Abschlussbericht

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

SOLAR DECATHLON 2009 | TEAM GERMANY

„Entwicklung, Bau und Wettbewerbsbetrieb eines energiegewinnenden Prototypen für zukunftsorientiertes Wohnen im Jahr 2015 im Rahmen des Solar Decathlon 2009“

Projektleitung: Prof. Manfred Hegger, Dipl.-Ing. Johanna Henrich, Dipl.-Ing. Jörg Wollenweber
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Johanna Henrich, Dipl.-Ing. Caroline Fafflok, Dipl.-Ing. Martin Zeumer

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. (AZ: SF – 10.08.18.7-09.13 / II 3 – F20-09-1-126) Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor“.

FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung 5

1.1. Aufgabenstellung 5

1.2. Ziele und Arbeitsprogramm 5

1.2.1. Ziele 5

1.3. Der Wettbewerb 7

1.3.1. Der „Solar Decathlon“ 7

2. surPLUShome: der Beitrag zum Solar Decathlon 2009 – Innovationen des Hauses 11

2.1. Architektur, Raum und Technik des surPLUShome 11

2.1.1. Architektonisches Konzept 11

2.1.2. Energetisches Konzept 16

2.1.3. Technisches Konzept 19

2.1.4. Fassade 23

2.1.5. Klimatisierung 28

2.1.6. Lichttechnik 36

3. Ökologisch, ökonomische und sozio-kulturelle Qualitäten 38

3.1. Ökologische Qualitäten: Energieeffizienz und Ressourcenschonung 38

3.2. Ökonomische Qualitäten: Wirtschaftlichkeit und Marktfähigkeit 42

3.3. Soziokulturelle Qualitäten: Architektonische und gesellschaftliche Nachhaltigkeit 46

4. Anwendungen 51

4.1.1. Nutzergruppen und Kosten 53

4.2. Leitfaden zum Bau eines surPlushome - Wohnhauses 55

4.2.1. Planungsgrundsätze 55

5. Konzept interdisziplinärer Forschung im Bereich energieeffizientes Bauen 60

5.1. Struktur des interdisziplinären Forschungsbereiches 61

5.1.1. Interdisziplinäre Teilprojekte 61

5.1.2. Interdisziplinäre Lehre am Solar Decathlon 64

6. Konzeption Öffentlichkeitsarbeit 67

6.1. Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation 67

6.2. Veranstaltungen und Projektevaluation 70

6.2.1. Nachhaltiges Bauen – Innovationen und Konzepte für zukunftsfähiges Bauen. 71

6.2.2. Sonniges Wohnen hat Zukunft. Essen zeigt solare Baukultur. 71

7. Ausblick 75

8. Anhang 76

8.1. Abbildungsverzeichnis 76

8.2. Literaturverzeichnis 76

8.3. Begriffserläuterung 77

1. Einführung

Der Klimawandel, der steigende Energieverbrauch und die zu Ende gehenden Ressourcen verlangen nicht nur beim Betrieb, sondern auch beim Bau von Gebäuden Aufmerksamkeit. Der Bausektor ist der Wirtschaftssektor, der weltweit die meisten Ressourcen verbraucht, so dass dem nachhaltigem Bauen ein besonders hoher Stellenwert eingeräumt werden muss. Nachhaltig Bauen bedeutet, den Flächenverbrauch zu reduzieren, den Energieverbrauch bei der Herstellung und den Energiebedarf im Betrieb zu minimieren, die Bedürfnisse kommender Generationen zu befriedigen, um eine möglichst lange Nutzungsdauer zu gewährleisten, sowie nachwachsende Rohstoffe für den Bau zu verwenden. Vor diesem Hintergrund wird seit 2002 der Solar Decathlon ausgelobt.

1.1. Aufgabenstellung

Bisher werden die Ziele der baulichen Nachhaltigkeit und der Effizienzsteigerung im Energie- und Materialeinsatz weitgehend innerhalb vorhandener Arbeitsgruppen verfolgt und weiterentwickelt. Im Rahmen eines Projektes wie dem Solar Decathlon kann es jedoch nicht allein darum gehen, Folgeaktivitäten an einzelnen Aspekten des Projektes unter dem Blickwinkel des jeweiligen Fachgebiets festzumachen. Der Erfolg, den die am Solar Decathlon 2007 beteiligten Fachgebiete Regenerative Energien und Entwerfen und Energieeffizientes Bauen der TU Darmstadt erarbeitet haben, zeigt sich besonders im Gewinn der Teilwettbewerbe *Engineering* und *Architecture*. Gerade in dieser Zusammenarbeit hat sich gezeigt, wie wichtig eine umfassende Zusammenarbeit für die Entwicklung des Projektes ist.

1.2. Ziele und Arbeitsprogramm

1.2.1. Ziele

Projektbezogene Themen können besetzt und sich bei trag- und wettbewerbsfähigen Konzepten zu eigenen, neuen Schwerpunkten entwickeln. Dies erhöht einerseits die Fokussierung auf das Projekt, zum anderen kann es durch Wettbewerb um tragfähige Strategien innerhalb der TU Darmstadt zur Zukunftssicherung im Bereich des Bauens und stadträumlicher Strukturen wichtige neue Erkenntnisse freisetzen.

Hierfür sind die Ziele für das Gebäude des Solar Decathlon 2009 durch das studentische Team genauer umrissen:

Die multifunktionale Nutzung in sub-urbanen Strukturen mit den Potenzialen:

- Anpassung an unterschiedliche Lebensmodelle
- Anpassung an neuartige Lebensbedarfe
- Chance auf Nachverdichtung
- Nutzungsmischung

Ein Sanierungskonzept mit den Ebenen:

- Anpassungsfähiges Energiekonzept in Abhängigkeit vom Energieangebot
- Keim-Zelle zum Betrieb dezentraler Energienetze auf Basis regenerativer Energien

Diese studentisch erarbeitete Zieldefinition entspricht in weiten Teilen aktuellen Forschungsthemen oder geht teilweise, z.B. im Bereich der Sanierungsthematik oder der Entwicklung energetischer Keimzellen weit über die aktuelle Diskussion hinaus.

1.3. Der Wettbewerb

1.3.1. Der „Solar Decathlon“

Der Solar Decathlon ist ein alle zwei Jahre stattfindender, vom amerikanischen Energieministerium ins Leben gerufener, internationaler Hochschulwettbewerb, bei dem zwanzig studentische Teams aus der ganzen Welt mit ihren selbst entworfenen und gebauten Häusern gegeneinander antreten. Ziel ist es, ein in Design und Technik zukunftsweisendes, energieautarkes Haus zu präsentieren. Die Teams haben die Aufgabe, ein Wohnhaus für zwei Personen zu planen und zu bauen, welches die komplette Versorgung von Strom und Wärme allein durch Sonnenenergie deckt.

Der Wettbewerb trägt den Untertitel „Prototyp Wohnen 2015“. Die Absicht des Veranstalters ist es, innovative Gebäudekonzepte und Solararchitektur einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen und näher zu bringen. Die zwanzig Häuser werden zehn Tage lang auf der National Mall in Washington D.C. ausgestellt. Während dieses Zeitraums wird in den Häusern das Wohnen simuliert und geprüft.

Abbildung: Blick auf das Solar Decathlon 2010 Gelände in Washington

Zusammen mit 19 anderen universitären Teams aus den U.S.A., Kanada, Spanien und Puerto Rico nahm die Technische Universität Darmstadt 2009 als Team Germany teil. Im Jahre 2007 hat das deutsche Team der Technischen Universität Darmstadt unter der Leitung von Professor Manfred Hegger erstmalig am Wettbewerb teilgenommen und diesen auf Anhieb gewonnen.

Während drei Semestern haben 25 Studierende des Fachbereichs Architektur (Fachgebiet Energieeffizientes Bauen) und Fachbereichs Elektrotechnik (Fachgebiet Regenerative Energien) die Chance genutzt, ein Projekt von der ersten Skizze bis zur Realisierung zu entwickeln. Nach zwei Jahren intensiver Planungsphase präsentierte die Technische Universität Darmstadt ihr Solarhaus surPLUShome auf der National Mall in Washington,

D.C. Dem surPLUShome gelang es, den Gesamtsieg zu erringen und den Titel von 2007 erfolgreich zu verteidigen.

Der Solar Decathlon (solarer Zehnkampf) besteht aus zehn Teildisziplinen, in denen die Gebäude der zwanzig teilnehmenden Universitäten miteinander verglichen werden. Von den zehn Teilwettbewerben werden fünf subjektiv und fünf objektiv bewertet. Die subjektive Beurteilung erfolgt durch verschiedene Fachjurys aus Industrie und Forschung, die die Häuser begutachten. Die objektive Bewertung resultiert aus den Messungen der quantifizierbaren Disziplinen.

Die zehn Disziplinen

Architektur

Aufgabe dieser Disziplin ist es, ein attraktives Haus zu bauen, das solare als auch energetische Aspekte mit architektonischen Standards zusammenführt. Die Jury aus Architekten prüft die Konstruktionspläne sowie das fertige Bauwerk. Sie bewerten nach Ästhetik, Idee und architektonische Integration der Gebäudetechnik.

Marktfähigkeit

Jedes Haus ist für eine bestimmte Zielgruppe ausgelegt. Im Wettbewerb muss bewiesen werden, dass das Haus diese Zielgruppe anspricht. Die Juroren bewerten die Alltagstauglichkeit des Hauses. Dazu wird das Gebäude auf seine Wirtschaftlichkeit analysiert und bewertet. Wohnwert, Baubarkeit und Flexibilität sind hierbei die zentralen Kriterien.

Ingenieurleistung

Im Rahmen der Ingenieurleistung wird das Zusammenspiel von modernen Technologien, Effizienz, Innovation und Betriebssicherheit bewertet.

Lichtdesign

In diesem Wettbewerb wird das Beleuchtungskonzept unter Aspekten der Energieeffizienz und Ästhetik beurteilt. Aufgabe ist es, sowohl natürliches als auch künstliches Licht unter funktionalen und ästhetischen Gesichtspunkten zu integrieren.

Öffentlichkeitsarbeit

In dieser Kategorie wird von den Teams gefordert, dass sie sowohl die technischen Aspekte ihrer Häuser, als auch ihre Erfahrungen während des Wettbewerbs an die Öffentlichkeit vermitteln. Dies geschieht zum einen durch die Website, zum anderen während der Wettbewerbstage durch öffentliche Führungen.

Behaglichkeit

Durch Messungen im Innenraum wird die Temperatur sowie die Luftfeuchtigkeit überprüft. Hierbei muss die Temperatur zwischen 22 °C bis 24,4 °C liegen, während die Luftfeuchtigkeit zwischen 40 % und 55 % liegen muss.

Warmwasser

Der Warmwasser-Wettbewerb simuliert den alltäglichen Wasserbedarf eines Zwei-Personen-Haushalts. Dazu müssen während des Wettbewerbs zweimal täglich 56,8 Liter warmes Wasser (43,3 °C) in weniger als zehn Minuten bereitgestellt werden.

Technische Ausstattung

In dieser Disziplin zeigen die Teams, dass ihre Häuser genug Energie produzieren, um Haushaltsgeräte zu betreiben. Neben dem Betrieb des Kühlschranks (1 °C bis 4 °C) und des Gefrierschranks (-28,9 °C bis -15 °C) müssen auch täglich Waschmaschine (min. 43,3 °C), Trockner und Geschirrspüler (48,9 °C) benutzt werden.

Unterhaltung

Unterhaltung ist ein weiterer Wettbewerb, der die reale Nutzung des Gebäudes simuliert und beweisen soll, wie „gastfreundlich“ ein Haus ist. Im Rahmen des Teilwettbewerbs sind zwei Dinnerabende und ein Kinoabend abzuhalten, bei dem jedes Team Mitglieder anderer Teams in sein Haus einlädt und von den Gästen bewertet wird.

Energiebilanz

Bei der Energiebilanz wird die Stromproduktion und der Stromverbrauch gemessen. Die Häuser dürfen nicht mehr Energie verbrauchen als sie erzeugen, es wird der produzierte Überschuss bewertet.

Die Disziplinen Realisierbarkeit, Marktfähigkeit und Lebenstauglichkeit von Gebäuden wurden durch ein TU-internes interdisziplinäres Forschungsprojekt analysiert und optimiert. Dabei galt es, energetische und architektonische Elemente mit nutzungsbezogenen und wohnsoziologischen Gesichtspunkten zu verbinden und hierdurch die ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Nachhaltigkeit energieeffizienten Bauens zu verbessern.

Zudem setzt Architektur an sich Interdisziplinarität voraus. An jeder Bauaufgabe sind bereits in der Planungsphase verschiedene Disziplinen beteiligt (Architekt, Statiker, Elektroingenieur). Die Aufgabe eines Architekten und Bauleiter ist es, verschiedene Fachrichtungen zu koordinieren und mit Ihnen zu kommunizieren und zu kooperieren. Das bedeutet, dass Architekten naturgemäß mit verschiedenen Disziplinen zusammen arbeiten und deren Schnittstelle bilden. Die Teilnahme am Solar Decathlon war für die Studierenden eine einzigartige Möglichkeit, diese Interdisziplinarität in der Praxis zu erleben und mit und von ihr für die eigene Zukunft zu lernen.

2. surPLUShome: der Beitrag zum Solar Decathlon 2009 – Innovationen des Hauses

2.1. Architektur, Raum und Technik des surPLUShome

Ziel ist es, mit dem surPLUShome Energieeffizienz und Nachhaltigkeit als Mehrwert im täglichen Leben zu verankern. Das Haus verfügt über verschiedene Möglichkeiten, um gängige Wohnkonzepte aufzubrechen und ein neues Lebensgefühl auszudrücken. Der Mehrwert des Hauses liegt in der Integration aller technischen und funktionalen Elemente.

Das surPLUShome ist ein Prototyp für das Stromnetz von morgen. Das Konzept des surPLUShome basiert auf der Annahme, dass zukünftiges Wohnen intelligenter und Gebäudetechnik durch einen breiter werdenden Markt günstiger wird. Das surPLUShome zeigt, dass bereits mit heutiger Technik ein energieeffizientes und modernem Wohnkomfort entsprechendes Gebäude realisiert werden kann.

Das surPLUShome verwirklicht bereits heute Effizienzinnovationen mittels innovativer Technologien, die sich noch weitestgehend in den Forschungsansätzen befinden (Demand Side Management, Kommunikation mit dem Stromnetz).

2.1.1. Architektonisches Konzept

Das Haus besitzt zahlreiche Elemente, die es dem Nutzer ermöglichen, sich von einem klassischen Wohnverständnis zu lösen und neue Wohnkonzepte zu generieren.

Bisherige Wohnkonzepte waren von einem klassischen Familienbild geprägt. Obwohl sich neben diesem längst andere gesellschaftliche Lebensmodelle etabliert haben, sind Wohnungen und Einfamilienhäuser überwiegend für dauerhafte Konstellationen, i.d.R. Elternpaare mit mehreren Kindern ausgelegt. Neue Konzepte müssen sich jedoch an neuen Haushaltsstrukturen und gewandelten Wohnbedürfnissen orientieren. Die Haushaltsstrukturen veränderten sich in den letzten vier Jahrzehnten hin zu kleineren Größen bei steigendem Flächenbedarf. Aufgrund der Zunahme von kinderlosen bzw. Single-Haushalten, Wohngemeinschaften sowie Einkind- und Alleinerziehenden-Familien, der Flexibilisierung der Arbeitswelt und der allmählichen Angleichung der

Bildungschancen von Männern und Frauen entstanden kleinere und differenzierte Haushaltszusammensetzungen.

Zwischen der Renaissance der "vollständigen" Familie und dem vielbeschworenen Trend zu einer Singlegesellschaft sind damit auch die Anforderungen an die Architektur vielfältiger geworden.

Aufgabe und Ziel einer nachhaltigen Architektur wäre demnach, bei kleineren Gesamtwohnflächen dennoch großzügige Raumkonzepte und entsprechend hohe Wohnwerte zu generieren.

Abbildung: Innenraum mit Blick auf den multifunktionalen Riegel mit Wohn- und Essbereich und Empore

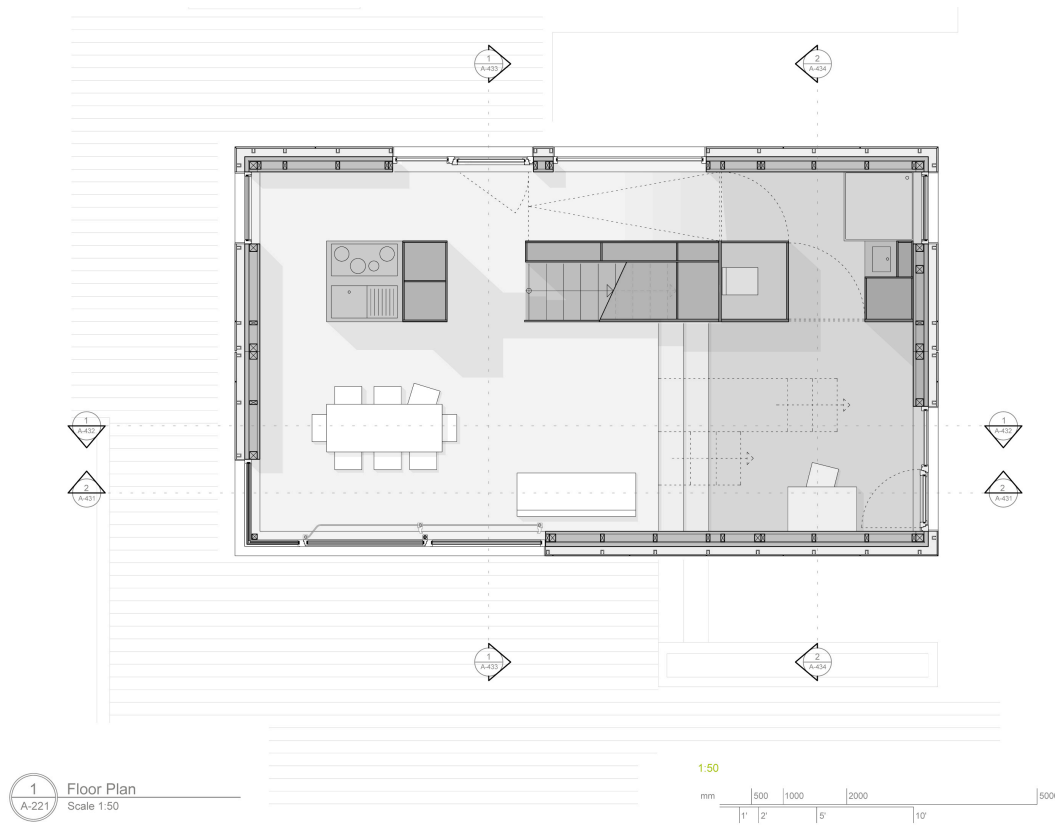


Abbildung: Grundriss surPLUShome

Abbildung: Schnitt surPLUShome

Mit dem Einraumkonzept werden verschiedene atmosphärische als auch thermische Raumzonen definiert. Höhenversprünge im Erdgeschoss und die eingeschobene Galerie ermöglichen einen offenen, großzügigen Wohnraum. Zusätzlich dazu gibt es beispielsweise auf der Galerie private Rückzugsbereiche. Das integrative Design und die Flexibilität des multifunktionalen Möbels in der Raummitte erhöhen die Wohnqualität maßgeblich. Dieses Möbel vereint dienende Funktionen wie Küche, Bad, Treppe und Stauraum. Darüber hinaus ist die gesamte Technik für Wärme- und Kälteversorgung, Warmwassererzeugung und Stromversorgung hierin integriert.

Die Aufenthaltsbereiche nehmen die größte Fläche im surPLUShome ein. Es gibt eine großzügige, vom ganzen Haus aus einsehbare Zone, die sich zwischen Südwand und Riegel befindet. Zwei Komponenten verleihen dieser Zone ein sehr angenehmes Raumgefühl. Dies sind zum einen die voll ausgeschöpfte Raumhöhe (4,00m) und zum anderen die großzügige Slidingdoor auf der Südseite. Diese liefert viel Tageslicht und bildet außerdem einen optischen Übergang zur Außenterrasse.

Beispiele für nachhaltige Design-Integration

Eine nachhaltige Entwicklung spielt sich nicht nur auf einem oberflächlichen Design Level ab. Die Hersauforderung nachhaltigen Bauens liegt in der Integration von Funktionen, Design und innovativen Technologien in einem gemeinsamen schlüssigen Konzept. Dafür zwei Beispiele:

- Technischer Fußabdruck
  Zur Reduzierung des Energiebedarfs wird die Gebäudehülle aus hoch wärmedämmenden und luftdichten Komponenten, den sogenannten Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP) isoliert. Ein VIP mit der Dicke von 5cm weist Dämmleistungen wie die eines herkömmlichen Dämmmaterials von 30cm auf. Durch diesen Einsatz konnten umlaufend 25cm Innenraum gewonnen werden.
- Ökologischer Fußabdruck
  Holz ist ein regeneratives Baumaterial mit positiver Lebenszyklusbetrachtung. Um den ökologischen Fußabdruck des Hauses zu reduzieren, ist die

Primärkonstruktion in Holz gebaut. Als sowohl festes aber leichtes Material besitzt es zudem eine hohe Materialeffizienz. Es wurde ausschließlich lokales Holz, wie Fichte für die Konstruktion oder Eiche für den Fußboden, Geländer, Fenster-und Türrahmen oder Möbel verwendet.

