

# Solar Decathlon Winner – Prototyp "Wohnen 2015"



Der 1. Preis des internationalen Wettbewerbs "Solar Decathlon" um das attraktivste und energieeffizienteste Solar-Haus ging 2007 nach Deutschland. Die Wettbewerbsvorgaben fordern vollständig energieautarke Gebäude und limitieren zudem die Grundfläche des Hauses auf 75 m<sup>2</sup>. Der Prototyp ist gespickt mit neuen Technologien und Konzepten: Vakuumdämmung (VIP), thermoaktive Bauteilsysteme mit Phase Change Materials (PCM), in die Fassade und das Dach integrierte Solarstromerzeugung (PV) und vieles mehr sorgen für Energieautonomie. Das Team der TU Darmstadt um den Architekten Prof. Manfred Hegger setzte sich in Washington D.C. gegen 19 Top-Universitäten aus den USA, Kanada und Spanien durch. Das High-Tech-Gebäude wird ab Juli 2008 auf dem Campus „Lichtwiese“ der TU Darmstadt aufgebaut und als EnBau-Modellprojekt im Alltagsbetrieb als Projektbüro auf Herz und Nieren geprüft und optimiert.



Der Prototyp – Visualisierung während der Planung  
© TU Darmstadt

## Gebäudesteckbrief

<b>Projektstatus</b>	 Gebaut
<b>Standort</b>	64287 Darmstadt, Hessen
<b>Baufertigstellung</b>	2007
<b>Inbetriebnahme</b>	2008
<b>Bauherr</b>	TU Darmstadt (+ Betreiber + Nutzer)
<b>Bruttogrundfläche</b>	72 m <sup>2</sup>
<b>Beheizte Nettogrundfläche</b>	50 m <sup>2</sup>
<b>Bruttorauminhalt</b>	182 m <sup>3</sup>
<b>Arbeitsplätze</b>	2
<b>Nutzfläche (nach EnEV)</b>	58 m <sup>2</sup>
<b>A/V</b>	1,15 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
<b>Schwerpunkte</b>	Wärmeschutz, Fassadensysteme, Verglasung + Fenster, Tageslichtplanung, Lüftung + WRG, Aktive Kühlung, Regenerative + passive Kühlung, Thermisch aktivierte Bauteilsysteme, Wärmepumpe, Wärme-/Kältespeicherung, Regelungstechnik, Betriebsführung, Gebäudeautomation, Solarthermie, Photovoltaik, Biomassenutzung, Baustoffökologie

## Projektbeschreibung

Im Rahmen des internationalen Wettbewerbs Solar Decathlon 2007 waren 20 Universitäten eingeladen, Wettbewerbsbeiträge einzureichen und in Washington aufzubauen, die alle Energie allein über die Sonne beziehen sollten. Die äußerst kompakten Wohngebäude wurden im Oktober in Washington ausgestellt. Das U.S. Energieministerium, das zu diesem Wettbewerb mit 10 Einzeldisziplinen geladen hatte, wollte mit dem Wettbewerb das schönste, funktionalste und zukunftsträchtigste Haus ermitteln. Dabei muss mit der in die Häuser integrierten Solartechnik alle nach heutigem (amerikanischen) Standard zum Leben notwendige Energie generiert werden – einschließlich der zum Betrieb eines Elektroautos notwendigen Elektrizität. Nach acht Tagen Wettbewerb ging schließlich das Team der TU Darmstadt als Sieger hervor.

Nach Rückkehr des Gebäudes aus den USA wurde es zunächst an verschiedenen Orten ausgestellt (DEUBAU, Essen und Robert Bosch GmbH, Stuttgart). Ab Juli 2008 wird das High-Tech-Gebäude auf dem Campus „Lichtwiese“ der TU Darmstadt aufgebaut und als Modellprojekt im Alltagsbetrieb als Projektbüro auf Herz und Nieren geprüft und optimiert.

## Gebäudekonzept

Der Entwurf basiert auf drei Grundideen. Dies ist zum einen das Prinzip der Schichtung: Der Grundriss in verschiedene Zonen unterteilt, die sich wie Zwiebelschalen um einen inneren Kern legen. Die unterschiedlich temperierten Schichten erlauben eine differenzierte Bespielung des Grundrisses je nach Jahreszeit (Sommer- und Winterhaus). Zweitens kommt das Plattformkonzept für Möbel und Technik zum Tragen, ähnlich wie es der Autobau vorgemacht hat: Ein doppelter Boden nimmt die haustechnischen Komponenten auf, die im

Plug-In-Verfahren in das Gesamtsystem eingefügt werden können. Ein Haustechnikraum ist nicht mehr notwendig. Der doppelte Boden dient auch als Stauraum für die Möbel, was entscheidend für das dritte Thema des Entwurfs ist: Es soll drittens ein ruhiger Raum geschaffen werden, der in seiner eigentlichen, reinen Form wahrgenommen werden kann. Die Raumnutzung bleibt so flexibel und ist in dem Sinne auch nachhaltig.

