Jedes Geschoss stellt einen eigenen Kreislauf dar. Die vier Kreisläufe werden in der Energiezentrale zusammengeführt.
3. Jedes Geschoss verfügt über eine Elektroverteilung zur Steuerung der Ventile des jeweiligen Regelkreislaufes. Die Elektroverteilungen der Geschosse werden in einer Hauptverteilung in der Energiezentrale zusammengeführt.

Bei den Medien-Leitungen handelt es sich um thermisch isolierte Edelstahlleitungen. Die Temperatur in den PBR wird im Sommer immer unter 40 °C und im Winter über 5 °C Grad gehalten.

Haustechnik / Energie-Management-Zentrale

Eine kontinuierliche Kultivierung mit minimalem Wartungsaufwand wird durch eine automatisierte Prozess- und Anlagenführung ermöglicht, die die Kultivierung der Alge mit deren Ernte und Verwertung koppelt. Die benötigte zusätzliche Haustechnik soll als „plug-in“ in standardisierte Haustechniklösungen integriert werden. Die Wasser- und -entsorgung der Bioreaktoren erfolgt direkt über das städtische Frisch- und Abwassersystem. Die für die Prozess- und Anlagenführung entwickelte Steuerungstechnik entspricht einem gängigen Standard für komplexe haustechnische Steuerungsanlagen und erfolgt im BIQ getrennt von der Steuerung der übrigen Haustechnik (Raumtemperierung, Regelung der Heizkreise, etc.).

Haustechnikzentrale

Die Wärme wird über Wärmetauscher abgeführt und anschließend gespeichert (Pufferspeicher oder Verbringung in die Erdsonden bzw. dem Energieverbund Wilhelmsburg Mitte) und/oder direkt für die Heizwärmeversorgung bzw. Warmwassererwärmung genutzt.

B.3 Haustechnisches Konzept

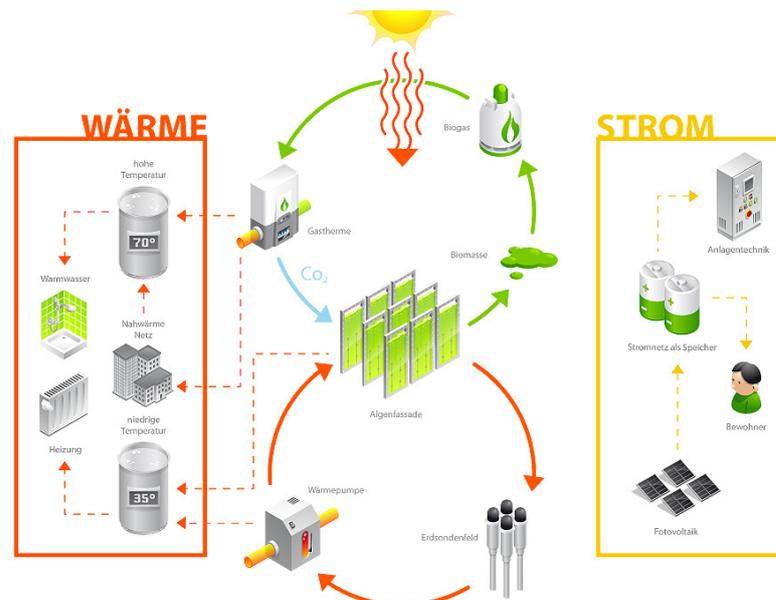


Abb. 16: Haustechnisches Konzept, Schaubild Energiezentrale BIO

Die Grundidee des Energiekonzepts ist die Verbindung verschiedener Energiequellen im Sinne gegenseitigen Zuarbeitens. Das Energiekonzept ist somit in der Lage Solarthermie, Geothermie, einen Brennwertkessel, Nahwärme und die Gewinnung von Biomasse an der Bioreaktorfassade zu einem Kreislauf zusammenzuführen.

Dabei ist der Wärmebedarf des Gebäudes ohnehin relativ niedrig, da das BIQ im Passivhausstandard ausgeführt wird. Ein Großteil der Wärme wird daher übersaisonal für die Warmwasserbereitung benötigt. Die Beheizung der Wohnräume erfolgt über Fußbodenheizungen.