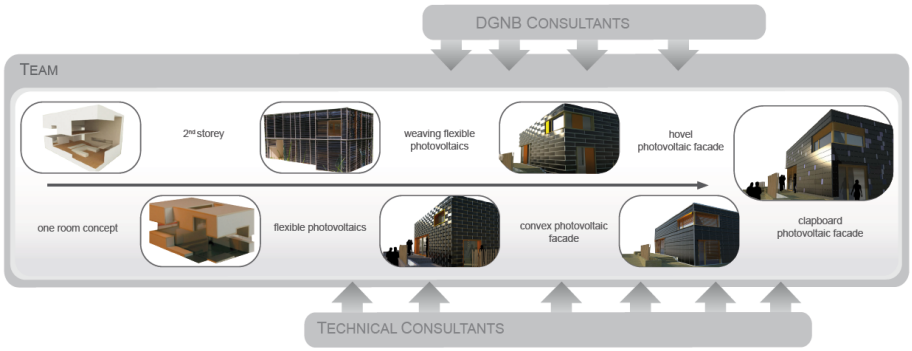


Abbildung: Projektentwicklung des Haus- und Fassadenkonzepts

2.1.2. Energetisches Konzept

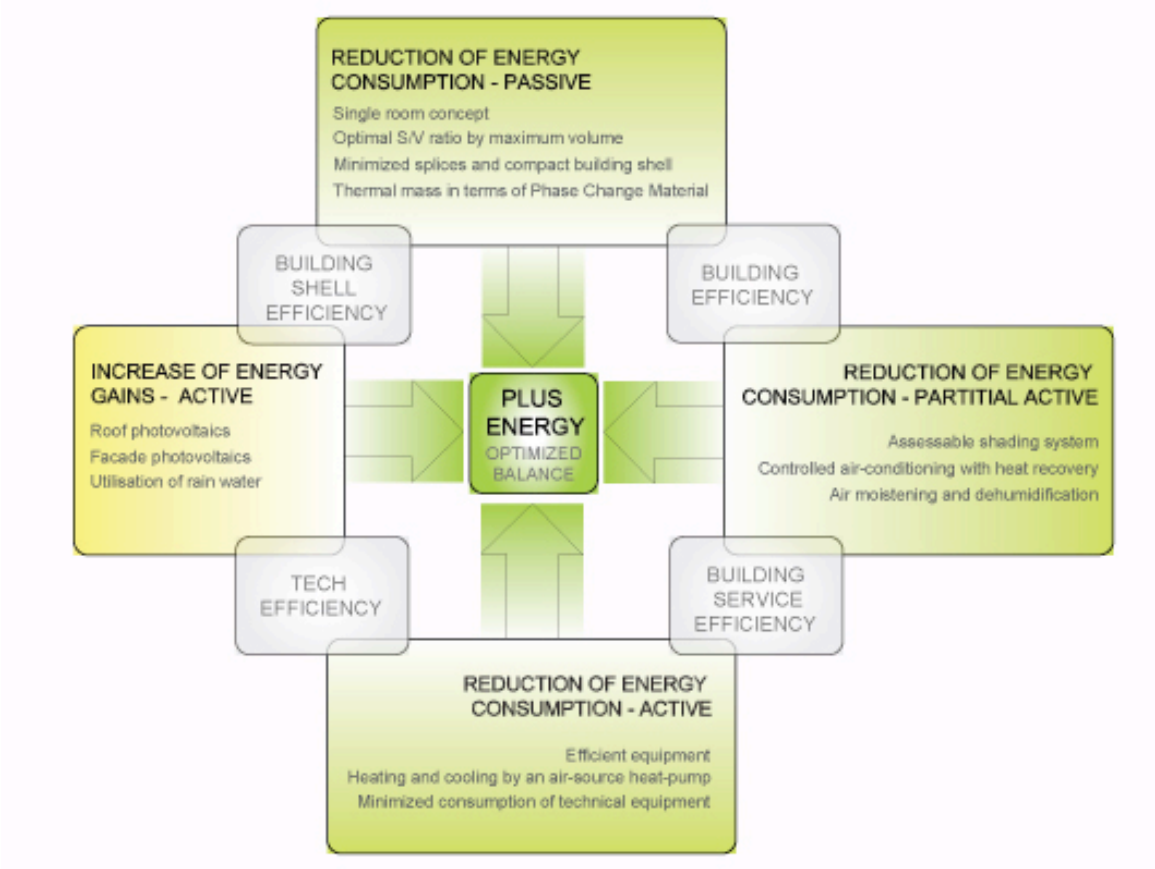


Abbildung: Schematische Darstellung des Energiekonzeptes

Das energetische Konzept des surPLUShome basiert auf zwei Grundsäulen. Auf der Minimierung des Energiebedarfs durch passive, teilaktive und aktive Systeme und zum anderen auf der Energieerzeugung.

Passive Systeme: Thermische Effizienz, Dämmung und Speicherung

Zu den passiven Maßnahmen zählen ein gutes A/V-Verhältnis, gute thermische Raumzonierung, eine dichte und hocheffizient gedämmte Gebäudehülle und gute Speicherkapazitäten. Das Gebäude wurde mit Vakuumisolationspaneelen gedämmt, um bei vorgeschriebener kleiner Grundfläche das Maximum der möglichen Nutzfläche zu erreichen. Der Einsatz von Phasenwechselmaterialen (Phase Change Material – PCM) in Wänden und Decken kompensiert die bei einem Holzbau fehlende Speichermasse zu kompensieren. Im surPLUShome wurden zwei verschiedene Arten von

Phasenwechselmaterialien verwendet. Die in den Gipskartonplatten der Wände und in den Hohlräumen der Decke integrierten Phasenwechselmaterialien (Paraffine und Salzhydrate) haben einen Schmelzpunkt von 23°C. Sie können beim Phasenübergang in diesem Temperaturbereich die Menge an Energie aufnehmen, die für die Kühlung des Gebäudes innerhalb eines Tages erforderlich ist. Während der Nacht wird diese gespeicherte Wärmeenergie wieder abgegeben. Die thermische Wirkung der in der Klimadecke verwendeten Salzhydrate kann, im Gegensatz zu den in den Wänden genutzten Paraffinen, durch Ventilatoren und Lüftungsklappen über die Gebäudesteuerung reguliert werden. Ihre Kühlleistung kann dadurch an sich ändernde klimatische Bedingungen angepasst werden. Die Klimadecke stellt somit ein teilaktives System im Energiekonzept dar.

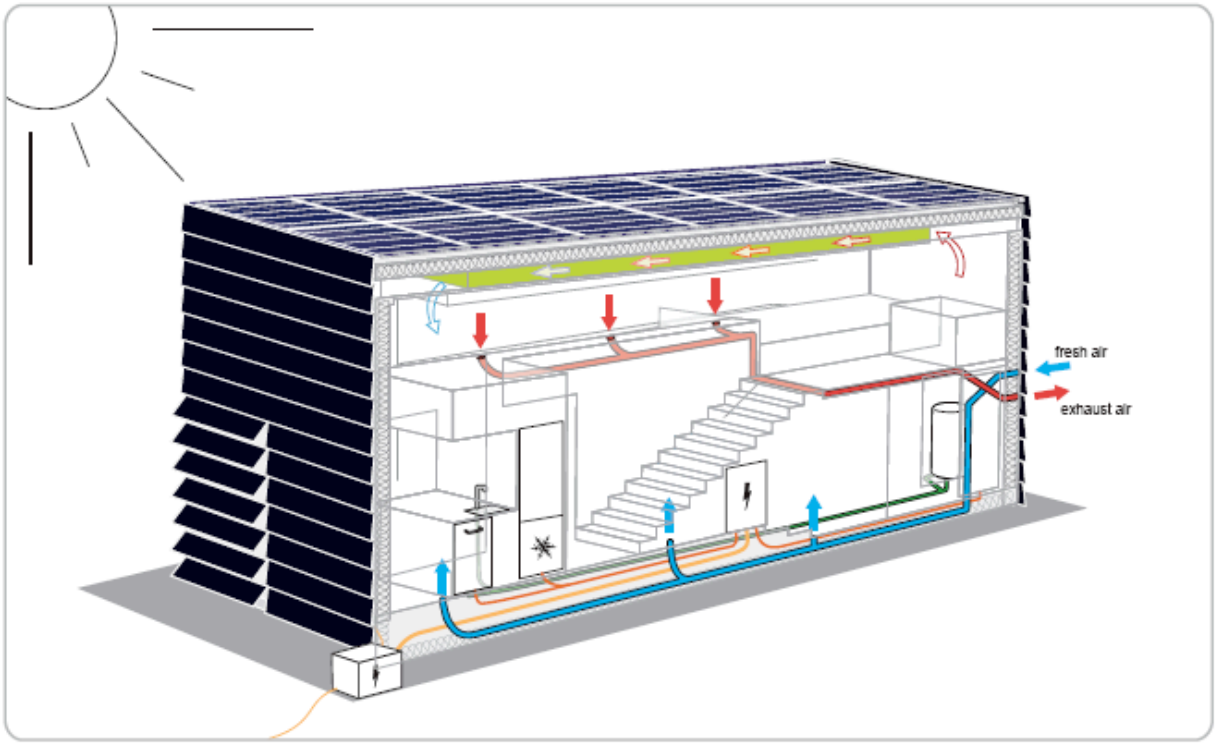


Abbildung: Thermisches System des Plusenergie-Gebäudes

Zu den aktiven Systemen zählt neben den energieeffizienten Haushaltsgeräten vor allem die Wärmepumpe. Die Wärmepumpe sorgt für die gesamte Heizungs- und Kühlungsbereitstellung. Sie ist ein aktives Wärmerückgewinnungsgerät, das warme und feuchte Luft aus Küche und Bad absaugt. Die Energie aus dieser Abluft wird für die Erwärmung der Frischluft und die Warmwasserbereitung verwendet und mindert so den

Heizwärmebedarf. Hier in Darmstadt wird die Wärmepumpe an Geothermiesonden angeschlossen und das gesamte technische System für fünf Jahre zu einer Langzeitbeobachtungsstelle. Dabei wird es um den Effizienzvergleich verschiedener Geothermiesondentypen gehen. Abwechselnd wird entweder eine Koaxialsonde oder eine U-Doppelrohrsonde an das System angeschlossen.

Aktive Systeme: Der Einsatz von Photovoltaik auf Dach und Fassade

Die zweite Säule des Energiekonzeptes stellt die Maximierung des Energiegewinns dar. Dazu wurden an der Gebäudehülle – auf dem Dach und an der Fassade – unterschiedliche Photovoltaik-Technologien eingesetzt.

Sie ist somit nicht mehr nur aus gestalterischer Sicht ein zentraler Bestandteil des Entwurfs, sondern rückt aufgrund des stetig wachsenden Energiebedarfs vermehrt auch unter technologischen Gesichtspunkten in den Mittelpunkt. Neben den Eigenschaften der thermischen Hülle, die die Energieverluste minimiert, bildet sie nun eine solaraktive Schicht. Die gesamte Fassade wird zur solaren Energiegewinnung genutzt und regelt in Abhängigkeit zur Gebäudeautomation Licht-, Wärme- und Kühlbedarf, sowie Sicht- und Blendschutz in Form von beweglichen Lamellen. In der Fassade und auf dem Dach wurden Photovoltaikmodule mit einer Gesamtleistung von 19kWpeak installiert.

Für die insgesamt gewonnene Energie, die 2,5 mal so hoch ist wie der Energieverbrauch des Hauses, ist vor allem das Dach verantwortlich, welches mit hochwirksamen Photovoltaik-Modulen aus monokristallinen Silizium Zellen (18% Wirkungsgrad) belegt ist.

Die Fassade ist mit CIS-Modulen mit einem Wirkungsgrad von 11% belegt. Die Konstruktion der Fassade orientiert sich an dem traditionellen Schindel-Prinzip, das durch den Einsatz von Photovoltaik-Modulen zeitgemäß neu interpretiert wurde. Die Fassade des surPLUShome ist beispielhaft für die Anwendung einer gebäudeintegrierten Photovoltaik. Hauptziel war es, ein homogenes und innovatives Erscheinungsbild zu entwickeln, das entscheidend zur Energiegewinnung beiträgt, ohne die notwendigen Funktionen einer Fassade zu vernachlässigen. Um basierend auf der Modulgröße flexibel

in der Gestaltung zu sein, wurde die Fassade durch farbige Plexiglas- und Blindmodule ergänzt.

Abbildung: Photovoltaische Fassade des surPLUShome

2.1.3. Technisches Konzept[1]

Neben der traditionellen Anpassung der Energieerzeugung an die Nachfrage gewinnt zukünftig auch die Anpassung der Nachfrage an die Erzeugung (Lastmanagement) an Bedeutung. Das Stromnetz von morgen muss intelligent sein (Smart Grids), um Kraftwerke, dezentrale Energieerzeuger und Verbraucher zu regeln und damit die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Dies hat auch Auswirkungen auf Gebäude und Gebäudesteuerungen. Wie sieht die Zukunft aus? Derzeit beschäftigen sich sechs von der Bundesregierung geförderte Leuchtturmprojekte (E-Energy - IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft) mit diesem Thema. Erste Ergebnisse zeigen, dass

[1] Vgl. [Steiner]

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) dabei von großer Bedeutung sein werden. Mit ihrer Unterstützung können intelligente Energiesysteme betrieben werden, in denen viele Erzeugungsanlagen, zunehmend auch solche mit erneuerbaren Energien, mit den Einrichtungen der Stromnetze und den Strom verbrauchenden Endgeräten kommunizieren.

Kommunikation und Interaktion stehen im Vordergrund. Das Stromnetz von morgen benötigt auch die Gebäudesteuerung für die Steuerung des Stromverbrauchs von morgen: surPLUShome liefert diese.

Im Vordergrund des technischen Konzepts steht die Nutzerakzeptanz. Komplexe Technologien finden nur Zustimmung, wenn sie intuitiv nutzbar sind. Bussysteme verwenden oftmals spezielle Schalter oder Taster mit bis zu acht Tastmöglichkeiten zur Lichtsteuerung (z.B. Auswahl von Lichtszenen). Da solche nur mit guter Beschriftung gehandhabt werden können, wird im surPLUShome auf solche Schalter verzichtet. Stattdessen werden konventionelle Lichtschalter mit nur einer Tastmöglichkeit für die Lichtsteuerung verwendet (An/Aus). Komplexere Funktionen wie das Dimmen, die Auswahl von Lichtszenen, sowie andere Eingaben zur Steuerung des Gebäudes sind ausschließlich über ein in die Wand eingelassenes Touchpanel sowie ein mobiles Touchpanel möglich. Zusätzlich können auf den Touchpanels Statusinformationen abgerufen werden. Die graphische Oberfläche ermöglicht eine intuitive Bedienung des Hauses und gewährleistet, dass Statusinformationen oder Steuereingaben visuell leicht durch den Nutzer erfassbar sind.

Abbildung: Bedienung des surPLUShome durch das Touchpanel

Im surPLUShome sind alle technischen Systeme miteinander vernetzt, sie können untereinander kommunizieren. Das zentrale System bildet der europäisch genormte KNX Elektroinstallationsbus gekoppelt mit einem Cresnetbus. Ein Steuerprozessor (embedded System) fungiert als zentrale Intelligenz im surPLUShome. Hier werden sämtliche Messdaten (Sensorik) in Echtzeit aufgenommen und ausgewertet. Dabei handelt es sich unter anderem um Messdaten der Energieerzeugung durch die eigene Photovoltaikanlage, sowie um Messdaten der Verbrauchsmessung sämtlicher Geräte bzw. Steckdosen. Eine Stromampel am Touchpanel visualisiert den energetischen Zustand des Gebäudes (rot: Gesamtverbrauch größer als Erzeugung, gelb: Gesamtverbrauch und Erzeugung sind annähernd gleich, grün: Erzeugung größer als Verbrauch). Die Stromampel motiviert den Bewohner ggf. aktuell nicht benötigte Energieverbraucher abzuschalten. In Abhängigkeit

der Sensorik können zusätzlich Aktoren im KNX Elektroinstallationsbus auslösen. Dadurch wird ein Lastmanagement ermöglicht: Elektrische Verbraucher können gestartet werden, wenn genügend Energie durch die eigene Photovoltaikanlage produziert wird. Der Bezug von Fremdenergie aus dem Stromnetz kann dadurch minimiert werden, was sich nach dem neuen Erneuerbaren Energien Gesetz durchaus lohnen kann.

Abbildung: Die Stromampel auf dem Touchpanel

Die größten elektrischen Verbräuche im Haushalt entstehen durch die Haushaltsgeräte (Waschmaschine und Trockner). Im surPLUShome können diese durch ein auf die Stromleitung moduliertes Datensignal zu einem durch den Steuerprozessor als günstig identifizierten Zeitpunkt gestartet werden (Lastmanagement).

Bei den meisten Smart Grid Forschungsvorhaben steht das Stromnetz im Vordergrund. Es wird an Marktplatzlösungen gearbeitet, wie Energie gehandelt werden kann, damit erneuerbare Energien (z.B. Windenergie) unter anderem durch Lastverschiebungen von

Industrie und Haushalten ausgeregelt werden können. Eine Marktplatzlösung ist die Schaffung eines dynamischen Stromtarifs für die Endverbraucher. Der Tarif ändert sich in Abhängigkeit der aus erneuerbaren Energien eingespeisten Leistung. Falls dem Energieversorger große Mengen an erneuerbarer Energien zur Verfügung stehen, kann dieser durch niedrige Strompreise die Endverbraucher zum Konsum elektrischer Energie motivieren. Umgekehrt kann dieser, falls ihm nur geringe Mengen an erneuerbarer Energie zur Verfügung stehen, die Endverbraucher durch erhöhte Strompreise zum Verbrauch von wenig Energie motivieren.

Das surPLUShome ist für die Nachführung der eigenen Verbraucher an dynamische Stromtarife vorbereitet. Zwei an die Gebäudesteuerung angeschlossene intelligente Zähler des Energieversorgers messen im Sekundentakt die verbrauchte und eingespeiste Energie und geben dem Energieversorger anonymisiert alle 15 Minuten Rückmeldungen über den energetischen Zustand des Hauses. Sobald dieser in Zukunft einen dynamischen Stromtarif an den Zähler übermittelt, kann das surPLUShome seine elektrischen Verbraucher dem dynamischen Stromtarif des Energieversorgers nachführen.

Energieversorger sind seit dem 1. Januar 2010 nach dem Energiewirtschaftgesetz dazu verpflichtet, in Neubauten solche intelligenten Stromzähler einzubauen. Gleiches gilt bei größeren Modernisierungsmaßnahmen an Bestandsobjekten.

2.1.4. Fassade

Die Fassade des surPLUShome stellte eine der größten interdisziplinären Herausforderungen dar, da diese aus Photovoltaik Modulen besteht, die nicht nach US Normen zertifiziert ist. Um eine entsprechende Zulassung für den Wettbewerb zu erlangen, waren diverse Tests und Prüfungen der Module nötig.

Es lassen sich drei Bereiche unterscheiden:

1. Architektur
2. Mechanik
3. Elektrotechnik

Architektur

Die Gebäudehülle des surPLUShome verfolgt im Kern ein Ziel: Die Umhüllung von möglichst viel Raum, die dem Nutzer zum Wohnen zur Verfügung gestellt werden kann. Baukörper und Gebäudekubatur sind für die Raumnutzung. Diese maximale Raumnutzung erfolgt zu Ungunsten einer optimalen Orientierung der solaraktiven Elemente, den PV-Modulen. Sie sind als Teil der Gebäudehülle an die zur Verfügung stehenden Ausrichtung gebunden.

Die Fassade erschließt neben dem Thema der Energiegewinnung weitere integrale technische Bedarfe: Sie ermöglicht einen hocheffizienten Sonnenschutz, Regulierung der Lichtintensität im Inneren des Gebäudes ebenso wie konstruktiven Schutz vor Schlagregen und die Möglichkeit der Be- und Entlüftung. Die verfügbaren Flächen für eine opake Fassade wurden zur solaraktiven Nutzung über gebäudeintegrierte Photovoltaik in Form von Dünnschichtmodulen genutzt. Diese haben gegenüber bekannten Photovoltaikmodulen den Vorteil eines schnelleren Ansprechverhaltens bei diffuser Strahlung und einen geringeren Leistungsverlustes bei steigenden Temperaturen. Da in Deutschland die Energieerzeugung eines Gebäudes nicht durch den maximalen Energiebedarf des Gebäudes begrenzt ist und durch Überproduktion an das Netz weitergegeben werden kann, sollte der Ertrag so hoch wie möglich sein. Aufgrund der Wettbewerbsrichtlinien war es Ziel die Gebäudehülle einfach und schnell montieren zu können.

Die Fassadenkonstruktion basiert auf einem klassischen und allgemein bekannten Gestaltungsprinzip: dem der Schindel. Das Schindelprinzip ermöglicht im Gegensatz zur vollkommen vertikalen Ausrichtung eine verbesserte Zellorientierung zur Einstrahlung und damit einen höheren Ertrag aus der nutzbaren Fläche. Für die technische Integration von Klappelementen musste ebenso eine einfache Lösung für die Kabelführung von den Lamellen hinter die Fassade gefunden werden. So konnte durch die Anbringung einseitiger Stromkontakte nur ein Kabelübergang pro Modul genutzt werden. Die besonders flache Gestaltung der Anschlussdosen führt auch zu einem besonders wenig eingeschränkten Blickfeld von Innen. Letztlich merkt der Bewohner kaum, dass die Lamellen selbst solaraktiv sind.