#### **Raumkonzept**

Die überbaute Grundfläche war ja durch die Wettbewerbsregeln limitiert auf etwa 75 m<sup>2</sup>. Im Wettbewerbsbeitrag der TU Darmstadt teilt ein Kern mit allen versorgenden und sanitären Nutzungen den 59 m<sup>2</sup> großen beheizten Innenraum in einen Wohn- und Arbeitsbereich im Westen und einen Ess- und Schlafbereich im Osten. Im Süden werden Ess- und Wohnbereich durch die flexible Küche räumlich verbunden.

Der Kern des Gebäudes beinhaltet die vertikalen technischen Installationen, das Bad und die Küche, sowie weiteren Stauraum und eine Garderobe. Im zusammengefahrenen Zustand ist das Bad ausreichend für die schnelle Körperpflege, die Küche nur als Singleküche nutzbar. Sind Wände bzw. Arbeitsplatte ausgefahren, ergibt sich jeweils ein großzügiger Raum für die entsprechende Nutzung. Das zuvor innen liegende Bad wird zum Tageslichtbad, und die Küche zum Raum für das gemeinsame Kochen.

#### **Fassade**

Die Fassade ist schlicht und zugleich anpassungsfähig. Mit den Lamellen, die eine stark horizontal geprägte Struktur haben und alle Seiten des Hauses bestimmen, soll eine lebendige und gleichzeitig homogene äußere Erscheinung entstehen. Nach Süden ist diese Lamellenebene von der Fassade abgelöst und definiert einen geschützten, aber unbeheizten Zwischenraum als Übergang zur Außenwelt.

#### **Konstruktion**

Um den Transportanforderungen gerecht zu werden, ist das Haus in moderner Holzbauweise konstruiert. Die modular aufgebaute Konstruktion ist eine Kombination aus Holzrahmenbau mit Sandwich- und Kastenelementen. Der Lastfall Transport wurde durch Stahlbauteile aufgenommen und von vornherein mit berücksichtigt und ästhetisch integriert.

Durch die Anwendung von Massivholz als sichtbare Konstruktion in Verbindung mit moderner Architekturästhetik soll die Leistungsfähigkeit und der Innovationsgrad von Holzwerkstoffen aufgezeigt werden. Der materialgerechte und innovative Einsatz nachwachsender bzw. lokal produzierter Baustoffe steht auch im Innenausbau im Vordergrund. Ästhetik, Behaglichkeit und Einfachheit der Anwendung sind Kriterien sowohl für das architekturintegrierte, als auch für die Auswahl des freistehenden Mobiliars.

#### **Innovation**

Das Gebäude wurde durch ein studentisches Team entworfen und gebaut. Um dem hohen Anspruch an Präzision gerecht zu werden, war zum einen eine detaillierte Planung und zum anderen die Unterstützung durch Know-How seitens innovativer Hersteller und durch Handwerksmeister wichtig.

Gemeinsam mit dem Hersteller der Fensterfassaden wurden die Details für die Vierfachverglasung und die mit Vakuumdämmung gefüllten Fassadenteile im Norden sowie für passivhaustaugliche Schiebefenster in der Südfassade entwickelt und realisiert.

Eine neue Lösung stellt die Bauteilintegration von Photovoltaik in die das Haus umgebende Holzlamellenschicht dar, die von Studierenden der TU Darmstadt in Kooperation mit der TU München und einem mittelständischen Fassadenbauunternehmen realisiert wurde.

#### **Energiekonzept**

##### **Gebäudetechnik – „Made in Germany“**

Mit dem Gebäudeprototypen soll demonstriert werden, dass extreme Energieeffizienz durchaus mit Ästhetik und Wohnkomfort vereinbar sind. Er ist überwiegend mit Materialien, Komponenten und Systemen aus Deutschland ausgestattet und mit deutschen Herstellern gebaut. Das Team möchte mit diesem Projekt auch die deutsche Herangehensweise an das Thema Energieeffizienz zeigen. Denn in diesem Punkt unterscheidet sich der Ansatz deutlich von dem der anderen Wettbewerbsteilnehmer: Die Taktik der meisten teilnehmenden US-Universitäten besteht darin möglichst viel Energie zu produzieren, um den Wohnraum mit Hilfe von herkömmlicher Technik zu kühlen und zu heizen. Im Gegensatz dazu legt der Wettbewerbsbeitrag aus Deutschland Wert darauf, den Energiebedarf soweit möglich zu reduzieren ohne auf Wohnkomfort verzichten zu müssen.