Für die Wärmeversorgung werden mehrere Komponenten eingesetzt: Die Bioreaktorfassade, die das ganze Jahr über Wärme produziert, im Sommer jahreszeitlich bedingt jedoch ihre höchste Aktivität erreicht. Überschüssige Wärme wird durch Geothermie über Erdsonden in ca. 80m Tiefe gespeichert und in Phasen niedriger Wärmeerzeugung durch die Bioreaktoren abgerufen. Unterstützt wird dies durch die Abdeckung der Spitzenlasten über das Nahwärmenetz

Energieverbund Wilhelmsburg Mitte. Ergänzend ist die Lüftungsanlage mit einer Wärmerückgewinnungsfunktion ausgestattet.

Die oben bereits erwähnte Warmwasserversorgung wird erstens über das Mikro BHKW, das mit Biogas betrieben wird, gespeist. Das BHKW wird benötigt um Rauchgas zu erzeugen, das dann als Nährstoff in die Bioreaktorfassade eingeführt wird. Zweitens wird wie bei der Raumwärmerversorgung auch ein Teil der Warmwasserversorgung aus der Bioreaktorfassade und die Spitzenlasten drittens über den Energieverbund Wilhelmsburg Mitte abgedeckt.

Die verschiedenen Elemente der Energieerzeugung werden über einen zentralen Wärmetauscher (Energy Controller) für das Gebäude nutzbar gemacht und über die Haustechniksteuerung bedarfsgerecht und energieoptimiert zur Verfügung gestellt. Die Steuerung der Haustechnik erfolgt automatisch über ein Gebäudesteuerungssystem.

Eine Nutzung von Photovoltaik war ursprünglich

auf der extensiv begrünten Dachfläche vorgesehen. Hiervon wurde jedoch vorerst Abstand genommen. Trotzdem wären Photovoltaikmodule auf den Dachflächen des Gebäudes ohne weiteres bei Bedarf nachrüstbar. Bis dahin wird jedoch der gesamte Strom aus dem Verbundnetz bezogen. Der Fokus der Haustechnik liegt insbesondere auf den Bioreaktoren, die eine nicht unerhebliche Wärmemenge bereitstellen können, wie die folgende Leistungsübersicht zeigt:

Basisdaten pro m² Reaktorfläche

Produktion Biomasse	15 g TS/m ² /Tag (900 kg/a)
Produktion Energie in Biomasse	345 kJ/m ² /Tag
Produktion Biogas aus Biomasse	10,20 L Methan/m ² /Tag

Kennzahlen Energie für 200 m² Reaktorfläche bei 300 Tagen Produktion im Jahr

Biomethanproduktion	612 m ³ Methan/a
Energie in Methan	6.487 kWh/a
Verlust Energie (Hilfsstrom, etc.)	30 % der Produktion
Netto Energie als Methan	ca. 4541 kWh/a
Netto Energie aus Wärme	ca. 6000 kWh/a

Daraus ergibt sich die folgende, vorläufig erwartete Jahresenergiebilanz (die tatsächliche Energiebilanz wird aufgrund des Pilotcharakters der Bioreaktoren erst nach der Betrachtung einer gesamten Jahresnutzung bekannt sein):