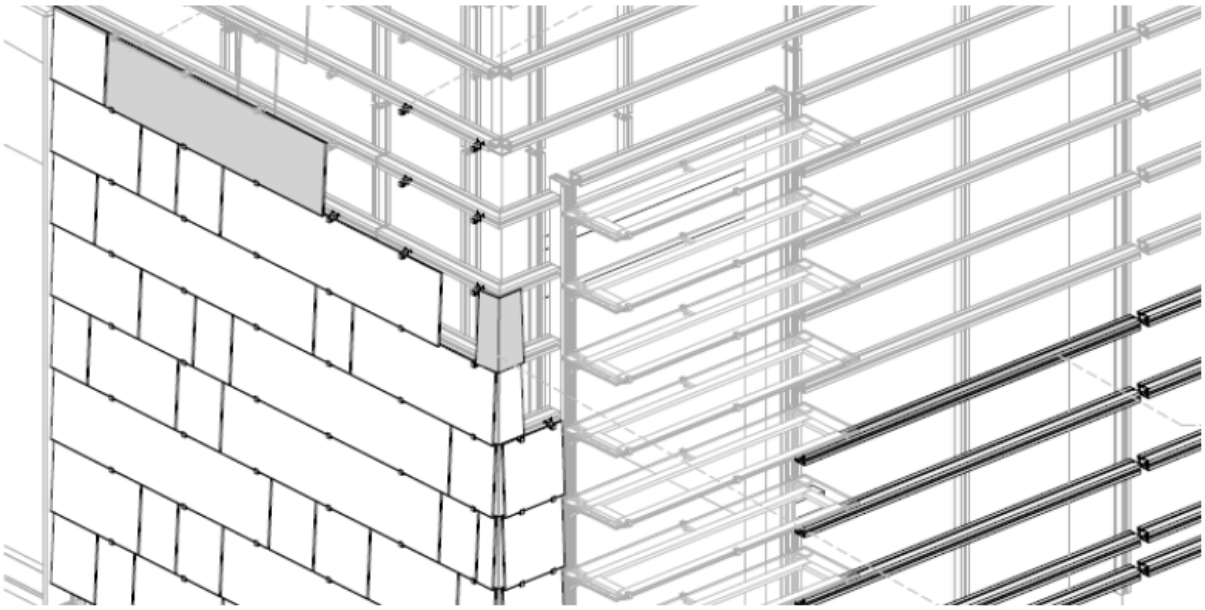


Abbildung: Schindelprinzip der Fassade

Mechanik

Die einzelnen Dünnschichtelemente der Fassade bestehen aus zwei 3 und 4 mm starken Floatglasscheiben mit einer 0,75 mm dünnen stromerzeugenden Zwischenschicht. Die PV-Module werden durch sechs Klemmhalter befestigt.

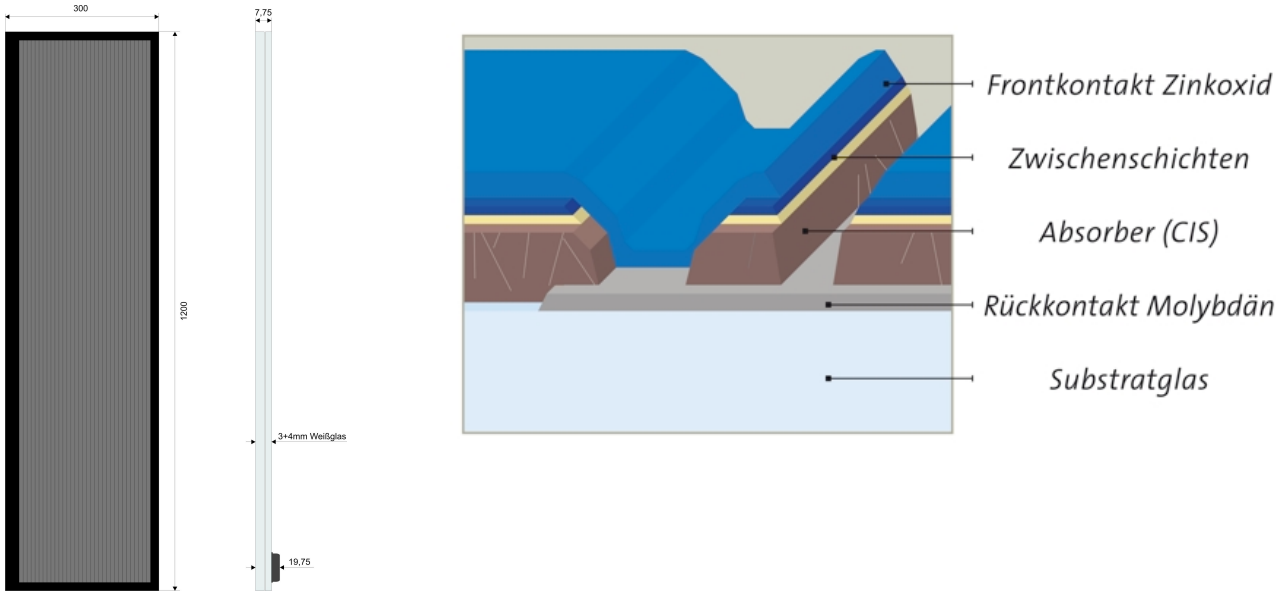


Abbildung: Aufbau der Photovoltaik-Zelle

Der Veranstalter des Solar Decathlon äußerte bezüglich der Widerstandsfähigkeit der als Sicherheitsverglasung eingestuften Fassade gegenüber eines potentiellen Ganzkörperanpralls durch Kinder oder Anprall Erwachsener mit Arm und Hand Bedenken und forderte eine Bauteiluntersuchung durch Versuche. Bei diesem sogenannten weichen Stoß trifft ein leicht verformbarer Körper auf die Verglasung und beansprucht diese über die Aufprallstelle hinaus. Diese Versuche in Kombination mit einer detaillierten Stellungnahme wurden vom Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen aus dem Fachbereich Bauingenieurwesen durchgeführt. Glas reagiert durch seine Sprödigkeit und der üblicherweise geringen Bauteildicke besonders empfindlich auf Stoßbelastungen. Zu dahingehenden Untersuchungen werden Pendelschlagversuche mit einem weichen Stoßkörper in Form eines Doppelreifen-Pendelkörpers mit einer Masse von 50 kg und 4 bar Luftdruck durchgeführt. In den USA wird äquivalent zu dem Doppelreifen-Pendelkörper ein 45 kg schwerer Bleischrotsack verwendet. Die Versuchsdurchführung erfolgte direkt an der Fassade des surPLUShome für Pendelfallhöhen von 45 und 120 cm.

Abbildungen: Schlagtest an der Fassade des surPLUShome

Wissenschaftliche Untersuchungen am IWMB haben gezeigt, dass diese Fallhöhen gegenüber einem realen, menschlichen Körperstoß deutlich auf der sicheren Seite liegen. Nach amerikanischer Norm dürfen im Falle eines Bruchs die größten zehn freien zu Boden fallenden Bruchstücke nicht größer als 65 cm^2 sein, bzw. darf die Verglasung nicht durchschlagen werden. Insgesamt wurden zwei Pendelschlagversuche an zwei Modulen durchgeführt. Beide Module wurden zwar durch den Aufprall zerstört, sind aber nicht aus der Fassade herausgefallen. Auf der Rückseite der Module haben sich - im Gegensatz zur Auftreffseite - Bruchstücke gelöst. Diese waren kleiner als durch die Norm gefordert – somit war der Aufbau grundsätzlich konform zum Regelwerk. Zur Reduzierung der Gefahr durch herabfallende Bruchstücke wurde rückseitig zusätzlich eine Kunststofffolie auf alle Module bis in ca. 2,0 m Höhe über Geländeoberkante aufgeklebt.

Elektrotechnik[2] [3]

Klassische Photovoltaikanlagen bestehen aus großflächigen Modulen, die üblicherweise auf dem Dach angebracht werden. Die Auslegung und Montage einer solchen Anlage ist eine Standardaufgabe in der Elektroinstallation. Anders sieht es beim surPLUShome aus. Hier gilt es neben der Dachphotovoltaikanlage eine fassadenintegrierte Photovoltaikanlage mit speziell zugeschnittenen Modulen, die es bisher so nicht gab, zu planen und zu installieren. Zudem muss die gesamte Gleichstromtechnik und damit auch die Photovoltaik nach amerikanischen Elektronormen ausgelegt und durchgeführt werden.

Bei der Umsetzungsplanung wurde ersichtlich, dass eine Photovoltaikanlage, wie sie hierzulande üblich ist, in den USA nicht zulässig ist. Die allergrößte Schwierigkeit ergab sich daraus, dass die Fassadenmodule über keine US Zulassung verfügen und somit eine Reihenschaltung der Photovoltaikmodule nicht zulässig ist, da im Niederspannungsbereich operiert werden muss. Um die Fassade im Wettbewerb realisieren zu dürfen, wurde eine Parallelschaltung angestrebt. Hierbei ist nach US Norm jedes einzelne Modul mit Sicherungen abzusichern und sämtliche Kabel sind in Rohre zu verlegen. Eine Parallelschaltung bedeutet auch mehr Kabelübergänge zwischen den

[2] Vgl. [Hartkopf]
[3] Vgl. [Schneider]

Modultrennungen des Hauses. Nach mehrmonatiger Arbeit und ausführlicher Korrespondenz mit amerikanischen Inspektoren wurde folgende Lösung genehmigt: Alle 260 Fassadenmodule mussten in Parallelschaltung miteinander zu verbunden werden. Dabei wird je Fassadenrichtung am getrennten Gebäudemodul eine Parallelschaltung eingerichtet (insgesamt 12 Stück) und pro Gebäudeseite in Generatoranschlusskästen zusammengeführt. Die Parallelschaltung der einzelnen Generatoranschlusskästen erfolgt in weiteren Anschlussboxen. Zur Umrichtung des Gleichstrom in Wechselstrom sind spezielle Low Voltage Wechselrichter zu verwenden, zur Trennung der PV-Module vom Wechselrichter sind zusätzlich DC Lasttrennschalter zu verwenden. Zur Gewährleistung der Rückstromfestigkeit sind String Sicherungen einzubauen. Alle Hauptleitungen der Generatoranschlusskästen sind in PVC Rohren zu verlegen und die Erdung der Photovoltaikmodule auf dem Dach musste mit Edelstahlschrauben und speziellen Unterlegscheiben erfolgen. Aufgrund der Parallelschaltung wurden insgesamt 4 km Photovoltaikkabel verwendet.

2.1.5. Klimatisierung

Ein wichtige Regelungsaufgabe ergibt sich aus der neuartigen PCM-Klimadecke, die von Architekturstudenten entwickelt wurde und in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Technische Thermodynamik der TU Darmstadt ausgelegt wurde. Die Regelung und Elektrotechnik erfolgte durch das Fachgebiet Regenerative Energien. Die PCM-Decke wird zur Klimatisierung verwendet und besteht aus vier oberhalb der Decke verlaufenden Kanälen, die mit Phase Change Material (PCM) Wärmespeichern bestückt sind. Jeder Kanal besitzt vier Klappen, zwei am Anfang des Kanals (jeweils zum Raum und Außenraum hin) und zwei am Ende des Kanals (ebenfalls zum Raum und Außenraum hin). In jedem der Kanäle ist ein Lüfter montiert, der für den nötigen Luftdurchsatz sorgt.

Soll latente Wärmespeicherung bei einer technischen Anwendung genutzt werden, dann muss ein geeignetes Material, das bei der gewünschten Temperatur einen Phasenwechsel vollzieht, verfügbar sein. Für Anwendungen im Bereich einer angenehmen Raumtemperatur oder der menschlichen Körpertemperatur werden Paraffine oder Salzhydrate eingesetzt. Die auf die Masse bezogene latente Wärme ist ähnlich groß, aufgrund ihrer größeren Dichte sind Salzhydrate den Paraffinen bei der

volumenbezogenen latenten Wärme jedoch überlegen. Im Gegensatz zu den Salzhydraten können Paraffine mikroverkapselt werden. Dabei entstehen Partikel mit einem Durchmesser im Mikrometerbereich, die aus dem Phasenwechselmaterial im Inneren und einer äußeren festen Hülle bestehen. Unabhängig davon, ob das Phasenwechselmaterial gerade fest oder flüssig ist, erscheinen die Partikel nach außen immer fest. Dies erweitert die Anwendungsmöglichkeiten erheblich. Bereits etabliert ist die Zugabe von mikroverkapseltem Phasenwechselmaterial zu Baustoffen und Funktionsbekleidung. Am Fachgebiet Technische Thermodynamik wird untersucht, ob sich die Eigenschaften von Wasser als Kühlflüssigkeit durch die Zugabe solcher Partikel verbessern lassen.

Schon beim Solar Decathlon 2007 wurde im Haus der TU Darmstadt mikroverkapseltes Phasenwechselmaterial eingesetzt, um die thermische Masse zu erhöhen. In der Weiterentwicklung dieses Konzeptes sollte dieses Mal auch eine aktive Steuerung der Latentwärmespeicherung möglich sein. Die Grundidee war, von Luftkanälen durchzogenes Phasenwechselmaterial im konstruktiven Raum des Daches zu integrieren. Da hierzu eine Mikroverkapselung nicht notwendig ist, wurde aufgrund der höheren volumenbezogenen latenten Wärme einer Salzhydratlösung der Vorzug gegeben. Ist es tagsüber erforderlich, die Raumluft zu kühlen, dann kann diese im Umluftbetrieb durch die Kanäle in der Decke geleitet werde, wo sie Wärme auf das Phasenwechselmaterial überträgt und abgekühlt wieder in den Raum strömt. Nachts muss das Phasenwechselmaterial regeneriert werden, d.h. die tagsüber aufgenommene und latent gespeicherte Wärme muss wieder abgegeben werden. Dazu wird nachts kalte Umgebungsluft durch die Kanäle geleitet, die sich dabei erwärmt

Thermodynamik[4]

Die Vorgaben des Wettbewerbs sahen vor, dass die Raumluft eine Temperatur zwischen 22 und 24,4°C haben sollte. Um die Temperatur konstant zu halten, muss die Wärme, die von außen oder durch innere Wärmequellen (elektrische Geräte, Personen) eingetragen wird, wieder abgeführt werden. Die Abschätzung der abzuführenden Wärme orientierte sich an Ort und Zeit des Wettbewerbs: Washington D.C. im Oktober (was dem Sommerfall in Deutschland weitgehend entspricht). Damit sich eine hohe Behaglichkeit

[4] Vgl. [Dammel]

im Innenraum einstellt, darf die Temperaturdifferenz der Luft zwischen Ein- und Austritt eine bestimmte Grenze nicht überschreiten. Daraus ergibt sich der erforderliche Luftmassenstrom. Nun war sicherzustellen, dass tatsächlich der ermittelte Wärmestrom von der Luft auf das Phasenwechselmaterial übertragen wird. Die Wärmeübertragung verbessert sich mit abnehmender Kanalquerschnittsfläche und steigender Strömungsgeschwindigkeit. Allerdings steigt dann auch die erforderliche Ventilatorenleistung. Außerdem mussten eine übermäßige Geräuschentwicklung sowie unangenehme Zugluft im Raum vermieden werden.

Konstruktion

Die Klimadecke befindet sich in dem statisch nicht notwendigen Raum der Hohlkastendecke des surPLUShome. Die Kanäle sind ca. 11m lang und haben eine Querschnittsfläche von 25cm x 35cm. Um einen Wärmeübergang in die Konstruktion der Decke zu verhindern, wurden die Kanäle mit 1cm starken Vakuum-Isolations-Paneelen ausgekleidet. Betrieben wird die Klimadecke durch Ventilatoren, die sich vor dem PCM befinden.

Eine besondere Herausforderung war die Gestaltung der Klappen zum Innen- und zum Außenraum. Die filigrane Holzdecke des surPLUShome sollte für eine großzügige Raumwirkung möglichst nicht durch sichtbare Öffnungselemente gestört werden. Hierbei konnten die Schallschutzrippen der Decke im Bereich der Klappen als Zuluftöffnungen genutzt werden. Die dadurch entstehende Vergrößerung der Einsaug- und Auslassöffnungen hatte gleichzeitig eine Verringerung der Luftgeschwindigkeiten zur Folge, was zu einer Erhöhung der Behaglichkeit im Innenraum beiträgt. Die Klappen zum Außenraum sollten auch bei Schlechtwetter nutzbar sein. Die Fassade wurde so gestaltet, dass sie sich über die eigentlichen Öffnungselemente zieht und sich nur im Bedarfsfall öffnet. Dies bietet einerseits einen hervorragenden Regenschutz, andererseits aber auch einen geringeren Wartungsaufwand der von außen schwer zugänglichen Konstruktion.

Elektrotechnik

Um eine gute Klimatisierung gewährleisten zu können, ist eine Temperatur- und Drehzahlregelung der vier Ventilatoren in den Kühlkanälen sowie die Steuerung der

zugehörigen Klappen notwendig. Für die Regelung wird ein programmierbarer Feldbuscontroller eingesetzt, der eine integrierte Schnittstelle zum KNX System bietet. Auf der Feldbusebene des Controllers werden acht Temperatursensoren (vier am Anfang der Kanäle und vier am Ende der Kanäle) über Analogeingänge sowie die Ventilatoren selbst über Analogausgänge eingebunden. Der Feldbuscontroller bietet den Vorteil, dass die Regelung unterlagert zum eigentlichen Elektrobussystem erfolgen kann, da die Regelung auf der Feldbusebene erfolgt. Es wird so eine Geschwindigkeitsreduktion des Elektrobussystems vermieden. Lediglich die Raum-und Außentemperatur wird über die KNX Schnittstelle über ein in dem Raum verbauten KNX Temperatursensor sowie der Wetterstation zur Regelung herangezogen. Dies geschieht nicht kontinuierlich und hat daher keine Auswirkung auf die Geschwindigkeit des KNX Systems. Die Klappen werden über den Feldbuscontroller gesteuert, sind jedoch an KNX Aktoren angeschlossen. Die Klimadecke hatte im Wettbewerb Einfluss auf mehrere Teilwettbewerbe: Einerseits war sie entscheidender Gebäudetechnikbestandteil für die Temperierung im gemessenen Teilwettbewerb Comfort Zone, andererseits war die Entwicklung der Klimadecke auch Bestandteil des durch eine Jury bewerteten Engineering Contests.

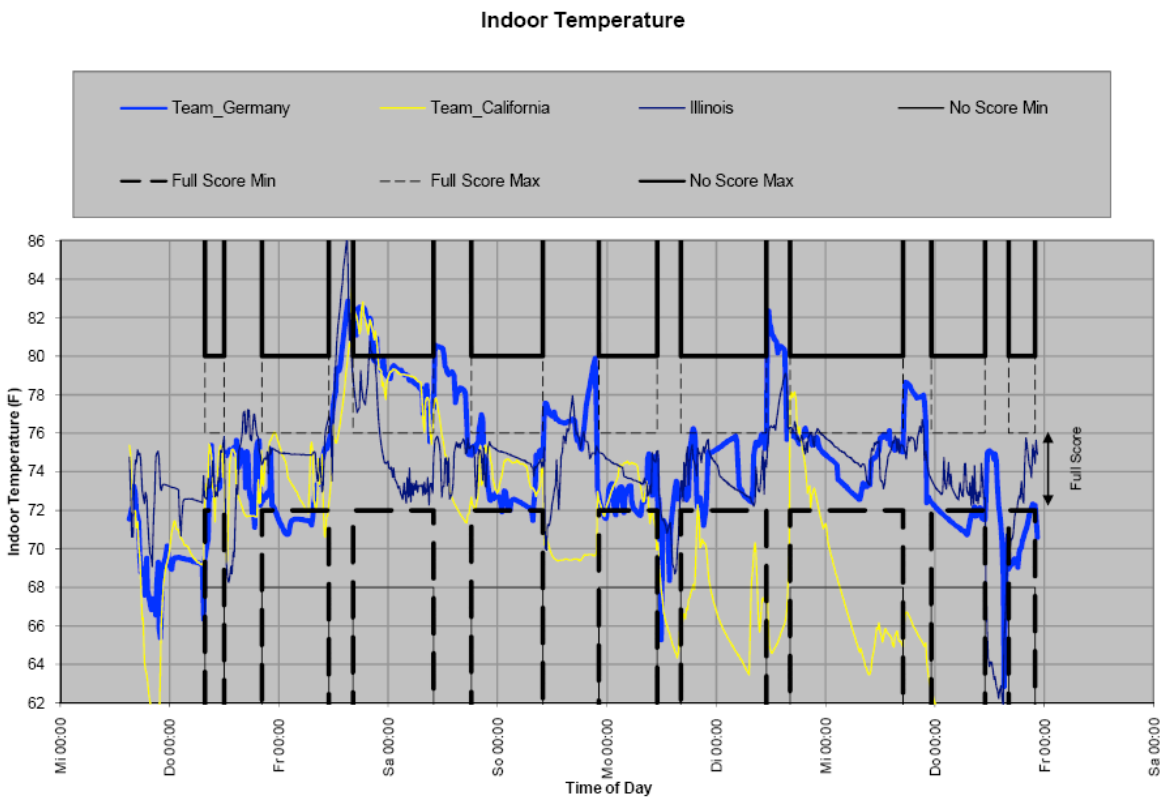


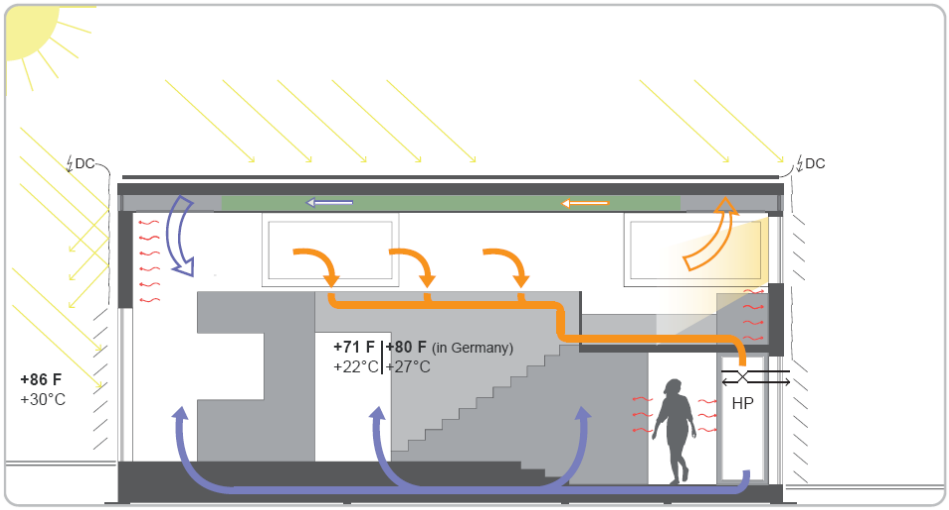
Abbildung: Verlauf der Temperaturkurve im Innenraum während des Wettbewerbs

Steuer- und Regelungsaufgaben, die eigene Regelalgorithmen und damit Programme erfordern, können nur bedingt von konventionellen Steuersystemen übernommen werden. Für komplexere Aufgaben ist entweder ein Regler oder eine Art Embedded Computer notwendig. Letzterer bietet den Vorteil, dass ein Regler softwaretechnisch implementiert werden kann.