##### **Wärmeschutz und Temperierung**

Zunächst wird auf traditionelle Methoden der Temperierung gesetzt: Nutzung solarer und interner Gewinne im Winter, sommerlicher Wärmeschutz durch Verschattung, Querlüftung, thermische Speichermassen sowie eine dichte, sehr gut gedämmte Hülle. Die weitgehend transparente Nordfassade ermöglicht dabei eine optimale Ausleuchtung mit Tageslicht.

Zudem kommen High-Tech-Materialien zum Einsatz, wie zum Beispiel Vakuumisulationspaneele in Decken

und Wänden und thermische Speichermasse in Form von PCM (Phase Changing Materials) in Wänden und Decken, um Temperaturspitzen im Innenraum zu vermeiden.

Von vorneherein wurde überlegt, die Photovoltaik-Elemente und die Solarthermie-Kollektoren zugunsten der Ästhetik ins Flachdach zu integrieren. Bei der horizontalen Anordnung muss nur auf etwa 10% des Jahresertrages verzichtet werden. Um auch während des Wettbewerbs im Oktober 2007 bei relativ flach stehender Sonne ausreichend Strom zu gewinnen, wurden dafür zusätzlich die vertikalen Fassaden im Osten, Süden und Westen mit Photovoltaik belegt.

#### **Solarstrom**

Drei verschiedene Arten von Photovoltaik kommen zum Einsatz: Auf das opake Flachdach sind monokristalline Module angebracht mit hohem Wirkungsgrad und 8,4 kWp Leistung. Über der Veranda kommen ebenfalls monokristalline, perforierte Zellen zum Einsatz, die in ein mit einer innovativen Antireflexschicht versehenes Spezialglas eingebettet wurden. Die punktgelagerten Module übernehmen damit gleichzeitig Wetterschutz, Sonnenschutz und erzeugen ein spannendes Licht- und Schattenspiel. Die Holzlamellenfassade, prägendes Element des Hauses, das sowohl verschattet als auch Privatsphäre ermöglicht und Einbruchschutz bietet, ist mit amorphen Siliziummodulen bestückt mit etwa 2 kWp Leistung. Die Lamellen werden automatisch der Sonne nachgeführt oder im Norden und Süden per Knopfdruck in Ihrer Neigung verändert. Die Lamellentüren im Norden und Süden werden jedoch jeweils von Hand verschoben, geöffnet oder geschlossen. Der solar gewonnene Strom wurde im Wettbewerb in Batterien gespeichert. Ein Inselwechselrichter sorgt dabei für die intelligente Steuerung, wann Strom direkt verbraucht oder zunächst in der Batterie gespeichert bzw. von dort genommen wird. Nach der endgültigen Installation in Deutschland wird der Solarstrom ins Netz eingespeist.

#### **Solare Wärme**

Zwei Flachkollektoren sind über dem Kernbereich passend zwischen die PV-Module auf das Dach montiert. Sie erzeugen, in Kombination mit einem innovativen Kompaktlüftungsgerät das Warmwasser. Das Kompaktlüftungsgerät kann auf kleinstem Raum, mit einer reversibel betriebsfähigen Kompressionswärmepumpe in Kombination mit Wärmerückgewinnung, in einem Gerät sowohl lüften, heizen, kühlen als auch Warmwasser erzeugen.

#### **Licht**

Das „Licht“ ist eine eigene Disziplin im Wettbewerb Solar Decathlon. Dabei geht es sowohl um Licht als energetischen Faktor als auch um visuelle Behaglichkeit und Ästhetik. Im Rahmen des Wettbewerbs wurden daher sowohl durchgehende Messungen der Beleuchtungsstärke an verschiedenen Punkten im Gebäude vorgenommen, als auch die Tages- und Kunstlichtsituation subjektiv durch eine Jury bewertet.

Bewertungskriterien für die Jury sind dabei: Korrespondenz des Beleuchtungskonzepts mit verschiedenen Beleuchtungssituationen (Licht zum Sehen, Hinsehen, Ansehen), Architekturintegration, Farbwiedergabe, Innovation, Design der Leuchten, Energieverbrauch und Flexibilität, Unterscheidung zwischen Innen- und Außenraum, sinnvoller Einsatz eines Lichtkontrollsystems, Lichtstimmung, Kunstlicht. Zusätzlich wirkt sich die Auslegung des Lichtsystems direkt aus in der Disziplin „Energiebilanz“, da das Haus in den Abendstunden komplett beleuchtet sein musste.