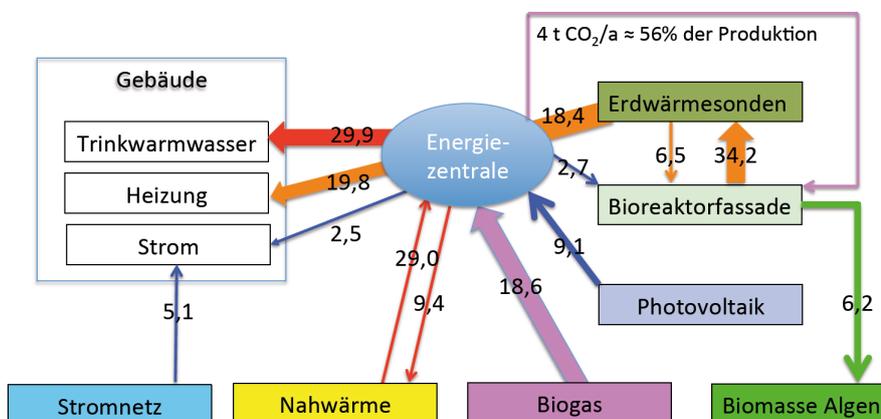


Abb. 17: Jahresbilanz Energieströme in MWh/Jahr

B.4 Planungsprozess

Im ersten Abschnitt des Ende 2009 gestarteten zweistufigen Wettbewerbs wurde durch ein Planungsteam aus Architekten und Fachplanern ein Konzept entwickelt, das ein Bündel von Vorschlägen für den Einsatz unterschiedlichster Baustoffe und Technologien für die Klimatisierung und Energieversorgung vorschlug. Schon damals wurde vom Preisgericht - trotz lobender Erwähnung - eine Umsetzung aller Technologien und Materialien des „Smart Treefrog“ aufgrund der Wirtschaftlichkeit ein Stück weit angezweifelt und eine Zuspitzung des Konzepts auf einen Kernbereich empfohlen. Das Konzept basierte auf einem mehrschaligen Gebäude mit einer Kernzone für das Wohnen und einen umlaufenden Bereich für Freiraumnutzung und Erschließung innerhalb einer gläsernen Fassade (nach dem Haus in Haus-Prinzip).

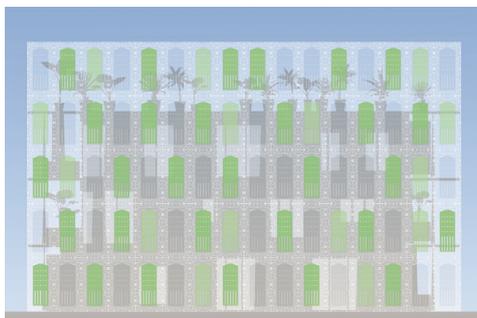


Abb. 18: Ansicht aus erster Wettbewerbsphase

In der Überarbeitung bis Ende 2010 wurde die ursprüngliche Konzeption des Haus im Haus-Prinzips aufgegeben, die energetische Zielsetzung des Projektes jedoch beibehalten: Die Errichtung eines energetisch unabhängigen Gebäudes beim Einsatz von Algen zur Energiegewinnung.

Die Umsetzung, die Ende April 2013 ihren Abschluss gefunden hat, enthält diverse Änderungen gegenüber dem Wettbewerb. Es erfolgte eine Konzentration auf die Bioreaktorfassade und die Realisierung einer ersten prototypischen Umsetzung an einem mehrgeschossigen Wohngebäude. Das Konzept des „Wohnen on demand“ wurde ebenfalls in den nun kompakteren Baukörper in Form einzelner Wohnungen transferiert.

Die größte Herausforderung während des Planungsprozesses stellte die Implementierung der Bioreaktorfassade dar. Die Grundidee einer lebendigen Fassade war aus gestalterischen Gesichtspunkten einfach umsetzbar - die technische Seite hingegen bis zuletzt unklar, da diese Technologie in dieser Form so noch nie verbaut worden ist. Zahlreiche Varianten wurden durchgespielt, Planänderungen erfolgten quasi wöchentlich, da die Lösung eines bestehenden Problems für die Integration der Bioreaktorfassade in die Haustechnik wieder neue Probleme aufwarf. Alleine der Planungsprozess der Bioreaktorfassade war aufwändiger als manch andere Gesamtgebäudeplanung und konnte nur unter großem zeitlichen und personellen Aufwand abgeschlossen werden.

Daher wurde auch die ursprünglich auf dem Dach vorgesehene Photovoltaikanlage aus Kostengründen fallengelassen - kann jedoch bei Bedarf noch nachgerüstet werden. Der Verwendung der Mikroalgentechnologie und der Implementierung im BIQ ist ebenso Entwicklungsarbeit und Erprobung während des Zeitraums der IBA Hamburg - jedoch unabhängig von ihr - vorausgegangen.

Die SSC GmbH führt seit Anfang 2008 umfangreiche Forschungsarbeiten zur Entwicklung von Verfahren und Anlagen zur großtechnischen Kultivierung von Mikroalgen durch. Mit Unterstützung der Stadt Hamburg und in Kooperation mit der E.on Hanse AG wurde dazu im August 2008 eine Pilotanlage in Hamburg Reitbrook in Betrieb genommen. An dieser Pilotanlage konnten in



Abb. 19: Montage der PBR, März 2013

Zusammenarbeit mit verschiedenen Hochschulen und Universitäten aus Norddeutschland im Rahmen des interdisziplinären F&E Projektes TERM (Technologien zur Erschließung der Ressource Mikroalgen) die Voraussetzungen geschaffen werden, damit die Mikroalgentechnologie im Fassadenbereich eingesetzt werden kann. Diese Voraussetzungen sind:

- Mikroalgen in Nordeuropa unter unterschiedlichen Licht- und Temperaturbedingungen ganzjährig (sommers wie winters) im Freiland kultivieren zu können
- Mittels neu entwickelter Reaktortechnologie hohe Zelldichten im Reaktor und damit hohe Produktionsraten zu erzielen (10-100 g Trockengewicht pro m² Reaktoroberfläche und Tag), wobei das eingestrahlte Licht mit einer Effizienz von 5-8 % in Algenbiomasse überführt wird
- Die Verhinderung des Bewuchses der Reaktoroberflächen (sog. Biofouling)
- Eine kontinuierliche Kultivierung mit minimalem Unterhaltsaufwand durch eine automatisierte Prozess- und Anlagenführung



Abb. 20: Testreaktoranlage in Hamburg

Seit November 2010 arbeiten die Firmen SSC GmbH, ARUP Deutschland GmbH und Colt International GmbH im Rahmen eines durch die Zukunft Bau (i.A. des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, BMVBS) geförderten Verbundprojektes an der Entwick-

lung eines Fassadensystems, das die kontrollierte Nutzung der Mikroalgentechnologie am Gebäude ermöglicht (sog. Bioreaktorfassaden). Ergebnis war die Entwicklung eines funktionsfähigen Reaktors, der als Fassadenelement eingesetzt werden konnte.



Abb. 21: Montage eines PBR-Elements, März 2013

Die Adaption und teilweise Weiterentwicklung des einzelnen Reaktors sowie seiner Integration in einen systemischen Ansatz für eine Fassadenkonstruktion erfolgte über das Projekt BIQ. Dazu gehören ein Trägersystem, ein Steuerungssystem und ein in die Haustechnik integriertes Energiemanagementsystem.

Die Konstruktion der gläsernen Bioreaktoren wurde durch eine Zustimmung im Einzelfall auf Grundlage der erfolgreichen Durchführung entsprechender Bauteilversuche bauordnungsrechtlich genehmigt. Letztendlich wurden alle notwendigen Schritte termingerecht absolviert und genehmigungsfähige Ergebnisse erzielt, sodass die Bioreaktorfassade in ihrer jetzigen Form Mitte März 2013 montiert werden konnte.

B.5 Bewertung

Das BIQ ist das weltweit erste Gebäude mit Bioreaktorfassade. Die Effizienz der Funktionsweise muss erst noch erwiesen werden - trotzdem ist es ein Modell für andere Neubauten, energetische Sanierungsmaßnahmen oder Siedlungsplanungen, da sich Bioreaktoren bei entsprechender Haustechnik ohne größere konstruktive Schwierigkeiten bauen lassen.

Das „Haus mit Biointelligenzquotient“ (BIQ) ist ein Pilotprojekt, eine Hausfassade zum Lernen. Die rund 200 Quadratmeter große Algenfassade kommt auf einen jährlichen Nettoenergieertrag von etwa 4.500 Kilowattstunden Strom. Das ist etwas mehr, als ein durchschnittlicher Haushalt im Jahr verbraucht (3.500 kWh/a). In dem Algenhaus entstehen 15 Wohnungen - nur eine von ihnen ließe sich also theoretisch mit Strom aus den Bioreaktoren komplett versorgen. Ein weitaus größerer Teil der Wohnungen lässt sich hingegen mit Wärme versorgen - und darum geht es bei der Nutzung der Bioreaktorfassaden die Erzeugung von Wärme (6000 kWh/a) und nicht von elektrischem Strom. Dies entspricht in etwa der Versorgung von vier Wohnungen mit Heizwärme, nur über die Bioreaktoren.



Abb. 22: Südfassade BIQ, April 2013

Die Zukunft der Energieversorgung scheint dezentral organisiert zu sein und von verschiedenen Energieträgern zu kommen. Hierzu leistet der Bioreaktor einen Beitrag, der durch die Nutzung von Erdwärme und anderen regenerativen Energiequellen über das Nahwärmenetz ergänzt wird. Die Bioreaktoren sind also ein weiterer Teil des Puzzles zur komplett regenerativen, dezentralen



Abb. 23: Ostfassade BIQ, April 2013

tralen Energieversorgung von Gebäuden. Wie dieses aussehen kann wird hier am BIQ deutlich.