Es ist zwischen Speicher- und Entspeichervorgang zu unterscheiden. Im Wettbewerb zeigte das flexible System des surPLUShome mit zwei unterschiedlichen Kühltechnologien in der Behaglichkeitsmessung von allen Gebäuden die beste Performance. Der hohe Coefficient of Performance der Klimadecke bot gleichzeitig die Möglichkeit, Energie im Betrieb einzusparen, so dass hierüber auch ein Grundstein zum Gewinn des Energiebilanzteilwettbewerbs gelegt werden konnte.

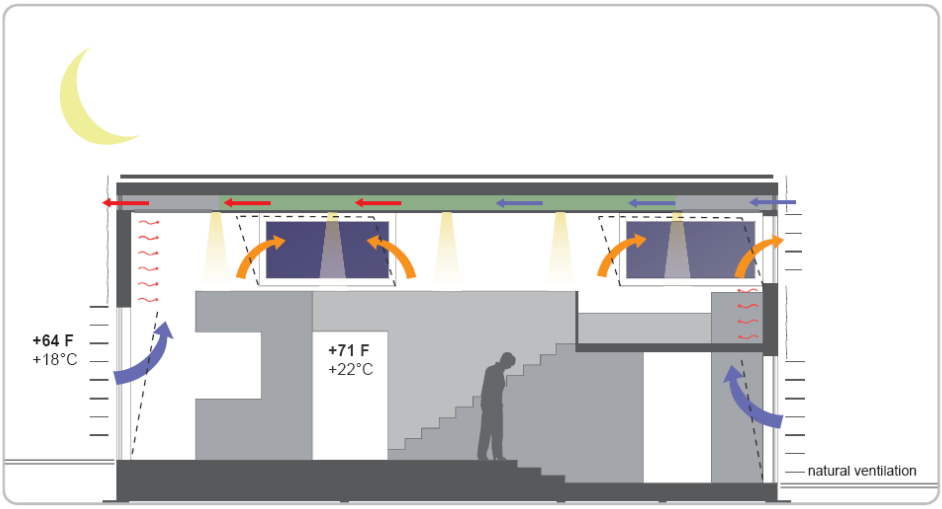
- Speicherung

Bei der Speicherung werden die Kanäle mit Raumluft durchsetzt, welche am Ende der Kanäle zurück in den Raum eingebracht wird. Die durchströmende Luft gibt ihre Wärme an das PCM-Material ab und wird dadurch gekühlt. Die Temperatur im Raum sinkt.



- Entspeichervorgang

Beim Entspeichervorgang werden die Kanäle nachts mit kühlerer Außenluft durchsetzt, welche am Ende der Kanäle wieder nach außen in die Umgebung abgeführt wird. Die kalte Außenluft nimmt beim Durchströmen die am Tag in das PCM-Material gespeicherte Wärme auf und entlädt somit den PCM Speicher. Die Kühldecke ist am nächsten Tag wieder einsatzbereit.



Um eine gute Klimatisierung gewährleisten zu können, ist eine Temperatur- und Drehzahlregelung der vier Lüfter in den Kühlkanälen sowie Steuerung der zugehörigen Klappen notwendig. Für die Regelung wird die bereits genannte SPS eingesetzt. Auf der Feldbusebene des Controllers werden acht Temperatursensoren (je Kanal einer am Anfang und einer am Ende) über Analogeingänge sowie die Lüfter selbst über Analogausgänge eingebunden. Die SPS bietet den Vorteil, dass die Regelung unterlagert zum eigentlichen Elektrobussystem KNX erfolgen kann, da die Regelung auf der Feldbusebene erfolgt. Es wird so eine Geschwindigkeitsreduktion des KNX vermieden. Sie bietet aber auch den Vorteil, dass bei Bedarf eine Kommunikation mit dem KNX System stattfinden kann. Die Raum- und Außentemperatur wird so über die KNX Schnittstelle über in dem Innenraum verbaute KNX Temperatursensoren sowie der Wetterstation zur Regelung herangezogen. Dies geschieht nicht kontinuierlich und hat daher keine Auswirkung auf die Geschwindigkeit des KNX Systems. Die Klappen werden über den Feldbuscontroller gesteuert, werden jedoch durch KNX Aktoren angesteuert.

Anhand der Abbildung wird die Funktionsweise erklärt. Der Speichervorgang wird gestartet, sobald die SPS eine größere Raumtemperatur als die vorgegebene Solltemperatur durch einen der beiden KNX Raumtemperatursensoren ermittelt (roter Pfad). Die SPS schaltet darauf basierend auf KNX Intelligent Switching die vier Lüfter ein. Da die Anfangstemperaturen in den Kanälen durch den vorher fehlenden Luftaustausch verfälscht sein könnten, werden die Lüfter 15 Minuten ohne Regelung betrieben. Nach 15 Minuten wird, basierend auf den Temperatursensoren in den Kanälen (dunkelroter Pfad), die Differenz zwischen Eintritts- und Austrittstemperatur der Kanäle gebildet. Aus der Differenz berechnet die SPS die abgegebene Wärmemenge an das PCM-Material. Die Menge die aktuell abgegeben wird, sinkt mit der Zeit, da der Speicher sich zu sättigen beginnt. Sobald die aktuell abgegebene Wärmeleistung kleiner als die elektrische Leistung der Lüfter wird, werden die Lüfter deaktiviert (grüner Pfad). Der Speicher ist voll.

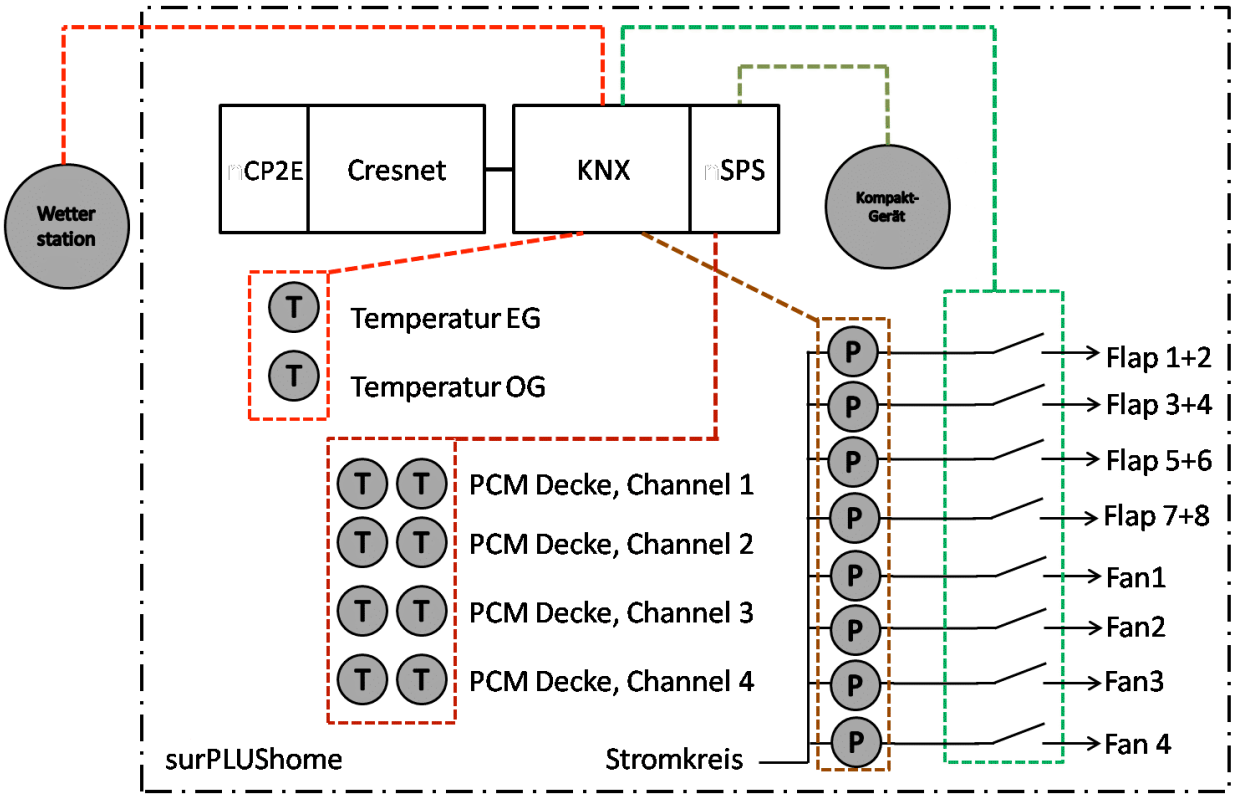


Abbildung: Schema Klimatechnik und Sensorik

Der Entspeichervorgang findet nachts statt. Sobald die Außentemperatur, gemessen durch die KNX Wetterstation, unter die minimale Temperatur, die zum Entspeichern notwendig ist, fällt (roter Pfad), werden die Außenklappen geöffnet und die Lüfter gestartet (grüner

Pfad). Sobald die Temperaturdifferenz innerhalb der Kanäle (dunkelroter Pfad) kleiner als eine Referenztemperatur wird, werden die Lüfter ausgeschaltet und die Klappen geschlossen. Das PCM Material ist entladen.

Die Steuerung der Klappen erfolgt durch die SPS über KNX Schaltaktoren (Intelligent Switching, grüner Pfad).

Da die PCM Klimadecke zum Kühlen geeignet ist, wird zusätzlich ein Kompaktlüftungsgerät mit integrierter Wärmepumpe verwendet. Dieses ist über eine Mod-Bus-Schnittstelle an die SPS gekoppelt.

Die Steuerung der Klimatisierung (siehe Abbildung) erfolgt intuitiv über das Touchpanel, auf welchem auch die Temperaturwerte der Kanäle angezeigt werden.

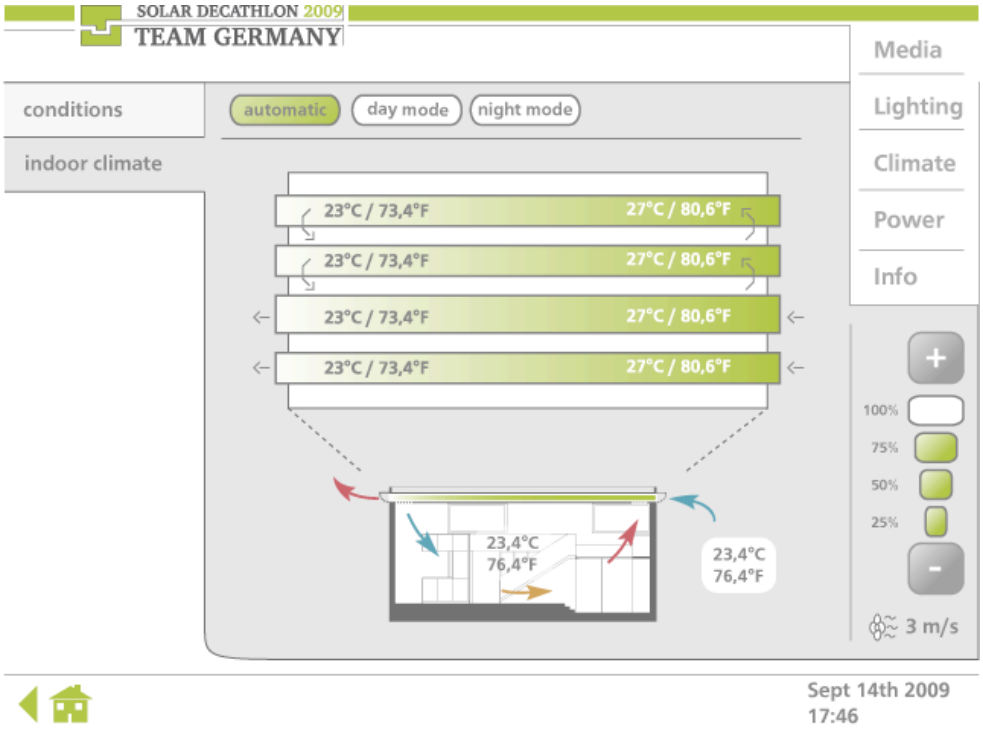


Abbildung: Paneloberfläche Steuerung PCM Klimatisierung

Abbildung: Montage der PCM-Module in den vier Deckenkanälen

2.1.6. Lichttechnik

Eine Mischung verschiedener energieeffizienter LED-Leuchtmittel ermöglicht es, die unterschiedlichsten Beleuchtungsszenarien zu definieren. Schalten und Dimmen mit Hilfe eines KNX Bussystems sorgt für den nötigen Bedienkomfort.

Als Leuchtmittel für die Grundbeleuchtung des multifunktionalen Wohnraums kommen LED-Leisten und LED-Spots zum Einsatz. Das Fachgebiet Regenerative Energien und Entwerfen und Energieeffizientes Bauen entwickelten unterstützt durch das Fachgebiet für Lichttechnik am Institut für Elektromechanische Konstruktionen ein Lichtkonzept mit verschiedenen Lichtgruppen und Lichtszenarien. Schalt-/Dimmaktoren ermöglichen die flexible und individuelle Abstimmung verschiedener Lichtszenarien. Die Lichtszenarien können über das Touchpanel ausgewählt werden.

Abbildung: Touchdisplay-Oberfläche zur Lichtsteuerung

Eine Besonderheit stellt die farbige Akzentbeleuchtung der zentralen Elemente im Innenraum dar. In die Acrylglas-Wand- und Türverkleidungen wird über RGB-LED-Streifen verschiedenfarbiges Licht eingekoppelt. Die Ansteuerung der Rot-, Grün- und Blauanteile über KNX Schalt-/Dimmaktoren ermöglicht die individuelle Einstellung verschiedener Farbwerte über das Touchpanel. Durch die farbige Beleuchtung können die Bewohner ihr Haus je nach Stimmung und Anlass beleuchten sowie durch die Farbgebung individuell gestalten.

Abbildung: Akzentbeleuchtung des surPLUShome in Aktion (links), Dimmer Akzentbeleuchtung

3. Ökologisch, ökonomische und sozio-kulturelle Qualitäten

3.1. Ökologische Qualitäten: Energieeffizienz und Ressourcenschonung

Ökologische Qualitäten werden maßgeblich durch hohe Energieeffizienz und weitreichende Ressourcenschonung erbracht. Dabei müssen alle Energie- und Stoffströme für die gesamte Lebensphase des Gebäudes von der Erstellung über die Nutzung bis zum Rückbau ermittelt werden und insbesondere folgende Faktoren Berücksichtigung finden:

- Energieverbrauch der Materialgewinnung, Materialverarbeitung und Baustoffherstellung
- Transportenergieverbrauch
- Energieverbrauch der Gebäudeerstellung
- Flächenverbrauch
- Emissionen durch Erstellung und Betrieb des Gebäudes
- Energieverbrauch und Emission durch Reinigung, Wartung, Instandhaltungs- und Werterhaltungsmaßnahmen
- Energieverbrauch durch Beheizung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung, Kühlung, Durchlüftung und sonstige technische Anlagen
- Energetische Nennleistung des Gebäudes
- Lebensdauer und Wiederverwendbarkeit von Baustoffen

Als Faustformel für eine hohe ökologische Qualität lässt sich folgende Gleichung definieren:

Maximale Energieeffizienz erneuerbarer Energieträger =

Maximale Energie-Nennleistung (durch erneuerbare Primärenergie) –

Minimaler nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf

Für eine umweltschonende Gesamtkonzeption muss das Verhältnis zwischen dem Beitrag von Werkstoffen und technischen Anlagen zur Energieeffizienz des Gebäudes und dem mit deren Herstellung verbundenen Energie- und Ressourcenverbrauch abgewogen werden. Ebenso sind die wechselseitigen Wirkungen der zum Einsatz kommenden

energieeffizienten Komponenten im Hinblick auf die Gesamtenergiebilanz des Baus zu beachten. Die ökologische Nachhaltigkeit des Gebäudes ist nicht zuletzt von der Absehbarkeit seines lebenszyklischen Energie- und Ressourcenbedarfs abhängig, der vor allem durch die Langlebigkeit seiner Komponenten sowie deren Anschlussfähigkeit an bauenergetische Innovationen bestimmt sein wird. Vor der Aufnahme der Gebäudeerstellung sind daher umfangreiche Gebäudesimulationen zu empfehlen.

Einsatz aufeinander abgestimmter passiver und aktiver Effizienzsysteme

Eine positive Energiebilanz kann durch Kombination aktiver und passiver Techniken erreicht werden. Als passive Systeme zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs kommen insbesondere hocheffiziente Dämmtechniken, Isolierverglasungen, der Einsatz wärmespeichernder Materialien mit hohen Nutzunsgraden, Verschattungssysteme, die Reduzierung des Energiebedarfs durch technische Geräte und Gebäudeautomatisierung infrage. Daneben spielen weitere bauliche Faktoren wie die thermischen Bedingungen des Raumkonzeptes, die Kompaktheit und Luftdichtheit des Baukörpers sowie die Lage, Größe und Exposition von Fenstern und Gebäudeöffnungen eine wichtige Rolle. Als aktive Systeme zur Gewinnung von Energie kommt vor allem die Nutzung von Solarenergie durch photovoltaische Stromerzeugung und die Wärmegewinnung durch Solarkollektoren, ferner Geothermie, Wind- und Wasserkraft in Betracht. Ein ebenso wichtiger Faktor für die Gebäudeeffizienz sind aktive Systeme wie Wärmepumpe/-ventilation und Kälteanlagen mit hohen Wirkungsgraden.

Senkung des Primärenergiebedarfs und Energieverbrauchs durch ständige Betriebsmittel

Eine Verringerung des Primärenergiebedarfs ist durch einen hohen Gesamtwirkungsgrad der baulichen Anlage erreichbar. Dabei sind der Wirkungsgrad der einzelnen technischen Systeme, das Maß der Wärmerückgewinnung und der Nutzungsgrad energiespeichernder Materialien von Bedeutung. Durch optimalen Einsatz von Techniken kann die Gebäude-Energieleistung im Verhältnis zu dem Bauvolumen und damit die überschüssige erneuerbare Primärenergie zur externen Nutzung durch andere Gebäude erhöht werden. Die Ausnutzung von Abwärme durch Wärmerückgewinnungssysteme mit hohen Rückwärmezahlen hilft den Nacherwärmungsbedarf senken und spart zudem elektrische Energie für die thermische Regulierung des Gebäudes. Thermische Energiespeicher mit

hohen Nutzungsgraden, wie Latentspeicher (PCM) oder auch gebäudeexterne Erdwärmespeicher sind weitere nachhaltige Quellen der Versorgung und verbessern die Energiebilanz des Gebäudes. Nicht zuletzt ist im Sinne der Vernetzung von Gebäudefunktionen und meteorologischen Bedingungen der Einsatz von Bussystemen zur Gebäudeautomatisierung und damit zur Senkung des Primärenergiebedarfs sinnvoll.