Im Darmstädter Haus sind sämtliche Leuchten in die Architektur integriert – außer der Schreibtischlampe. Aus Plexiglas gebaute Regale werden dabei durch Kombination mit Leuchtdioden (LED) zu Leuchtobjekten. Bei der Auswahl der Leuchtmittel wurden sowohl Ästhetik und Angemessenheit als auch Energieverbrauch beachtet. Ergebnis ist eine Kombination aus LED, Halogen- und Kompaktleuchtstofflampen. Ein BUS-System ermöglicht dabei die Programmierung verschiedener Lichtszenarien und die intelligente Steuerung von Tageslicht und Kunstlicht.

Die transparente Nordfasse ermöglicht die Einhaltung der vorgegebenen Mindestbeleuchtungsstärke am Arbeitsplatz: 50ftc - 538 lx müssen dort an vier Tagen zwischen 9 und 17Uhr erreicht werden - während die Südfassade, je nach Sonneneinfall, teilweise oder ganz verschattet sein kann. Ebenfalls bewertet wurde das Beleuchtungskonzept im Außenraum: Hier wurden LED als Orientierungsleuchten und hinter Polycarbonatverkleidungen eingebaut und verliehen so dem umgebenden Deck einen schwebenden Charakter. Das Haus selbst leuchtet durch die feinen Schlitze in der Lamellenfassade von innen heraus und wird so zum Leuchtobjekt.

#### **Simulation und Modellierung**

Die Auslegung und das Zusammenspiel der Systeme wurde mit verschiedenen statischen und dynamischen Bilanzierungsmodellen berechnet. Im Wettbewerb waren diese Simulationen zusätzlich für die Strategie entscheidend, wie die verfügbare Energie jeweils optimal eingesetzt werden soll, um möglichst viele Wettbewerbskriterien einzuhalten.

#### **Performance**

Der Solar Decathlon Wettbewerb wurde nicht zuletzt aufgrund der großen Effizienz des Gebäudes und der

verwendeten Systeme gewonnen. Dies wird sichtbar, wenn man die Disziplin Energiebilanz (die neben uns 5 weitere Teams gewonnen haben) mit den Disziplinen Haushaltsgeräte, Licht und Behaglichkeit vergleicht. Neben dem Fakt, dass das Darmstädter Team während der ganzen Woche nie den ursprünglichen Batteriestand unterschritt, konnten einige der anderen "Energiebilanzgewinner" dieses Ergebnis nur durch Abschalten der Haustechnik, Haushaltsgeräte und Beleuchtung erzielen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Kategorie Licht erwähnenswert, die vom Darmstädter Team, nach dem 2. Platz in der Teilwertung des Tages- und Kunstlichtkonzeptes durch die Jury, aufgrund der guten Tageslichtqualität am Arbeitsplatz und dem Einsatz effizienter und Zweckgerechter Leuchtmittel (Energieverbrauch!) insgesamt gewonnen wurde.

Detaillierte Informationen hierzu im weiteren Projektverlauf.

### **Optimierungsmaßnahmen und –möglichkeiten**

Das Energiekonzept basiert auf dem optimierten Zusammenspiel passiver Maßnahmen und energieeffizienter, aktiver Systeme. Mit dem Monitoring sollen die Systeme im Dauerbetrieb optimiert werden hinsichtlich Energieverbrauchs und Komfort. Zudem kann auch eine Kalibrierung der im Vorfeld stattgefundenen Berechnungen erfolgen.

Ein weiterer Punkt der Optimierung wird die Lamellenfassade darstellen. Hier gilt es zu prüfen, ob der Energiegewinn durch die Nachführung den damit verbundenen Aufwand rechtfertigt.

Detaillierte Informationen hierzu im weiteren Projektverlauf.

### **Baukosten und Wirtschaftlichkeit**

Die Investitionen betragen ca. 550.000 Euro. Finanziert wurden die Kosten durch Industriesponsoring, durch Sachspenden sowie durch Forschungsfördermittel. Die vergleichsweise hohen Kosten von 10.000 €/m<sup>2</sup> beheizte BGF sind bedingt durch verschiedene Faktoren: die prototypische Entwicklung, eine extrem kleine Fläche, die Verwendung neuartiger Systeme und Materialien, die aufwändige Technik für Gebäudesteuerung und Monitoring, das wettbewerbsbedingte netzautarke Solarsystem und nicht zuletzt die wettbewerbsbedingt hochwertige Ausstattung.

Detaillierte Informationen hierzu im weiteren Projektverlauf.

### **Energiekennzahlen**

Energiekennzahlen nach EnEV (in kWh/m <sup>2</sup> a)	
Heizwärmebedarf	12,00

[!\[\]\(fe3aebe81acea8d45108cd2768939da7\_img.jpg\) Website der TU Darmstadt zum Wettbewerb und Gebäude](#)

[!\[\]\(626ce8ac21792b9405bfddfea8e0c96a\_img.jpg\) Website des Fachgebiets Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Fachbereich Architektur, TU Darmstadt](#)