Mit den Wohnungsgrundrissen der Mailänder sowie der Hamburger Wohnung eröffnet das Konzept grundsätzlich neue Perspektiven für das Wohnen im 21. Jahrhundert. Der Wechsel zwischen Kompaktheit und Vielseitigkeit erfordert jedoch vom Nutzer ein angepasstes Verhalten. Die maximale Gestaltung der Oberflächen lässt eher ein Kunstwerk entstehen, in das sich der Nutzer erst einfügen muss und mit dem er umgehen können - ihm etwas entgegensetzen können muss; als Nutzer muss man die reduzierten Möglichkeiten zu eigener individueller Gestaltung ertragen können.

Übertragen auf eine reduziertere Form der Gestaltung ermöglicht das Modell aber durchaus Perspektiven für ein Wohnen im 21. Jahrhundert, gerade in den Überlegungen, ob es nicht sinnvoller ist den Raum sehr kompakt über Einbauelemente zu nutzen und nicht zu viel Platz über maximalen Individualismus zu verbrauchen.

Das System der Bioreaktorfassade eignet sich für eine Vielzahl von verschiedenen Gebäudetypen. Ob Industrie und Gewerbebau, Gebäude der öffentlichen Infrastruktur, kommerzielle Bauten oder Wohnungsbau - aufgrund der Abkoppelung von der eigentlichen Fassade sind Bioreaktoren praktisch überall baubar. Da das Fassadensystem CO₂ und Rauchgas speichert, bietet sich die Integration in Hallen von Industrie und Gewerbe an,

um das bei Prozessketten anfallende CO₂ abzubauen. Zudem kann die Größenausdehnung der Fassaden- und Dachflächen industriell genutzter Flachbauten den wirtschaftlichen Betrieb von Bioreaktoren ermöglichen. Dabei kommt die Bioreaktorfassade nicht nur bei Neubauten, sondern insbesondere auch für das Retrofitting bestehender Konstruktionen in Betracht. In Verbindung mit Photovoltaik und einem BHKW auf Siedlungsebene wäre sogar langfristig die Ablösung von Solarthermie durch Bioreaktoren als Wärmelieferant denkbar. Bei der IBA Hamburg wurde 2013 mit der erstmaligen Verwendung der Grundstein für die weitere Entwicklung des Systems gelegt: Gestartet wurde auf Wohnhausbene, doch die größten Potentiale liegen wahrscheinlich im Bereich von großen Industrie-/Gewerbe- oder öffentlichen Gebäuden.

Eine Bewertung der genauen Energieerzeugung und Verbräuche ist noch nicht möglich und wird sich erst durch Erfahrungswerte zeigen. Die Firmen Arup Deutschland GmbH, SSC GmbH und Colt International GmbH werden gemeinsam mit der HafenCity Universität Hamburg ein 24-monatiges Monitoring der energetischen und technischen Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Erfassung der Nutzerakzeptanz durchführen, um eine gesicherte Datengrundlage zu erarbeiten und das Modellprojekt BIQ hinsichtlich der Algenfassade zu evaluieren.

Abbildungsnachweis

Titelbild:	IBA Hamburg GmbH / Johannes Arlt
Abb. 1:	IBA Hamburg GmbH / Martin Kunze
Abb. 2:	IBA Hamburg GmbH / Martin Kunze
Abb. 3:	Splitterwerk Architekten
Abb. 4:	Splitterwerk Architekten
Abb. 5:	Splitterwerk Architekten
Abb. 6:	Splitterwerk Architekten
Abb. 7:	Splitterwerk Architekten
Abb. 8:	Bernadette Grimmenstein
Abb. 9:	IBA Hamburg GmbH / Johannes Arlt
Abb. 10:	COLT GmbH
Abb. 11:	COLT GmbH
Abb. 12:	ARUP GmbH
Abb. 13:	SSC GmbH
Abb. 14:	IBA Hamburg GmbH / Johannes Arlt
Abb. 15:	ARUP GmbH
Abb. 16:	KOS Wulff Immobilien GmbH
Abb. 17:	IBA Hamburg GmbH
Abb. 18:	Splitterwerk Architekten
Abb. 19:	IBA Hamburg GmbH / Martin Kunze
Abb. 20:	SSC GmbH
Abb. 21:	IBA Hamburg GmbH / Martin Kunze
Abb. 22:	IBA Hamburg GmbH / Johannes Arlt
Abb. 23:	IBA Hamburg GmbH / Martin Kunze