Sicherung der langfristigen Energieeffizienz des Gebäudes

Die ökologische Nachhaltigkeit ist insbesondere vom Vernetzungsgrad innerhalb der Planung und dem Verschleiß bzw. der Lebensdauer von Materialien und technischen Anlagen, ferner auch von der Absehbarkeit von bautechnologischen Entwicklungen im Gebäudelebenszyklus abhängig. Eine integrale, für alle beteiligten Fachplaner und Bauherren transparente und von deren kontinuierlichen Austausch geprägte Planungsphase vermeidet negative Auswirkungen auf die erwartete Ökobilanz durch technische Dysfunktionalität, vermeidbarer Materialabnutzung, Energieverluste durch fehlerhaften Einbau oder auch falschen Einschätzungen des Gebäudeverhaltens. Für eine nachhaltige Planung ist daher der Einsatz von Gebäudesimulationen auf der Grundlage von Material- und Klimadatendanken und dynamischen Simulationsprogrammen zu empfehlen. Im Anschluss hieran sollten zur Sicherung der Nachhaltigkeit möglichst umfassend auf langlebige, abnutzungsresistente Werkstoffe und Bauteile zurückgegriffen werden. Vermieden werden kann hierdurch, dass sich Verschleißerscheinungen insbesondere zwischen verbundenen Materialien übertragen und damit deren physikalische Eigenschaften beeinträchtigt werden. Ein schwer einzuschätzender Faktor ist die weitere Entwicklung gebäudetechnischer Effizienzsysteme. Im Sinne der Anpassungsfähigkeit an künftige, den Lebenszyklus und die Gebäudeeffizienz befördernde Innovationen sollte bei der Planung insbesondere auf Zugänglichkeit und Adaptabilität der technischen Anlagen geachtet werden.

Schonung von Flächen-, Energie- und Rohstoffressourcen

Der Ressourcenverbrauch von Gebäuden ist ein zentraler Aspekt ökologischer Nachhaltigkeit und anhand des gesamten Lebenszyklus von der Planung bis zum Rückbau zu bilanzieren. Schon während der Planung können Mehrverbräuche durch eine genaue Bedarfsanalyse und Abstimmung der baulichen Komponenten ausgeschlossen werden.

Entscheidend für die Schonung von Rohstoffressourcen ist vor allem die Verwendung langlebiger, wartungsarmer, wiederverwendbarer bzw. wiederherstellbarer Materialien. Dies gilt gleichermaßen für die Verwendung von Rohmaterialien wie für Verbund- und synthetische Werkstoffe, aber auch für Hilfs- und Betriebsstoffe. Die Verwendung von energieaufwändigen Verbundstoffen und schwerer lösbarer Verbundkonstruktionen ist jeweils mit deren ökologischen Nutzen abzuwägen. Durch Rückgriff auf lokale Rohstoffquellen und Bezug von Bauteilen bei lokalen Zulieferern lässt sich die benötigte Transportenergie auf ein Minimum reduzieren. Im Sinne einer Verringerung der Herstellungsenergie ist auf Kompatibilität und somit leichte Montierbarkeit der einzelnen Bauteile zu achten. Schließlich ist die durch Versiegelung, Versorgung und das Gebäude anfallende Erschließungsfläche selbst möglichst gering zu halten. Hierbei spielen neben der Flächeneffizienz des Gebäudes auch eine Reihe externer Bedingungen wie die städtebauliche und infrastrukturelle Anbindung an bestehende Strukturen sowie die lokale Bebauungsdichte eine bedeutsame Rolle.

Verringerung von baulichen Einflüssen auf Klima, Boden und Grundwasser

Im Anschluss hieran ist ökologisch nachhaltiges Bauen zur weitgehenden Schonung der Umwelt verpflichtet. Dies schließt globale Umweltbedingungen wie lokale Besonderheiten ein. Zum Schutz der globalen Umwelt sind Beeinflussungen des atmosphärischen Ozonhaushalts, des Treibhauseffekts sowie Versauerungseffekte zu vermeiden, also generell Luftschadstoff-, Abwärme- sowie grundwasserbeeinträchtigende Emissionen zu verringern. In Bezug auf das Abwärmeverhalten des Gebäudes gilt: während energiespeichernde Elemente der Gebäudehülle einen hohen Absorptionsgrad haben sollten, müssen nicht energiespeichernde Hüllbestandteile umgekehrt einen hohen Reflektionsgrad aufweisen. Ebenso trägt gleichzeitig eine gute Gebäudedichte und hohe thermische Masse zur Verringerung der Wärmeemission bei. Diese Eigenschaft ist auch für das lokale Mikroklima am Gebäudestandtort von hervorgehobener Bedeutung, da die in verdichteten städtischen Umgebungen die Bildung von sogenannten Wärmeinseln vermieden wird. Zu berücksichtigen sind auch Faktoren der Grundwasser- und Bodenbeeinträchtigung durch Stickstoff-, Phosphor- und Schwefelverbindungen, die mit der Auswaschung von Verbrennungsemissionen sowie Bau- und Betriebshilfsstoffen in den Untergrund gelangen können. Ein positiver mikroklimatischer und hydrologischer

Effekt ist vor allem durch eine entsprechend nachhaltige Planung und Bepflanzung der Freiflächen zu erreichen.

3.2. Ökonomische Qualitäten: Wirtschaftlichkeit und Marktfähigkeit

Für die Bewertung der Gesamtwirtschaftlichkeit von Gebäuden sollten sämtliche Investitions-, Erstellungs-, Betriebs- und Instandhaltungskosten eines Gebäudes einbezogen werden. Dazu zählen insbesondere:

- Planungskosten
- Flächenbeanspruchung / ggf. standörtliche Bedarfsermittlung
- Erschließungskosten
- Kosten für Konstruktion, Gebäudehülle, Innenausbau und Gebäudetechnik
- Baunebenkosten
- Energieverbrauchskosten (Heiz-, Warmwasser-, Kühlungs- und Stromkosten)
- Reinigungs-, Wartungs-, Instandhaltungs- und Werterhaltungskosten
- Bauunterhaltskosten

Auch diese Kriterien lassen sich durch eine verkürzte Formel beschreiben:

Hohe Gesamtwirtschaftlichkeit = Minimale Kosten im Gebäudelebenszyklus + Maximale Wertstabilität

Die Gesamtwirtschaftlichkeit ist einerseits in hohem Maße von den Kosten der Teilprozesse Planung, Betrieb/Nutzung und Rückbau, andererseits aber auch von den Investitions-, Betriebs- und Erhaltungskosten der komponierten Gebäudeelemente abhängig. Ein hoher Aufwand für eine durchdachte Planung wird sich in jedem Fall auf die Langzeitbilanz auswirken, ebenso wie die sorgfältige Kombination von Baustoffen und technischen Anlagen Folgekosten für Wartung und Erneuerung vermeiden hilft.

Minimierung des Kostenaufwandes für Planung, Herstellung, Betrieb, Um- und Rückbau des Gebäudes

Die Minimierung von Erstinvestitionskosten und die relative Verminderung von Baufolgekosten sind zentrale ökonomische Nachhaltigkeitsziele. Bei der Planung von Plusenergiehäusern ist demgemäß auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen

Planungsschritte zu achten. Für Planer, Bauherren und Entscheidungsträger nachvollziehbare Planungsmaßnahmen, deren Einbettung in das Gesamtkonzept und die Dokumentation des Prozesses verringern Planungs-, Herstellungs- und Folgekosten und bieten darüber hinaus bieten wichtige Orientierungsgrundlagen für die Planung weiterer Gebäudegenerationen. Dieses Transparenzkriterium gilt auch für die Phase der Bauerstellung selbst, in der durch fachlichen Austausch der Baudienstleister und unterbrechungsfreier Montage Arbeitskosten gering gehalten werden können. Dagegen machen Mehrinvestitionen für die Bauherstellung dann Sinn, wenn sie durch die Einsparung von Baufolgekosten für Wartung, Reparatur und Austausch von Gebäudeelementen wieder ausgeglichen werden können. Dies betrifft auch sämtliche Mehrkosten, die eine Erhöhung der Energieeffizienz herbeiführen und sich während der Gebäudebetriebszeit frühzeitig amortisieren. Durch Mehrinvestition erzielte ökologische Qualität kann sich bei autarken Gebäuden sogar schon während der Bauphase ökonomisch nachhaltig niederschlagen, da Erschließungs- und Baufolgekosten für die externe Energieversorgung entfallen. Auch eine hohe Flächeneffizienz des Baukörpers gehört zu den Kriterien ökonomischer Nachhaltigkeit, da hierdurch nicht nur Anlagerenditen und somit das Verhältnis von Gebäude- und Bodenwert deutlich erhöht werden kann, sondern auch die durchschnittlichen Herstellungs- und Unterhaltungskosten pro Flächeneinheit niedriger ausfallen. Schließlich beeinflusst auch eine modulare Konstruktion und Innengestaltung die Gesamtwirtschaftlichkeit, da hierdurch der Arbeits-Aufwand für die Verbindung von Materialien und Bauteilen sowie Kosten für künftige Konversionen und Erweiterungen gesenkt werden können.

Einschätzung und Verringerung von Lebenszykluskosten

Die einzelnen phasenbezogenen Kosten für Planung, Herstellung, Betrieb und Nutzung, Um- und Rückbau fließen in die Berechnung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes ein. Deren Einschätzung sollte anhand von feinmaschigen Prozessmodellen unter Einbeziehung verschiedener ökonomischer Entwicklungsszenarien, der Lebensdauer und Wartungsintensität verwendeter Werkstoffe und Bauteile sowie der erwarteten energetischen Unterhaltungskosten berechnet werden. Gegenüber Bewirtschaftungskosten relativ höhere Herstellungskosten schlagen sich im Bereich des energieeffizienten Bauens zunehmend positiv auf die Gesamtwirtschaftlichkeit von Gebäuden nieder. Auf eine

Formel gebracht: Hohe ökologische und materielle Qualitäten verringern Lebenszykluskosten maßgeblich. Auch die mögliche Preisentwicklung von Materialien, technischen Komponenten und Dienstleistungen müssen bei der Berechnung der Lebenszykluskosten einbezogen werden. Der Rückgriff auf Daten zur Marktentwicklung im Bereich des energieeffizienten Bauens garantiert keine vollständige Sicherheit für die Kostenprognose. Gerade deshalb bildet er umso mehr ein nicht zu unterschätzendes Kriterium für die kontinuierliche Projektierung der Aufwendungen im Lebenszyklus. Die ökonomische Nachhaltigkeit eines Gebäudes ist durch seine energetische Arbeit auch bedingt von Umwelt- und Klimaentwicklungen abhängig, durch die sich die zur Verfügung stehende regenerative Energie, z.B. vorhandene solare Strahlungsenergie, lokal verändern kann, so dass die Energiebilanz des Gebäudes sich direkt auf dessen Lebenszykluskosten umlegt. Auch Veränderungen der angrenzenden Bausubstanz und Bepflanzung am Standort können sich auf das vorhandene Energievolumen auswirken und müssen bei der somit Berechnung der Gesamtwirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Schließlich wirken sich auch soziale Faktoren wie Nutzerverhalten und –erwartungen und die damit verbundenen Kosten, die während des Gebäudebetriebs entstehen, auf dessen Kostenbilanz aus. Die Gesamtvorhersage der Lebenszykluskosten beinhaltet also mehr oder weniger abhängige und somit kalkulierbare Elemente, die den Rahmen des kostenbezogenen Ereignisraums bilden und daher in dynamischen Lebenszyklusmodellen niedergelegt werden sollten.

Gewährleistung von Wertstabilität

Eine hohe Wertstabilität von Gebäuden lässt sich durch eine hohe Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und Umnutzbarkeit, ein hohes Kosten-Nutzen-Verhältnis und eine sorgsame Standortwahl erreichen. Die Fähigkeit eines Gebäudes, im Lebenszyklus auf verändernde Nutzungsansprüche anzusprechen, bemisst sich vor allem nach der Kostenintensität baulicher Aufwendungen, die mit dem Wandel einhergehen. Ziel für die Wertsicherung ist es daher, die Schaffung qualitativ hochwertiger Nutz- und Wohnräume mit einem integrierten baulichen Konzept für verschiedene Umnutzungen bzw. Zwischennutzungen zu verbinden, um bauliche Übergangsphasen und Ausfallrisiken zu reduzieren. Zudem wirkt sich eine ökologisch nachhaltige, ressourcenschonende wie verbrauchsmindernde Planung auf die langfristige Betriebskostenbilanz aus: Niedrige

Kostenerwartungen und entsprechende Kostensicherheiten erhöhen den Gebäudewert genauso wie dessen Markfähigkeit. Schließlich kommt der Wahl des Standorts und dessen geographischer, siedlungsräumlicher und städtischer Quartierslage eine hohe Bedeutung im Sinne der Wertsicherung zu. Standortrisiken durch Naturgewalten oder sog. Man-Made-Hazards sollten niedrig sein. Der langfristige Einfluss von Außenluftqualität, Lärmbelastung, Bodenbeschaffenheit, aber auch von stadt- und landschaftsbildlichen Sichtbeziehungen auf den Immobilienstandort und somit den Wert des Gebäudes sollte bei der Wertprognose ebenso mitbedacht werden wie die Wirkungen energieeffizienten Bauens auf die Qualität des Mikrostandortes. Quartiers- oder ortsteilbezogene Qualitäten sind unter anderem das assoziierte Image und die Attraktivität, die Konflikt- und Synergiepotenziale verschiedener Nutzungen, der bauliche Erhaltungszustand und sozialräumliche und infrastrukturelle Indikatoren. Im Zusammenspiel mit besonderen sozialen Quartiers-, Stadt- und Anbindungsstrukturen und deren weiterer Entwicklung wird sich im umgekehrten Sinne auch die Entscheidung, für welche Nutzergruppe gebaut werden soll, langfristig auf den Gebäudewert auswirken. Ähnlich wie bei der Einschätzung der Lebenszykluskosten ist die Sicherung der Wertstabilität mit einer Gemengelage aus unterschiedlich projektierbaren Einflüssen verbunden.

Reduzierung von Versorgungs- und Transportkosten

Als weiteres Kriterium für die ökonomische Qualität kommen die Kosten für Transport- und Versorgung zum Tragen. Durch die Reduzierung von Wegen für den Materialtransport greifen wiederum ökologische und ökonomische Qualitäten ineinander. In diesem Sinne ist, sofern energetisch sinnvoll, der Bezug lokaler Rohstoffressourcen und die Inanspruchnahme lokaler Zulieferer vorzuziehen. Auch im Hinblick auf die Beauftragung von Planern, deren regelmäßige Präsenz am Standort nach wie vor unabdingbar für die bauliche Qualitätssicherung ist, können weite Anfahrtswege vermieden werden, sofern ein nahräumliches Angebot vorhanden ist. Ebenso spielt die Nähe zu Versorgungseinrichtungen für den täglichen und mittelfristigen Bedarf und die infrastrukturelle Einbettung eine besondere Rolle für die indirekten Kosten einer Standortwahl. Eine gute Anbindung an das technische und soziale Versorgungsnetz gehört zu den wichtigsten Voraussetzungen für die ökonomische Qualität, obwohl sie nur bei der Bauversorgung direkt auf die Lebenszykluskosten einwirken. Dies gilt ebenso für

die standörtliche Medienversorgung, die beispielsweise im Falle von mangelhafter Netzabdeckung oder Fehlen einer Breitbandanbindung ökonomische Nachteile oder Zusatzinvestitionen mit sich bringt. Eine allzu periphere Lage energieeffizienter Gebäude ist daher zu vermeiden.

3.3. Soziokulturelle Qualitäten: Architektonische und gesellschaftliche Nachhaltigkeit

Soziokulturelle Nachhaltigkeit ist von einer ganzen Reihe gesellschaftlicher Prozesse und wohnsoziologischer Faktoren abhängig, die auf die Nutzungstauglichkeit, den ästhetischen Status, die Marktfähigkeit und kulturelle Bewertung von Gebäuden und den durch sie hervorgebrachten Lebensumfeldern einwirken. Dazu zählen:

- Allgemeine und spezielle gesellschaftliche Nutzerbedürfnisse / Lebensqualitäten
- Gebäudegeometrie und Raumaufteilung
- hohe Nutzungsflexibilität und Adaptabilität des Gebäudes
- Gesamtarchitektur des Gebäudes
- Gestaltung, Materialität und Farbgebung
- Beleuchtung und Gebäudeakustik
- Thermische Behaglichkeit und Komfort
- Transparenz der Gebäudesteuerung und des Gebäudeverhaltens
- Standortflexibilität, Ensembletauglichkeit, städtebauliche Integrationsfähigkeit
- Orientierung an baurechtlichen Optionen bzw. Einschränkungen sowie an raumplanerischen bzw. städtebaulichen Zielbestimmungen

Diese Kriterien für den Bau von Plusenergiehäusern lassen sich durch folgende Formel zusammenfassen:

Hohe Nutzungstauglichkeit = Maximale Funktionalität, Komfortabilität + städtebauliche und sozialräumliche Integration

Soziokulturelle Qualitäten gehören aus verschiedenen Gründen zu den Nachhaltigkeitsfaktoren, die sich besonders schwer einschätzen lassen. Zum Ersten sind sie der kontinuierlichen Veränderung gesellschaftlicher und kultureller Werte sowie baurechtlicher und planungspolitischer Einflüsse unterworfen. Des Weiteren ist Bauen

und Wohnen (im Gegensatz z.B. zur Autonutzung) relativ „konservativ“ besetzt, da einerseits niedrigere Sofortkosten bei der Bauherstellung der Aussicht auf kürzere Amortisationszeiten vorgezogen werden und andererseits akzeptanzverzögernde Effekte einer Idealisierung herkömmlicher Wohnkonzepte die Bereitschaft zu innovativem Bauen in gewissen Grenzen hält. Ein dritter Wirkungskomplex ist das Wechselspiel zwischen baulichem Bestand, Modernisierung und Innovation, von dem (wie z.B. die im Zeitverlauf umkehrende gesellschaftliche Bewertung von sanierten Altbauwohnungen und Wohnhochhäusern zeigt) die Gebäudewerte und sozialen Qualitäten von Wohnformen in hohem Maße abhängen.

Ausrichtung des Gebäudekonzeptes auf unterschiedliche / wandelnde Nutzerbedürfnisse und Wohnansprüche

Die Einstellung auf sich verändernde Nutzererwartungen gehört zu den engeren Aufgaben im Rahmen der Sicherung sozialer Nachhaltigkeit. Sie beinhaltet die Schaffung von Raumkonzepten mit einer hohen alltagsbezogenen Nutzungsflexibilität. Diese kann durch ein integriertes, bewegliches und multifunktionales Mobiliar gewährleistet werden, das zugleich herkömmlichen Einrichtungsgegenständen in keiner Weise nachstehen sollte und im unbenutzten Zustand möglichst wenig Raum einnehmen sollte. Die räumliche Verteilung von Primärfunktionen wie Kochen und Essen, Körperpflege, Arbeiten, Schlafen und Freizeitgestaltung sollte auf der Basis der Ermittlung von Wohnansprüchen mögliche Konflikte zwischen gleichzeitigen und aufeinanderfolgenden Nutzungen weitestgehend ausschließen. Zur Gewährleistung von Nutzungsflexibilität sollten daher auch Flächen für die Einrichtung nach individuellen Gesichtspunkten offen bleiben. In diesem Sinne sollte das Innenraumkonzept auch durch eine klare Hierarchie von Sichtachsen und der Möglichkeit zur Trennung und Kombination von Nutzungen geprägt sein. Analog zum Lebenszyklus des Gebäudes ist darüber hinaus auch eine hohe Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Nutzerbedürfnisse im Lebensverlauf anzustreben: dazu zählen Kinderfreundlichkeit, Barrierefreiheit und Zugänglichkeit sowie grundsätzlich Möglichkeiten zur lebensphasenabhängigen Veränderung der räumlichen Verteilung und Flächeninanspruchnahme von Funktionen. Eine hohe mikrosoziale Nachhaltigkeit im Sinne langfristiger Nutzungsflexibilität ist deshalb durch Schaffung maximaler Spielräume für die Einflussnahme durch Nutzer zu erreichen, z.B. die weitgehende Modularisierung

und Umbaufähigkeit von Innenraumkomponenten. Eine solche Flexibilität im erweiterten Sinne sollte mit der Möglichkeit zur unaufwendigen Erweiterung des Gebäudes gegeben sein, die durch eine adaptierungsfähiges Tragwerk und modulare Hüllelemente hergestellt werden kann.

Innovative Architektur und Gestaltung

Nachhaltiges Bauen ist in seiner Gestaltungsfreiheit in keiner Weise eingeschränkt, sondern gewinnt durch die Verfügbarkeit neuer Materialien, Halbzeuge und Gebäudeelemente architektonische Spielräume hinzu. Energieeffizientes Entwerfen sollte daher ästhetische Belange und Stilfragen kreativ verhandeln und in die Gebäudekonzeption einfließen lassen. Die soziokulturelle Qualität ist umso höher, je intensiver innovatives Design und nachhaltige Nutzungstauglichkeit im Entwurf miteinander verschmolzen werden können. Eine gelungene Konvergenz von Design, Raumkonzept und Funktionalität führt in jedem Falle zu einer Aufwertung der Nutzungsqualitäten. Darüber hinaus können und sollten auch besondere Akzentuierungen der Außenwirkung durch stilistisch betonte Verkleidungselemente oder integrative „Kunst am Bau“ als raumwirksame Elemente gebauter Umwelt zum Einsatz kommen.

Visueller, thermischer und akustischer Komfort

Komfort und Behaglichkeit haben gesundheitliche, wohnpsychologische und -soziologische Bedeutung und sind damit wichtige Indikatoren für die soziokulturelle Qualität von Räumen. Da die thermischen, akustischen und visuellen Eigenschaften von Räumen subjektiv sehr unterschiedlich wahrgenommen werden, sollten Plusenergiehäuser entsprechende Anpassungsmöglichkeiten bereithalten. Hohe thermische Behaglichkeit wird durch nutzungsangemessene, variable Raumtemperatur, eine ausgewogene Temperaturverteilung zwischen den einzelnen Funktionsbereichen und eine angenehme Luftfeuchte erreicht. Angemessener Luftvolumenstrom, ausreichende Luftbewegung und –verteilung sind neben ihren feuchteschutztechnischen Bedeutung für das Innenraumklima und damit dem thermischen Komfort wesentlich. Ebenso spielt die Beleuchtung für die visuelle Behaglichkeit der Nutzer eine außerordentliche Rolle. Ein geeigneter Tageslichtquotient und eine entsprechende Ausleuchtung durch künstliche Lichtquellen ist eine unverzichtbare Größe, die mit einer Reihe anderer Indikatoren wie Lichtführung,

Lichtstreuung, Lichthärte, Lichtverteilung, Lichtfarbe und Farbtemperatur, aber auch Eigenschaften der beleuchteten Innenelemente wie Raumfarben, Opazität, Reflektionseigenschaften und Oberflächentextur in einer komplexen Wechselbeziehung stehen. Ein flexibles Beleuchtungskonzept auf Basis individuell beeinflussbarer Beleuchtungsszenarien und Verschattungsmöglichkeiten ist somit ein anspruchsvolles Moment soziokultureller Nachhaltigkeit von Gebäuden. Dies gilt in gleicher Weise für die akustischen Eigenschaften von Gebäuden, die zum einen wirksamen Dämmschutz vor Schallimmissionen als auch gute räumliche Eigenschaften wie Trittschalldämmung, eine gute Schallabsorption, einen geringen Reflektionsgrad und niedrige Schalldiffusität aufweisen sollten.

Bedienbarkeit, Reinigungs- und Wartungsfreundlichkeit

Als weiteres Ziel für soziokulturelle Nachhaltigkeit können einfache Bedienbarkeit und hohe Transparenz der energetischen Arbeit des Gebäudes angeführt werden. Bedienungselemente und Monitoring der zum Teil sichtbar in die Wohnumwelt hineinverlagerte Energietechnik sollten sowohl ein benutzergerechtes Interaktionsdesign als auch eine gute Zugänglichkeit aufweisen. Die Präsenz energieeffizienter Technik sollte nicht als Fremdkörper wirken, sondern als diskretes und bedarfsoffenes Instrument in den Nutzungsraum integriert sein und somit ein hilfreiches Kommunikationswerkzeug zum besseren Verständnis des Gebäudes darstellen. Neben der Einflussnahme von Nutzern auf Lüftung, Sonnenschutz, Luft- und Wassertemperatur, Luftfeuchte sowie die Steuerung von Tages- und Kunstlicht können auch erweiterte Bedienungsoptionen zur manuellen Steuerung bereitliegen. Entscheidend ist, dass der Umfang an Bedienungsfunktionen dem Ansprüchen und technischen Vermögen der Nutzer entspricht. Dies gilt nicht weniger für die Reinigungs- und Wartungsfreundlichkeit des Baukörpers, dessen Tragkonstruktion, Außenhülle und Innenbau-Elemente aufgrund ihrer technischen und materiellen Ausführung eine aufwandsarme und effiziente Bearbeitung ermöglichen müssen.

Städtebauliche und landschaftsräumliche Integration

Jedes neue Gebäude stellt einen Eingriff in gewachsene Standortumgebungen und städtebauliche Strukturen dar, die ihrerseits einem ständigem Wandel unterworfen sind. Dies betrifft insbesondere energieeffizientes Bauen, da die veränderte Materialität der

Hülle und die Hausform von gewohnten Gebäudephysiognomien z.T. erheblich abweichen. Energieeffiziente Planung sollte daher stets einen besonders sorgfältigen Abgleich mit benachbarten Gebäudeensembles und städtebaulichen Charakteristiken beinhalten. Daher sollte nicht nur der singuläre Entwurf, sondern auch dessen Integration in bestehende Stadtlandschaften durch computergestützte Visualisierung in die Planungsperspektive einbezogen werden. Die Simulation der baulichen Veränderung von Siedlungen und Quartieren hilft bei der Entwicklung eines besseren Verständnisses der Wirkungen von Gebäuden und bildet darüber hinaus auch eine wichtige Inspirationsquelle bei der Suche nach geeigneten architektonischen und städtebaulichen Entwurfskonzepten.

Berücksichtigung der kulturellen und sozialen Auswirkungen

Wie die visuelle Gestalt von Gebäuden und ihre Wechselbeziehungen mit benachbarten baulichen Beständen nehmen auch die sie bewohnenden Menschen und ihre Nutzungsvorstellungen Einfluss auf umgebende sozialräumliche Strukturen. In Abhängigkeit davon, welche sozialen Gruppen oder sozioökonomischen Milieus durch energieeffiziente Gebäude angesprochen werden (sollen), können durch die Standortwahl für energieeffizientes Bauen und dessen nutzerbezogener Konzeptionalisierung sozialräumliche Durchmischung oder die Aufwertung von Stadt- und Siedlungsregionen, aber auch gentrifizierende und segregierende Effekte in Gang gesetzt werden. Für energieeffizientes Entwerfen heißt dies letztlich auch, Gebäudekonzepte mit stadt- und landschaftsplanerischen Belangen sowie mit ihrer Einbettung in soziale Kontexte des gebauten Raums in Beziehung zu setzen. Dazu bedarf es sowohl der Kommunikation mit anderen stadt- und baubezogenen Disziplinen als auch der planungsabhängigen Analyse lokaler Voraussetzungen, die durch bestehende Bausubstanz und ihre Bewohner gegeben sind. Schließlich impliziert energieeffiziente Planung eine deutlich veränderte Kultur des Bauens, in der sich innovatives Entwerfen mit einer bauökonomischen Nachhaltigkeitsperspektive und vielfältigen ökologischen Gesichtspunkten verbindet. Zur ihrer Aufgabe, diese zu etablieren, gehört es deshalb auch, die gesellschaftliche Akzeptanz gegenüber nachhaltigem Bauen durch Einbeziehung und Vermittlung ihrer Widerstände weiter zu befördern.

4. Anwendungen

Für den Anwendungsbezug stehen neben unterschiedlichen Baugrößen und vorstellbaren Nutzungsformen auch räumliche Einsatzbereiche in städtischen Kontexten im Vordergrund. Dabei muss zwischen den relativ engen Spielräumen für die Übertragbarkeit des konkreten Entwurfs und weiteren Möglichkeiten, die sich aus denkbaren Modifikationen im Sinne anderer Nutzungen ergeben, unterschieden werden. Die entsprechend differenzierten Einschätzungen hinsichtlich der Tragfähigkeit der Solar Decathlon Konzepte werden im Folgenden wiedergegeben.

- Für den Einsatz als Ensembles freistehender Einzelhäuser in Wohngebieten sind die Solar Decathlon Häuser in der jetzigen Entwurfsform noch nicht optimal geeignet, da sie sich nur bedingt für primäre Anwendungen als kontinuierliche Wohnsitze eignen. Als abgeschlossene Eigenheime ohne Erweiterungsmöglichkeit werfen die Konzepte insofern grundlegende Probleme auf, als die Planungs- und Veränderungsspielräume bei der wohnbezogenen Alltagsgestaltung und Lebensorganisation deutlich begrenzt sind. Dadurch dürfte die Nachfrage nach solchen kleinräumigen Passivhäusern auch eher gering sein.
- In der jetzigen Form würden sich die Gebäude jedoch gut für reduzierte Wohnzwecke, also für häufig wechselnde oder vorübergehende Nutzungen eignen. In diesem Sinne wären Anwendungen im Bereich des nachhaltigen Tourismus in Form von exklusiven „High-End“-Ferienhäusern oder auch Trailerparks vorstellbar. Auch an den Einsatz als autarke, umweltschonende „Insellösung“ in infrastrukturschwachen oder unter Naturschutz stehenden Gebieten wäre hierbei zu denken.
- In Form der aktuellen „Forschungsobjekte“ sind die Solar Decathlon Häuser nach Ansicht vieler Befragter noch nicht für dichtere Bebauungen geeignet. Als Geschoss- und Reihenhaus wäre das Konzept durchaus vermarktbar, liefe aber auf ein völlig anderes System hinaus, dem die Entwicklung größerer Gebäudeeinheiten oder eine vollständige oder eine zumindest teilweise Modularisierung des Prototyps vorangehen müsste. Ein zentraler Diskussionspunkt ist die Wechselwirkung zwischen dem durch die bauliche Größe bedingten A/V-Verhältnis und der Energieeffizienz. Bei Einzelhäusern mit kleinen Bauvolumen wie den SD Häuser ergibt sich die

positive Energiebilanz vor allem aus der relativ großen verfügbaren Außenfläche (hohes A/V-Verhältnis). Bei Großbauten mit niedrigerem A/V-Verhältnis ließen sich jedoch aufgrund des hierbei wesentlich geringeren Primärenergiebedarfs pro m^3 durchaus gleichartige Energiebilanzen erzielen. Derzeit ist bis zu einem minimalen A/V-Wert von 0,3 eine positive Energiebilanz erzielbar. Der Bau größerer Einheiten läuft damit keineswegs dem Anspruch auf maximale Energieeffizienz zuwider. Bestimmte Anwendungen wie z.B. stark verdichtete Ensembles oder verschachtelte Großformen kämen jedoch allein aus energiewirtschaftlichen Gründen nicht in Frage, da hiermit nicht solche Überschüsse erzielt werden können wie bei freistehenden, ideal exponierten Gebäuden.

- Als weiterer Anwendungsbereich wird die Anlage der SD-Gebäude als nutzungsneutrale Container genannt. Damit könnte Platz- und Beanspruchungsfreiheit auch mit der jetzigen Größe geschaffen und die Häuser als anwendungsneutrale Cluster einem breiten Spektrum verschiedener Nutzungsansprüche gerecht werden. Auch hierbei entsteht die Frage, ob das Haus und dessen Raumkonzept als singuläres Set oder als addierbares, voll modularisiertes System sein sollte. Um differenzierten Anwendungsinteressen gleichermaßen begegnen zu können, wäre eine vollkommen modulare Konzeption vorzuziehen, die selbst im Bereich des Hochhausbaus zum Einsatz kommen könnte.
- Der Anwendung einer Aufstockung oder Erweiterung von bestehenden „konventionellen“ Gebäuden, denen die Solar Decathlon-Häuser als Energiezelle dienen könnten, wird mit entschiedener Ablehnung begegnet. Ein solcher Einsatz käme nicht nur einer energetischen Bilanzschönung von schlechten Gebäudewerten gleich, die nicht Sinn energieeffizienten Projektierens sei; er würde sich auch allein aufgrund des baulichen Aufwandes und der Kosten für die Verbindung und Abstimmung unterschiedlicher hausenergetischer Systeme auch nicht rechnen: der Energiebedarf von verbrauchsintensiven Gebäuden lässt sich daher durch passive Aufstockung in keiner Weise kompensieren. Vielmehr seien energetische Voll-Sanierungen in Betracht zu ziehen, die bei Einfamilienhäusern und im Geschosswohnungsbau schon längst zur gängigen Praxis gehören, durch die Gebäude komplett auf energieeffizientes Arbeiten umgestellt werden. Dementsprechend würde die Anwendung von Elementen der Solar Decathlon Häuser wie der

photovoltaischen Vollverkleidung bei der Sanierung von Altbauten wesentlich mehr Sinn machen.

- Als räumliche Anwendungsbereiche kämen aufgrund der genannten Einschätzungen insbesondere Randzonen von Städten und kleinstädtische Wohnumfelder mit moderaten Baudichten und entsprechenden Planungsfreiheiten infrage.

4.1.1. Nutzergruppen und Kosten

Für die Implementierung energieeffizienter Bauprojekte entsteht die entscheidende Frage, für welche Personen bzw. Gruppen Konzeptionen hochmoderner Plusenergiehäuser interessant sein könnten und welche Kosten mit der Anschaffung solcher Objekte verbunden sein dürfen. Die Einschätzungen sind auch hierbei nach den jeweiligen Optionen zur Anpassung an individuelle oder gruppenspezifische Nutzungserwartungen und der Vermarktungsfähigkeit des Konzeptes zu differenzieren.

- Einhelligkeit besteht darüber, dass sich ein Haus auf seine NutzerInnen ausrichten muss und nicht umgekehrt. Hierfür ist mit Blick auf die Verbindung von Nutzerfreundlichkeit mit innovativen Konzepten im Bereich des energieeffizienten Bauens noch viel zu tun. Tendenziell, so die verbreitete Einschätzung sei eine gewisse Multioptionalität bei der Bauplanung zu begrüßen, da es prinzipiell nicht möglich sei, ein energieeffizientes Haus zu bauen, dass verschiedenen Nutzeransprüchen gleichermaßen entgegenkommt, zumal bei der Entscheidung für die Bildung von Wohneigentum gerade im Bereich des energieeffizienten Bauens auch noch emotionale Faktoren eine entscheidende Rolle spielen. Die oftmals schwer abzuschätzenden, unterschiedlichen Befindlichkeiten in der Frage, ob ein Haus zu einem passt oder nicht, gehören zu den schwierigen Aufgaben, mit der die Architektur nachhaltigen Bauens konfrontiert ist.
- In der jetzigen Version entspräche das Haus den Vorstellungen einer eher marginalen Gruppe „Technik-affiner“ Hausbauer, die sich mit der Präsenz von haustechnischen Bedienungselementen in ihrem unmittelbaren häuslichen Lebensbereich identifizieren können. Dieser Einschätzung nach könnten sich jüngere Menschen, die den Umgang mit Computern und anderen Medien gewohnt sind, eher durch die

Gebäudekonzepte angesprochen fühlen, zumal ein Bedienungselement wie ein Touchscreen im Bereich der Haustechnik eine generelle Generationenfrage darstellt.

- Ein weitaus größerer Teil von NutzerInnen lehnt, so die vorwiegende Meinung, die Präsenz integraler technischer Elemente im Haus überwiegend ab. Sichtbare technologische Innovationen würden meist nur dann angenommen, wenn sie nicht mit Wohngewohnheiten und Nutzungserwartungen konkurriert. Diese Mehrheit werde durch das stark technikbefrachtete Innenraum-Konzept nicht ausreichend berücksichtigt. Daher müsse zumindest über diskretere und optionale Lösungen nachgedacht werden.
- Der mehrfach angesprochene Vergleich von Wohnansprüchen mit dem Komfort bei der Autonutzung ist problematisch: Während Autos auf der sensorischen Ebene „auf der Höhe der Zeit“ und damit technik-geladen sein dürfen, ist dies bei Häusern eher nicht der Fall. Wohnen ist, nicht nur im Hinblick auf die Sichtbarkeit von Technologie, überaus „konservativ“ assoziiert. Insofern sind Ansprüche von NutzerInnen im Bereich des Hausbaus stark an idealisierten Konzepten des Wohnens orientiert, die durch zu viel Innovation perpetuiert würden.
- Einschätzungen von Befragten zufolge gibt es zwar Nutzer, die sich mit ungewöhnlichen Konzeptionen anfreunden können, oftmals beziehen sich deren Erwartungen aber auf äußere Merkmale der Gebäude: Energieeffizienz soll nicht die Nutzungsgewohnheiten beeinflussen, sich aber „sehen lassen dürfen“, auch wenn dies wirtschaftlichen Kriterien widerspricht. In diesem Zusammenhang wurde die Einschätzung geäußert, dass energieeffiziente Technik mit zunehmender Etablierung und Verbreitung tendenziell unauffälliger werden wird. Der Annäherung von marktläufigen Nutzererwartungen und Innovationen im Hausbau käme dies letztlich entgegen. Dennoch bliebe festzustellen, dass Häuser dieser Art, weil sie nur für einen Teil von Bauherren interessant sein können, eine gewisse Marktbreite nicht überschreiten dürften.

Energieeffiziente Gebäudeentwicklung befindet sich in einer Zwickmühle, die anhand der Ergebnisse der Befragung deutlich geworden sein und für die weitere Entwicklung von Plusenergiehäusern wie den Solar Decathlon Konzepten der TU Konsequenzen haben dürfte: Einerseits muss sie bestehende und vielfach „hartnäckige“ Nutzererwartungen befriedigen, zum anderen muss sie neue Aufgaben erfüllen, denen durch ein sich wandelndes Verständnis der gesellschaftlichen Aufgaben von Bauen und Wohnen weiterer Nachdruck verliehen werden wird.

4.2. Leitfaden zum Bau eines surPlushome - Wohnhauses

Dieser Leitfaden ist eine Arbeitshilfe für das Planen und Bauen, den Betrieb und die Nutzung von surPLUShome-Gebäuden, auf deren Grundlage Nachhaltigkeit und Energieeffizienz auf höchstem Niveau verbunden und in Form gebauten Wohnraums realisiert werden sollen. Er bildet einen strategischen Rahmen, durch den sämtliche planvolle Komponenten und Lebenszyklus-Phasen von Wohngebäuden konzeptionell miteinander verwoben und damit Synergien im Sinne maximaler Nachhaltigkeit freigesetzt werden können.

4.2.1. Planungsgrundsätze

Kernziel des Leitfadens ist die Verbindung nachhaltiger Planungsprinzipien in einem prozessorientierten und ganzheitlichen Entwicklungskonzept. Dessen organisatorischen Rahmen bilden die drei folgenden Planungsgrundsätze:

- die Erstellung einer ganzheitlichen, sämtliche Faktoren verknüpfende Prozesskette der Gebäudeentstehung
- die Sicherstellung der langfristigen Gesamtwirtschaftlichkeit sowie der soziokulturellen und ökologischen Nachhaltigkeit des Gebäudes
- die kontinuierliche Evaluierung und Qualitätssicherung der Planungs- und Bauphasen

Gegenüber kumulativen und relativ isolierten Teilplanungen hat eine alle Phasen der Gebäudeentstehung und beteiligten Instanzen einbeziehende Konzeption den entscheidenden Vorteil, dass sie baubezogene Widrigkeiten im Entstehungsprozess nicht erst im Moment ihres Aufkommens aufgreifen muss, sondern bereits von Anfang an auf

ein überschaubares Maß reduzieren oder zumindest vorwegnehmen und somit einplanen kann. Dies erhöht nicht nur die Verlässlichkeit der Kostenkalkulation für die Bauphase, sondern auch die Sicherheit künftiger Betriebs- und Instandhaltungsaufwendungen und somit der ökologischen Nachhaltigkeit des Gebäudes. Teil dieses Rahmens sollte daher auch ein System zur Qualitätssicherung der Planungs- und Bauphasen sein, auf das während des Gebäudelebenszyklus und bei Anschlussprojekten gewinnbringend zurückgegriffen werden kann.

Innerhalb dieses planungsökonomischen Rahmens gelten drei gleichberechtigte und miteinander verbundene Gestaltungsprinzipien:

- Energieeffizienz und Ressourcenschonung
- Wirtschaftlichkeit und Marktfähigkeit
- Architektonische und soziale Nachhaltigkeit

Eine hohe Energieeffizienz gewährleistet eine weitgehende Unabhängigkeit der Gebäudeunterhaltung vom Versorgungsnetz und Ressourcenschonung. Beim Einsatz effizienzsteigernder Produkte ist auf Verhältnismäßigkeit zur Umweltverträglichkeit ihrer Herstellung zu achten. Das Energiekonzept sollte eine zuverlässige Einschätzung der Gebäudeleistung, um eine solche energetische Autonomie auch garantieren zu können.

Marktfähigkeit und Wirtschaftlichkeit im Bereich energieeffizienten Bauens können durch vorausschauende Projektionen gesichert werden. Dies beinhaltet sowohl planungsbeeinflussende Szenarien der zukünftigen Vermarktung und Weiterentwicklung, als auch die präzise Vorhersage der Kosteneffizienz solcher Gebäude im Gesamtlebenszyklus.

Auf diesen drei Säulen lassen sich folgende Planungsgrundsätze definieren:

Ökologische Qualitäten: Energieeffizienz und Ressourcenschonung

- Einsatz aufeinander abgestimmter passiver und aktiver Effizienzsysteme
- Senkung des Primärenergiebedarfs und Energieverbruchs durch ständige Betriebsmittel
- Gewährleistung der langfristigen energetischen Selbstversorgung des Gebäudes

- Schonung von Flächen-, Energie- und Rohstoffressourcen
- Schonung von Umwelt und Klima

Ökonomische Qualitäten: Wirtschaftlichkeit und Marktfähigkeit

- Minimierung des Aufwandes für Herstellung, Umbau und Abtragung des Gebäudes
- Geringe Lebenszykluskosten durch Verbund langlebiger Bauteile und –materialien
- Bezahlbarkeit und Wertstabilität
- Reduzierung von Versorgungs- und Transportkosten
- Optionalität und Adaptabilität technischer Systeme und Anschlüsse

Soziokulturelle Qualitäten: Architektonische und Soziale Nachhaltigkeit

- Ausrichtung des Gebäudekonzeptes auf unterschiedliche / wandelnde Nutzerbedürfnisse und Wohnansprüche
- Innovative Architektur und Gestaltung
- Visueller, thermischer und akustischer Komfort
- Bedienbarkeit, Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit
- Berücksichtigung der kulturellen und sozialen Auswirkungen des Gebäudes
- Städtebauliche und landschaftsräumliche Integration

Jeder dieser Planungsaspekte steht mit anderen in einer Wechselbeziehung, woraus die Aufgabe entsteht, die gleichrangigen Qualitäten in einem integralen und ausgewogenen Entwurf entsprechend zu berücksichtigen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Grundsätzlich wird zunächst vorausgesetzt, dass es zwischen den einzelnen Eigenschaften synergetische Beziehungen gibt, die im Rahmen des Planungskonzeptes analysiert, benannt und entsprechend genutzt werden sollen.

Die Nachhaltigkeit von Gebäuden hängt in hohem Maße von der konzeptionellen Vernetzung und Abstimmung ihrer planerischen und baulichen Elemente ab. Daher ist es bereits im Zusammenhang mit dem Projektanstoß von entscheidender Bedeutung, die einzelnen Planungsdomänen und deren bauliche Umsetzung nicht isoliert zu betrachten, sondern von Beginn an miteinander in Bezug zu setzen. Dies gilt insbesondere für die Abstimmung zwischen „harten“ Faktoren wie Baurichtlinien, Tragwerkskonstruktion, Gebäudehülle, Haustechnik etc. und „weichen“ Faktoren wie Architektur,

Nutzungsprognose, Innengestaltung sowie sozioökonomische und infrastrukturelle Abhängigkeiten des Standorts, die über komplexe Abhängigkeiten miteinander verwoben sind und daher auch im Rahmen einer integralen Planung miteinander korrespondieren sollten.

Ein solcher *ganzheitlicher Planungsansatz* lässt sich nur durch eine enge Verzahnung und kontinuierliche Zusammenarbeit aller beteiligten Fachplanungen und zukünftiger Nutzer realisieren. Es bedarf eines offenen und transparenten Kommunikationskreislaufs, der unter Federführung des Hauptplaners sicherzustellen ist. Dadurch können Konflikte zwischen verschiedenen planerischen Elementen, die sich im gebauten Zustand nur noch unter hohem zeitlichen und finanziellen Aufwand wieder beseitigen lassen, frühzeitig erkannt und vermieden werden. Gegenüber Planungen mit relativ isolierten und abgestuften Segmenten entsteht hierdurch zwar ein erhöhter zeitlicher Aufwand für die Mediatisierung der verschiedenen Planungsbereiche und ihrer Entscheidungsträger, der sich jedoch durch die hohe Nachhaltigkeit, einen verlängerten Lebenszyklus und eine langfristig günstigere Kostenbilanz des Gebäudes wieder relativieren lässt.[5]

Die Einwirkungsmöglichkeiten auf die Kosten sind zu Beginn des Bauvorhabens am größten und nehmen in den späteren Phasen stetig ab. Deshalb sollte sämtlicher Fachplanungsbedarf und die unterschiedlichen Interessen und Bedürfnisse von Nutzern frühzeitig eingebunden werden, um zusätzliche Kosten und enge Gestaltungsspielräume für Nachplanungen zu vermeiden. Im Rahmen der Planung ist der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes von Planung, Bau, Nutzung, Umnutzung, Erweiterung, Umbau, Rückbau bis zum ggf. eintretenden Abbruch einzubeziehen, um dessen *Gesamtwirtschaftlichkeit* einschätzen und optimieren zu können. Studien haben gezeigt, dass zwischen der nach betriebswirtschaftlichen Kriterien bemessenen Wirtschaftlichkeit von Gebäuden und der Erfüllung ökologischer Kriterien überwiegend positive Korrelationen bestehen.[6] Durch Entwicklungsszenarien auf Grundlage dieser Prozesskette können Effekte der Planung auf den ökonomischen Lebenszyklus und die ökologische Nachhaltigkeit von Gebäuden sichtbar gemacht und diese je nach Bedarf entsprechend modifiziert werden. Ein prozessorientiertes Monitoring bildet die Wertentwicklung und Rentabilität genauso wie

[5] Vgl. [Hausladen]
[6] Vgl.[Bahrdt]

langfristige Unterhaltungsbedarfe ab und liefert darüber hinaus Nutzern ein weitreichendes Verständnis von Gebäudelebenszyklen.

Für eine optimale Planung und Erstellung ist es notwendig, getroffene Entscheidungen und Schritte innerhalb der Baumaßnahme umfassend zu dokumentieren und allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen. Dadurch wird es möglich, Abläufe des Entstehungsprozesses zu prüfen, gegebenenfalls weiter zu verbessern und in Standards im Sinne energieeffizienter, ressourcenschonender und soziokulturell nachhaltiger Baukonzeptionen zu überführen. Durch ein solches System zur *Evaluierung und Qualitätssicherung von Planungs- und Bauphasen* können Richtlinien und konkrete Lösungen für Plusenergiehäuser formuliert werden, auf die in späteren Projekten immer wieder zurückgegriffen werden kann. Dies bedeutet nicht zuletzt eine erhebliche Kostenersparnis bei zukünftigen Bauvorhaben, da bewährte Konzepte herangezogen bzw. einzelne Maßnahmen miteinander kombiniert werden können. Nachhaltigkeitsorientiertes Qualitätsmanagement sollte jedoch nicht als feststehendes Prinzip fungieren: es entbindet Planer nicht davon, die Ausgewogenheit ihrer Entwürfe und deren Umsetzung immer aufs Neue zu prüfen, sondern sollte durch die Wiederholung dieser Schritte im Sinne einer multioptionalen Entscheidungshilfe immer weiter ausgebaut werden.

5. Konzept interdisziplinärer Forschung im Bereich energieeffizientes Bauen

Der Entwurf an sich ist Sache des Architekten und somit eine monodisziplinäre Aufgabe, deren Lösung von fachübergreifenden Kenntnissen und deren Aktualisierung lebt. Die Umsetzung erfordert daher die Zusammenarbeit verschiedenster Fachrichtungen, deren Koordination in der Hand des Bauleiters und Architekten liegt. Der von Anfang an integrale Ansatz, Technik- und Raumkonzept miteinander zu verbinden und aufeinander abzustimmen, erfordert von Beginn an eine enge Abstimmung mit anderen Fachbereichen.

So wurde im Rahmen der Planung und Realisierung des deutschen Beitrags surPLUShome zum Solar Decathlon 2009 innerhalb der Universität mit dem Fachgebiet Regenerative Energien unter Leitung von Prof. Thomas Hartkopf aus dem Fachbereich Elektro- und Informationstechnik kooperiert. Unterstützt wurde das Team in der Lehre und der Planung außerdem durch verschiedene Fachgebiete des Fachbereichs Architektur:

- Fachgebiet Tragwerksentwicklung und Bauphysik Prof. Dr. Ing Karsten Tichelmann
- Fachgebiet Entwerfen und Baugestaltung Prof. Johann Eisele
- Fachgebiet Entwerfen und Gebäudetechnologie Prof. em. Dr. eh. Klaus Daniels
- Fachgebiet Entwerfen und Wohnungsbau Prof. Günther Pfeifer
- Fachgebiet Plastisches Gestalten Prof. Ariel Auslender).

Bei verschiedenen Fachfragen wurden Experten aus anderen Fachbereichen zu Rate gezogen. Beratend tätig waren:

- das Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie
- das Fachgebiet Technische Thermodynamik des Fachbereichs Maschinenbau sowie
- das Fachgebiet für Lichttechnik des Fachbereichs Elektro- und Informationstechnik.

Die Beiträge der TU Darmstadt zum Solar Decathlon 2007 und 2009 dienen nicht nur dazu, neue Wege in der Architektur zu beschreiten, sondern auch neue Technologien und Produkte zu generieren, im Rahmen von Forschungsprojekten weiter zu entwickeln und ggf. zur Marktreife zu führen.

Durch die Komplexität der Fragestellungen nachhaltigen Bauens und die damit einhergehende zunehmende Verknüpfung unterschiedlicher Fachdisziplinen erweiterte das Fachgebiet mit dem Projekt 2009 die Forschungsaktivitäten im interdisziplinären Bereich. Seit Beginn des Projektes arbeiten im Rahmen des hierbeschriebenen Forschungsprojekte als große Interdisziplinarität der Fachbereich Architektur, vertreten durch das Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, der Fachbereich Elektrotechnik mit dem Fachgebiet Regenerative Energien und das Institut für Soziologie des Fachbereichs Gesellschafts- und Geschichtswissenschaften zusammen, um fächerübergreifende Fragen der Nachhaltigkeitsaspekte Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft zu beantworten.

5.1. Struktur des interdisziplinären Forschungsbereiches[7]

Waren die Forschungsprojekte und das Arbeiten am Solar Decathlon 2007 noch weitestgehend monodisziplinär und am Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen des Fachbereichs Architektur unterstützt durch das Fachgebiet Regenerative Energien des Fachbereichs Elektrotechnik verankert, weitete sich die Zusammenarbeit im Rahmen des Solar Decathlon 2009 schnell aus.

5.1.1. Interdisziplinäre Teilprojekte

Im Falle des Solar Decathlon 2007 wurden im Rahmen von Forschungsprojekten z.B. folgende Fragen behandelt:

- Wie kann eine ganzheitliche energetische Bewertungsmethodik von Plus-Energie-Gebäuden gelingen? Wie sieht ein Bilanzierungswerkzeug für Wohngebäude aus, das Energie verbraucht und erzeugt? (Projekt Energy:label mit Kern Ingenieure 2007-2008; BMVBS)
- Wie integriert man neue Energiegewinnungstechnologien in eine gute Gebäudegestalt? Welche Parameter müssen Eingang finden in ein integratives Planungswerkzeug, das mir Auskunft über Effizienz und Wirtschaftlichkeit solarer Systeme gibt, die architektonisch zufriedenstellend und technisch dauerhaft in die

[7] Vgl. [Hegger]

Gebäudehülle integriert sind? (Projekt Energy:shell mit HHS Architekten 2008-2009; BMVBS)

Durch die Beschäftigung mit der Entwicklung eines Prototypen entstanden neue Fragestellungen, die über das Projekt hinaus behandelt wurden. Dazu zählen Forschungsprojekte wie:

- Energy:base – Entwicklung einer Geräte- und Software-Plattform zur Integration und zur Plug-and-Play-Regelung haustechnischer Systeme der Energieversorgung und Energiegewinnung aus erneuerbaren Energiequellen (BMVBS/Bosch BBT 2007-2008)
- Nachhaltigkeits-Qualitätsstandards für den Wohnungsbau – Definition allgemeiner, nachhaltiger Energie- und Bauqualitätsniveaus für deutschlandweite Wohnungsbauprojekte, Entwicklung eines Maßnahmen- und Detailkatalogs (Hochtief 2009-2010)
- Model Home 2020 – modellhafte, CO2-neutrale Sanierung eines 50er-Jahre Siedlungshauses im Bereich der Internationalen Bauausstellung Hamburg; Umsetzung der Ergebnisse eines studentischen Wettbewerbs im Rahmen der Internationalen Bauausstellung Hamburg (Velux/IBA Hamburg 2009-2010)
- Minimum Impact Home – Nachhaltigkeitsberatung und Ökobilanzierung eines Minihauses im Rahmen des Baus in Frankfurt/Main (DBU/DGJ Architekten)
- Energieeffizientes Bauen und architektonisches Erscheinungsbild – Strategien und Beispiele architektonisch ansprechender energetischer Gebäudesanierungen (BMVBS 2009-2010)
- DGNB-Nachhaltigkeitsauditierung – Mitwirkung bei der Entwicklung von Systemen und Systemvarianten zur Auditierung von Gebäuden, Mitwirkung bei der Ausbildung von Auditoren (DGNB seit 2008)
- Urban Re:net – Entwicklung eines Werkzeugs zur Entwicklung regenerativer Energienetze im Stadtraum in Abhängigkeit von verschiedenen Stadtraumtypen (BMWi 2009 – 2012)
- Monitoring Solar Decathlon 2007 – Monitoring und Betriebsoptimierung des Solar Decathlon Haus von 2007 (BMWi seit 2007)

Der Beitrag der TU Darmstadt zum Solar Decathlon 2007 wird als zukunftsweisende Wohntypologie in Form eines Plusenergiehauses betrachtet und ausgewertet. Im Rahmen des Monitoring erfolgt der Abgleich der Berechnungen und Erwartungen mit gemessenen Werten im realen Betrieb.

Während des Solar Decathon 2009 wurden vorerst weniger Forschungsprojekte generiert als zwei Jahr zuvor. Dafür wurden wie beschrieben bei unterschiedlichen Problemstellungen von Beginn an auf Experten anderer Fachbereiche der Technischen Universität Darmstadt zurückgegriffen.

Der dadurch entstandene Austausch und die Entwicklung neuer Bauteile kann dazu führen, dass einzelne dieser Ansätze zu Forschungsprojekten ausgebaut werden.

- Wie kann man die Raumtemperaturen in einem Leichtbau mit Phasenwechselmaterialien stabilisieren, wie können die Effekte ihres Einsatzes simuliert werden? Ergebnis: Entwicklung einer neuen Klimadecke zusammen mit Fachgebiet Technische Thermodynamik des Fachbereichs Maschinenbau
- Entwicklung einer neuen solaraktiven Fassade mit integrierter Photovoltaik. Das Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Fachbereich Architektur, erstellte die ästhetischen und energetischen Vorgaben, wählte die Solarmodule aus und entwickelte das Haltesystem. Würth Solar stellte die Solarmodule in der vom Team gewünschten Größe her (Sonderanfertigung). Heroal entwickelte gemeinsam mit dem Team die Unterkonstruktion und Halterungen für die Module. Das Fachgebiet Regenerative Energien, Fachbereich Elektrotechnik führte die Verkabelung durch und entwickelte das Konzept der Gebäudesteuerung der Fassade. Das Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen, des Fachbereichs Bauingenieurwesen führte den für die Zulassung zum Wettbewerb in den USA notwendigen Schlagtest durch.
- Wie kann man Energieverbräuche und –erträge in Realzeit erfassen, benutzerfreundlich darstellen und damit das Verbraucherverhalten auf spielerische Weise beeinflussen? Diese Fragen wurden durch das Fachgebiet Regenerative Energien, Fachbereich Elektrotechnik in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet

Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Fachbereich Architektur und dem Institut für Soziologie, Fachbereich Gesellschafts- und Geschichtswissenschaften bearbeitet.

Aus dieser Aufstellung ergibt sich, dass sich wissenschaftliche Probleme nicht an Fachgrenzen halten. Die Problemstellung zu erkennen ist der erste und wichtigste Schritt, um Lösungswege zu finden und zu erkennen, welche Disziplinen miteinbezogen werden müssen.

Da die Frage der Nachhaltigkeit eine grundlegend interdisziplinäre ist und auch nur durch die Kommunikation verschiedenster Fachbereiche beantwortet werden kann, bieten sich noch viele weitere Fachgebiete zu einer Zusammenarbeit an.

Der Solar Decathlon stellt sowohl im Rahmen von Forschungsprojekten als auch der Lehre viele Möglichkeiten der interdisziplinären Zusammenarbeit dar. Daraus ergeben sich Symbiosen mit anderen Fachdisziplinen.

Das surPLUShome konnte nur im Team der Studierenden und ihrer Betreuer, in der interdisziplinären Arbeit mit vielen Fachbereichen, in der engen Kooperation mit vielen Partnern in Wissenschaft und Wirtschaft entstehen. Diese Arbeit über Grenzen hat viele Facetten.

5.1.2. Interdisziplinäre Lehre am Solar Decathlon

Der Solar Decathlon bietet sich wie beschrieben aufgrund seines Praxis Bezugs dafür an, Interdisziplinarität auch in der Lehre zu verankern. Die Lehre startete im Sommersemester 2008 und zog sich über das Wintersemester 2008/09 bis ins Sommersemester 2009.

Eine Besonderheit des Projektes ist die Kopplung von Lehre und Entwicklung. Der Solar Decathlon selbst ist dabei ein Wettbewerb, der stark auf die Entwicklung von Innovationen im Bauen abzielt. In der Betreuung führt das Fachgebiet die Studenten an die Themen des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens heran und zeigt auf, mit welchen Mitteln das Ziel eines visionären, energieautarken Wohnhauses in der Realität zu erreichen ist.

Durch das interdisziplinäre Arbeiten entstehen Wechselwirkungen und ein erhöhter Input für die Studierenden. Auch wenn es gerade im Bereich der interdisziplinären Lehre häufig schwierig ist, eine gemeinsame Sprache zu finden und das jeweilige fachliche Niveau zu verlassen, um miteinander diskutieren zu können, so ergibt sich am Ende die Erkenntnis, dass man monodisziplinär das Problem nicht auf diese Weise hätte lösen können.

Studierende der Architektur haben eine fachliche Vorprägung zur ganzheitlichen planenden Tätigkeit, bewegten sich mit diesem Projekt aber weit hinein in fachfremde Forschungsfelder der Physik oder des Maschinenbaus und in das reale Baugeschehen. Studierende der Elektrotechnik befassten sich im Rahmen des Solar Decathlon für ihr Fach außergewöhnlich mit baulichen und grafischen Gestaltungsaufgaben.

Im nächsten Schritt sollte eine große Interdisziplinarität im Solar Decathlon nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Lehre verankert werden. Der Solar Decathlon oder ähnliche Fragestellungen zum energieeffizienten und nachhaltigen Bauen bieten sich an, in Form von interdisziplinären Projektkursen bearbeitet zu werden, wie sie in den Fachbereichen Maschinenbau, Bauingenieurwesen, Elektro- und Informationstechnik sowie Rechts- und Wirtschaftswissenschaften der TU Darmstadt bereits angeboten werden.

Der Solar Decathlon bietet durch seinen Praxisbezug die Möglichkeit durch Projektarbeit im Team funktionsfähige Lösungen zu entwickeln. Praxisbezogene Inhalte werden in Lehre und Forschung miteinander verbunden. So kann ein gemeinsames Forschen und Lernen von Studenten und Lehrenden stattfinden. Neben den fachlichen Kompetenzen der einzelnen Disziplinen und den Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens werden den Studierenden vor allem soziale Kompetenzen wie Teamfähigkeit, Kommunikation über Fachgrenzen hinaus und Konfliktbewältigung vermittelt.

Im Rahmen von interdisziplinären Projektkursen kann ein Projekt wie der Solar Decathlon nicht nur für einen Fachbereich, sondern darüber hinaus auch gewinnbringend in anderen Fachbereichen in der Lehre eingesetzt werden. Das Konzept solcher interdisziplinären Lehrveranstaltungen basiert auf einem zweistufigen System. Zum einen werden Gruppen mit Vertretern aus verschiedenen Disziplinen gebildet, die sich über ihre Fachgrenzen hinaus mit dem Thema bzw. jede Projektgruppe mit einem Einzelthema beschäftigt. Parallel dazu treffen sich die Vertreter der einzelnen Projektgruppe in sogenannten Fachgruppen. Dort können Sie die einzelnen Themen und Problemstellungen innerhalb ihrer Disziplin diskutieren, Fragen aus den Projektgruppen gemeinsam beantworten und sich fachlich rückkoppeln.

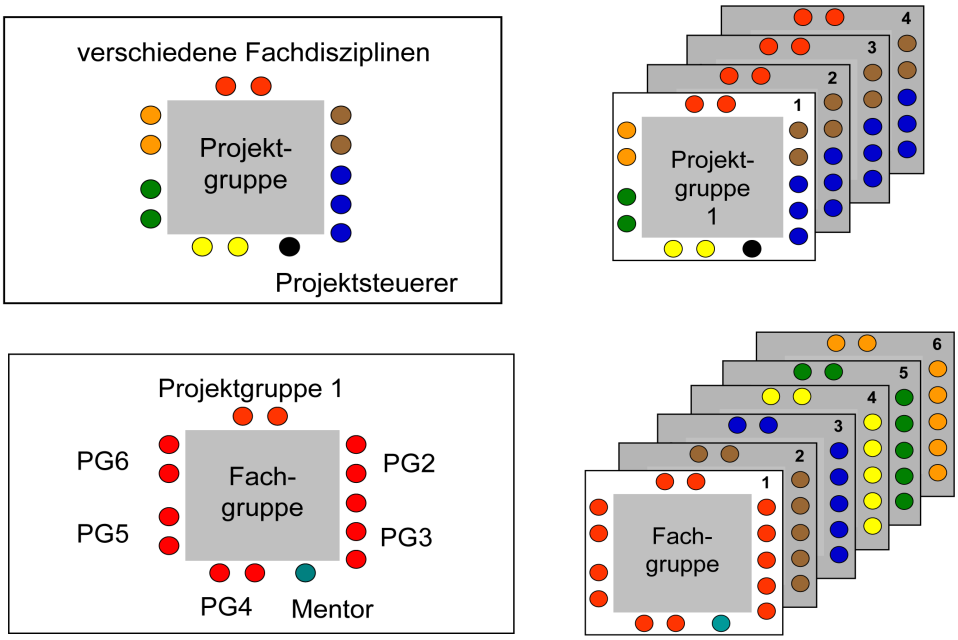


Abbildung: Projekt und Fachgruppenstruktur interdisziplinärer Projektkurse

6. Konzeption Öffentlichkeitsarbeit

Eine Realisierung des technologisch hochmodernen und anspruchsvollen Prototyps bedarf sowohl einer finanziellen Förderung als auch der Unterstützung durch Experten aus verschiedenen Disziplinen. Dadurch entsteht ein kompetentes Netzwerk aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft, welches die Grundlage für ein erfolgreiches Projekt bildet. Die Unternehmen, die Teil dieses Netzwerkes wurden, förderten und profitierten von der Zusammenarbeit mit Studierenden den Austausch von neuen Ideen und Expertenwissen.

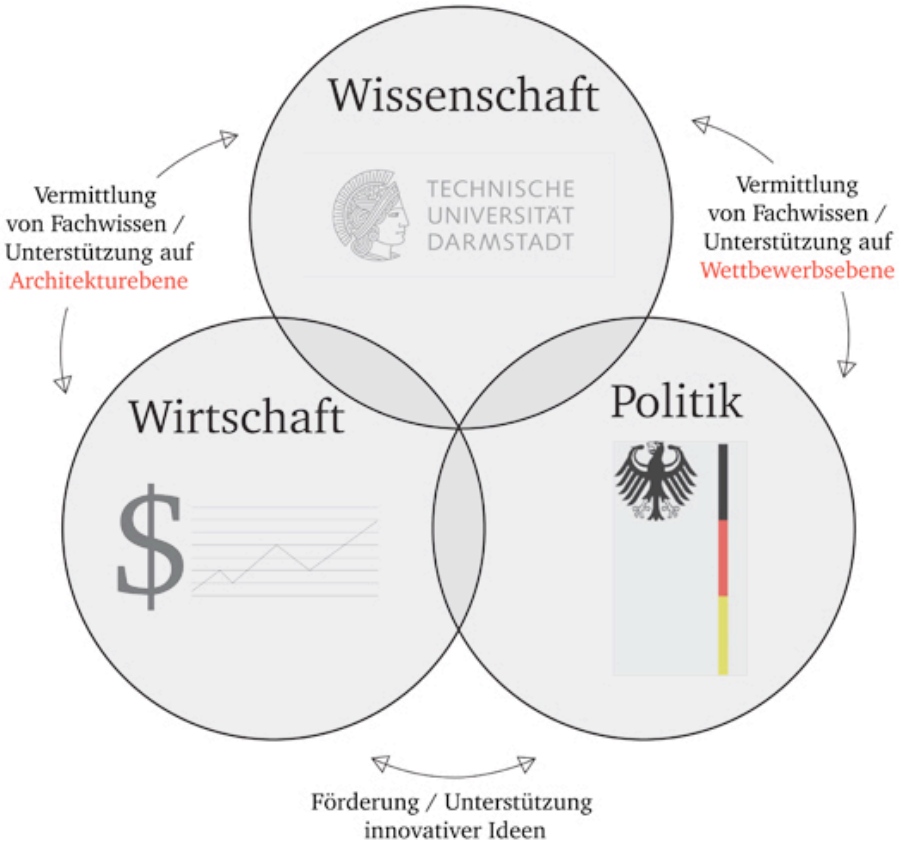


Abbildung: Ebenen der Öffentlichkeitsarbeit für Entwicklung, Planung und Bau energieeffiziente Gebäude

Die Teilnahme am Solar Decathlon ist ohne die Unterstützung von Kooperationspartnern aus Wirtschaft und Politik nicht möglich.

6.1. Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation

Das Projekt surPLUShome soll dazu beitragen, auch die Kommunikation um nachhaltiges Bauen im Wohnungsbau einen Schritt weiter in die Praxis zu bringen. Dabei steht für das

Team die Gleichwertigkeit von Wettbewerb und Nachnutzung in Deutschland im Mittelpunkt der Planung. Einerseits wollte das Team im Rahmen des Wettbewerbs positiv abschneiden, andererseits soll eine potenzielle Nachnutzung des Gebäudes von Beginn der Planung an verfolgt werden.

Das Projekt bietet die Möglichkeit der umfassenden Kommunikation zur Ansprache verschiedener Zielgruppen. Besondere Aspekte dieser Projektkommunikation werden sein:

- Messeauftritte
- Veranstaltungen zu besonderen Terminen
- Symposien
- Beiträge in Printmedien
- Online-Beiträge
- Beiträge in Funk und Fernsehen

Die Öffentlichkeitsarbeit teilte sich in unterschiedliche Bereiche:

Einerseits in die Pressearbeit vor und nach dem Wettbewerb in Deutschland, dabei wurden differenziert durch unterschiedliche Medien und Veranstaltungen verschiedene Zielgruppen angesprochen und andererseits in die Öffentlichkeitsarbeit in den USA, die sich vor allem auf die Präsentation des Hauses vor Ort konzentrierte.

Vor dem Wettbewerb war es notwendig an die Öffentlichkeit heranzutreten, um Sponsoren zu werben und Aufmerksamkeit zu erzeugen. Dazu wurde das Haus auf verschiedenen Messen präsentiert, Veranstaltungen vor Ort auf der Baustelle durchgeführt, Artikel in Zeitungen und Fachzeitschriften veröffentlicht sowie Beiträge in Funk und Fernsehen ausgestrahlt.

Durch die für verschiedene Zielgruppen durchgeführten Veranstaltungen konnten wir uns auch immer wieder mit der Öffentlichkeit und Fachleuten austauschen.

Der Solar Decathlon ist ein publikumswirksamer Wettbewerb mit ca. 200.000 Besuchern auf dem Ausstellungsgelände. Während des Wettbewerbs in Washington D.C. bestand die Öffentlichkeitsarbeit vor allem aus dem Präsentieren des Hauses im Wettbewerb auf der

National Mall, um die Allgemeinheit zu informieren. Es wurden in den täglichen Führungen insgesamt rund 13.000 Besucher während der zehn Tage in den USA über das Konzept, die Architektur, die Technik und die Energieeffizienz des surPLUShome informiert.

Abbildung: Besucherschlangen vor dem surPLUShome in Washington D.C.

Nach der erfolgreichen Teilnahme am Solar Decathlon musste in der Nachbereitung vor allem Pressearbeit für Fachpublikum und die Öffentlichkeit in Deutschland geleistet werden.

6.2. Veranstaltungen und Projektevaluation

Wann	Was	Wo	Zielgruppe
Januar 2009	Präsentation des Beitrags auf der BAU im Rahmen des Forums Zukunft des Bauens	München	Messebesucher, Fachpublikum
Februar 2009	Symposium im Deutschen Architektur-museum	Frankfurt	Museumsbesucher, Architekten
April 2009	Präsentation des Beitrags auf der Hannover Messe auf dem Stand der hess. Hochschulen	Hannover	Fachpublikum
Mai 2009	Richtfest auf der Baustelle	Darmstadt	Sponsoren, Allgemeine Öffentlichkeit, Presse, Beteiligte
Mai bis August	Baustellenführungen	Darmstadt	Fachpublikum, allgemeine Öffentlichkeit, Schulklassen, Studiengruppen
Juni 2009	Tag der Architektur inklusive Kinderprogramm	Darmstadt	Familien, Allgemeine Öffentlichkeit, Architekten, Architekturinteressierte
August 2009	Abschiedsfeier „Das Haus geht auf Reise“	Darmstadt	Freunde und Familie
Oktober 2009	Präsentation des Hauses auf der National Mall im Rahmen des Wettbewerbs SDs	Washington D.C.	Öffentlichkeit, Fachpublikum
	Konferenz in der Deutschen Botschaft	Washington D.C.	Fachpublikum, Architekten
April – Juni 2010	Präsentation im Rahmen der Kulturhauptstadt RUHR2010	Essen	Allgemeine Öffentlichkeit
August 2010	Besuch der Bundeskanzlerin als Abschluss ihrer Sommer-Energiereise	Darmstadt	Bundeskanzlerin Merkel, BM Röttgen und BM Brüderle, weitere Politiker, Presse national und international
November 2010	Eröffnungsfeier	Darmstadt	Fachpublikum, Öffentlichkeit

Tabelle: Stationen der Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Entwicklung des Plusenergiehauses

6.2.1. Nachhaltiges Bauen – Innovationen und Konzepte für zukunftsfähiges Bauen.

Symposium Washington, 15. Oktober 2009

Die erste Aufstockung innerhalb des Forshungsprojektes wurde für die organisation des Symposiums „Nachhaltiges Bauen – Innovationen und Konzepte für zukunftsfähiges Bauen“ beauftragt. In Zusammenarbeit mit dem BMVBS und der deutschen Botschaft in Washington, D.C. konnte eine deutsch-amerikanische Auswahl an namhaften Vortragenden für das Symposium gewonnen werden. Über den Tag verteilt sprachen Vertreter aus Architektur (Anja Seehrich-Caldwell, Prof. Peter Droege, Prof. Manfred Hegger, John Quale, Prof. Dr.-Ing. Werner Sobek und James Timberlake), Wirtschaft (Prof. Bernahrd Bürklin und James E. Rannels), Wissenschaft (Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner, Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser und Peter Lindlahr) und aus Politik (Dr. Klaus Scharioth, Hans-Dieter Hegner und Anja Küppers) über Ihre Beiträge und Sichtweisen zu den Fragen des Nachhaltigen Bauens. Diese Spannweite und die unterschiedlich gesetzten Schwerpunkte machten die Veranstaltung umfassend informativ für die ca. 50 Teilnehmer (von 80 geladenen Gästen). Im Anschluss an das Symposium wurden alle Interessierten noch im Goethe-Institut in Washington empfangen. In Bussen der deutschen Schule in Washington wurden die Gäste zum Institut gefahren, wo der gelungene Tag noch bei einem Catering abgerundet wurde. (Weiters siehe Anhang)

6.2.2. Sonniges Wohnen hat Zukunft. Essen zeigt solare Baukultur.

Ausstellungsort Essen vom 26.04. – 04.06.2010

Zurück in Deutschland sollte das surPLUShome nicht direkt nach Darmstadt sondern vorerst auch Interessierten in anderen Regionen präsentiert werden. Aufgrund der Nähe zum Hauptsponsor Hochtief und des passenden Rahmens der Kulturhauptstadt Ruhr 2010, fiel die Entscheidung früh, das Haus für eine Zeit in Essen aufzustellen. Nach der Betrachtung verschiedener Standorte wurde sich für den innerstädtischen Burgplatz entschieden. Zwischen Fußgängerzone, Dom, Volkshochschule und Burggymnasium stand das Haus für sechs Wochen allen Essener BürgerInnen offen. Täglich angebotene kostenlose Führungen als auch gesonderte Veranstaltungen füllten die Zeit von Ende April bis Anfang Juni. Ein Highlight war sicherlich das Kochevent mit Sternekoch Henri Bach

aus Essen, an dem 15 Personen, die sich für das Event beworben hatten, teilgenommen haben.

Der Auf- und Abbau in Essen und alle in diesem Rahmen angefallenen Kosten wurde durch eine weitere Aufstockung dieses Forschungsprojektes, durch die Stadt Essen (EVV) und die Hochtief AG finanziert. Die Betreuung des Hauses erfolgte im wöchentlichen Wechsel von jeweils zwei Teammitgliedern der TU Darmstadt. (Weiteres siehe Anhang)

Abbildung: Kochevent im surPLUShome in Essen, Mai 2010

Das surPLUShome wurde in Tageszeitungen, Publikumszeitschriften und Fachzeitschriften (für Architektur und Handwerk) regional, überregional und international veröffentlicht. Ebenso hat die Verbreitung durch Hörfunk und Fernsehen bereits während der Baustelle begonnen. Ein Team des ZDF hat die gesamte Entstehungszeit sowie den Wettbewerb in den USA begleitet. Während des Wettbewerbs in den USA wurden auch in amerikanischen Sendern Beiträge über das deutsche Haus ausgestrahlt.

Im Nachgang wurden zwei Publikationen eigens über das Haus angefertigt. Zum einen das Buch „Sonnige Aussichten“ neben dem Haus und dem Wettbewerb auch den gesamten Planungsprozess beschreibt und zum anderen eine stark durch verschiedene Fachrichtungen und Blickwinkel geprägte Veröffentlichung das Heft „forschen“ der Technischen Universität Darmstadt.

Die erfolgreiche Realisierung des Projekts ist abhängig von dem Auftraggeber (dem Department of Energy in USA), dem Projektteam (bestehend aus unterschiedlichen Fachbereichen der Technischen Universität Darmstadt), der Förderung durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung, dem Hauptsponsor Hochtief und den vielen anderen Sponsoren. Allen ist daran gelegen, das Projekt positiv darzustellen und in die Öffentlichkeit zu vermitteln, doch häufig mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Ziel ist es jedoch, das Projekt mit einer gemeinsamen Sprache und Bildsprache einheitlich zu vermitteln und die Aussagen der Beteiligten entsprechend zu gewichten. Dazu bedarf es einer koordinierten Pressearbeit, die durch das Projektteam gefiltert und durch die Rückkopplung der einzelnen Beteiligten kontrolliert wird.

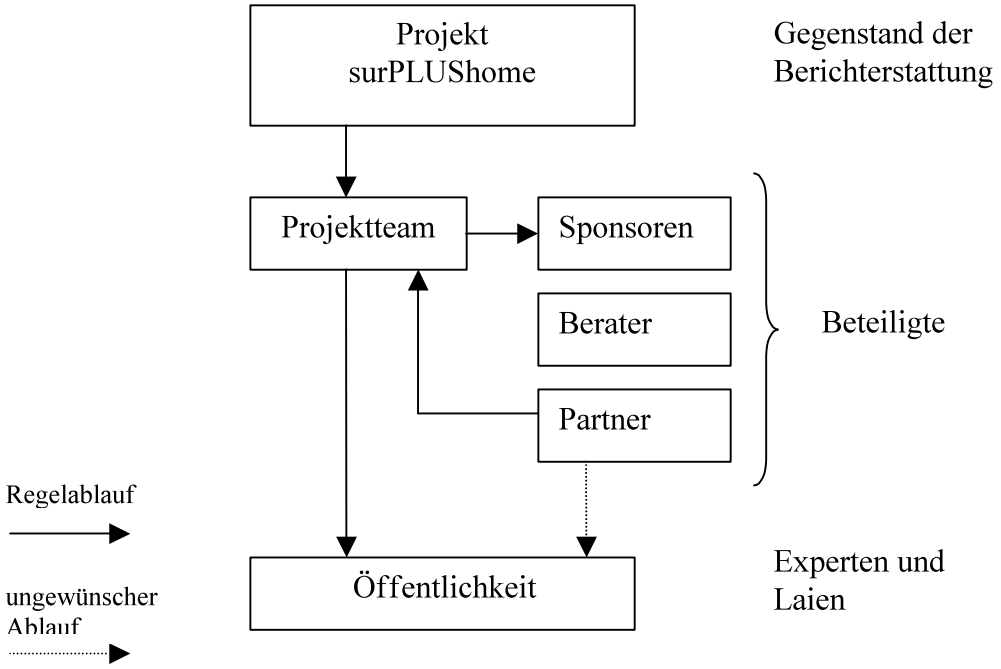


Abbildung: Öffentlichkeitswirksame Strukturen des surPLUShome

Das Gebäude steht für innovative Forschung und Entwicklung im Bauwesen und transportiert die Innovationen über die Grenzen der deutschen Planungslandschaft hinaus. Der Solar Decathlon bietet hierzu auf der National Mall eine Plattform für die Vermittlung in die breite Öffentlichkeit. Parallel zur Präsentation auf der National Mall wurden durch Symposien in Amerika und in Deutschland ein weites Spektrum an Fachpublikum erreicht. Die gesamte Medienlandschaft bis hin zu Fachzeitschriften transportiert weiterhin das Know-How in die Planungslandschaft. Die ständige Nutzung des Gebäudes durch die Technische Universität Darmstadt als Gästehaus oder Veranstaltungsort mit unterschwelliger Kommunikation der Ziele des Nachhaltigen Bauen und Wohnen könnte diesen Nutzen dauerhaft sicherstellen.

7. Ausblick

Die Erfahrungen aus den SD-Wettbewerben stellen längst nicht mehr nur eine solide Basis, sondern eine reichhaltige Informationsquelle für zukünftige Fortentwicklungen im Bereich des forschenden Planens und Bauens energieeffizienter Gebäude an der TU Darmstadt dar. Deshalb sollten die Erkenntnisse aus den Entwicklungsprozessen zugänglich gemacht werden und bleiben, um die weitere Forschung gezielt auszubauen. Dieser Schritt könnte zukünftig durch die Einrichtung eines zentralen digitalen Archivs geschehen, in dem sich Studenten und Mitarbeiter der TU detailliert über die bisherigen Projekte informieren und auf diesen aufbauen können.

Ein solches Informationskonzept würde vor allem interdisziplinäre Anschlüsse an den Kontext energieeffizienten Bauens erheblich erleichtern, da es eine ausgezeichnete Gelegenheit bietet, sich ein Bild von bereits durchgeführten Vernetzungsaktivitäten und deren Ergebnisse zu machen und damit fachübergreifende Schwellen durch ergänzende und zusätzliche Forschungen auch in Zukunft weiter zu überbrücken.

Insbesondere im Bereich des Transfers von der Forschung in die Praxis besteht noch weiterer Bedarf an Anschubprojekten, die sich mit Fragen der Nutzung und Akzeptanz, mit Vermarktungsmöglichkeiten oder auch mit städtebaulichen, rechtlichen und baupolitischen Aspekten auseinandersetzen. Vor allem im Bereich der baubezogenen Forschung sind vielfältige Zusammenschlüsse zwischen Architektur und den Ingenieur- und Naturwissenschaften denkbar, z.B. zur gemeinsamen Entwicklung energieeffizienter Hüllelemente, Oberflächen oder Tragwerksmaterialien.

Von entscheidender Bedeutung wird in dieser Hinsicht aber auch eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit sein, die energieeffizienten Innovationen erst den Weg in die gebaute Praxis durch nutzerrelevante Informations- und Aufklärungstätigkeiten bereitet. In diesem Sinne bilden experimentelle Forschungsprojekte, deren Übersetzung in konkrete Anwendungen und der Gewinn öffentlicher Aufmerksamkeit eine interdisziplinäre Triade, deren Potenziale es zukünftig weiter auszuschöpfen gilt.

8. Anhang

8.1. Abbildungsverzeichnis

S. 1: Thomas Ott
S. 7: Stefano Paltera, U.S. Department of Energy, Solar Decathlon
S. 12: Thomas Ott
S. 13, 15, 16,17: TU Darmstadt
S. 19, 21, 22: Thomas Ott
S. 25 oben: TU Darmstadt
S. 25 unten: Würth Solar
S. 26: Sascha Klump, TU Darmstadt
S. 31: U.S. Department of Energy, Solar Decathlon
S. 32, 33, 34, 35: TU Darmstadt
S. 36: Thomas Ott
S. 37 oben: TU Darmstadt
S. 37 unten: Thomas Ott
S. 66, 67: TU Darmstadt
S. 69: Sascha Klump, TU Darmstadt
S. 72: Allbau AG
S. 74: TU Darmstadt

8.2. Literaturverzeichnis

Hans Paul Bahrdt [Bahrdt]
Steigerung der Energieeffizienz: ein Beitrag für mehr Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit,
Köln : Dt. Inst.-Verl. 2007

Frank Dammel, Lutz Steiner, Martin Zeumer [Dammel]
Die Klimadecke des surPLUShome
Forschen, Magazin Nr. 1, 2010

Manfred Hegger [Hegger]
Forschen, Entwerfen, Bauen
Forschen, Magazin Nr. 1, 2010

Thomas Hartkopf, Lutz Steiner [Hartkopf]
Power to the house
Forschen, Magazin Nr.1, 2010

Gerhard Hausladen [Hausladen]
Ausbau-Atlas: Integrale Planung, Innenausbau, Haustechnik
München: Inst. für Internationale Architektur-Dokumentation, 2009

Meier, R.
Bauen, Sanieren - wirtschaftlich investieren : Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit im Einklang,
Chur: Rüegger, 2002

Jens Schneider, Manfred Hegger, Thomas Hartkopf, Sebastian Schula, Martin Zeumer, Lutz Steiner [Schneider]
Kraftpaket – Die Fassade des surPLUShome
Forschen, Magazin Nr. 1, 2010

Lutz Steiner [Steiner]:
KNX Award Team Germany Technische Universität Darmstadt, Februar 2010

Lutz Steiner, Garvin Scheuermann [Steiner1]
Analyse der Nutzerakzeptanz von Lastmanagementlösungen in privaten Haushalten
Diplomarbeit, FG Regenerative Energien, Technische Universität Darmstadt

8.3. Begriffserläuterung

Cresnetbus – Cresnet ist eine Kommunikationseinheit zur Steuerung von Multimediasystemen

DC - Gleichstrom

Demand Side Management - Die Anpassung der Lasten in z.B. Haushalten an eine Energieerzeugung von z.B. Erneuerbaren Energien nennt man auch DSM

Embedded Computer - Ein Computer mit festem Betriebssystem und ohne Software

Feldbuscontroller - Ein Feldbuscontroller ist eine Steuereinheit die einen Kommunikationsbus steuert

Intelligent switching - Intelligentes Schalten ist eine in surPLUShome speziell programmierte Schalttechnik von Stromkreisen, die Standbyverbräuche vermeidet, indem Verbraucher abgeschaltet werden, falls sie nicht gebraucht werden. Werden die Verbraucher benötigt, so wird erst der Stromkreis und dann das Gerät eingeschaltet.

KNX Elektroinstallationsbus - KNX st ein offener Standard eines Kommunikationssystems zur Automatisierung von Elektroinstallationen. KNX wird von über 100 Firmen getragen und ist der Nachfolger des EIB (Europäischer Installationsbus)

SPS - Eine Speicherprogrammierbare Steuerung ist eine Steuerung auf der ein Code implementiert werden kann. SPS wird oftmals in der Automatisierungstechnik zur Steuerung und Regelung technischer Systeme eingesetzt.