

Nullenergiehaus im Praxistest



Der Solar Decathlon, ein Wettbewerb, bei dem innovative Netto-Null-Energie-Solarhäuser gegeneinander antreten, ist in der Solarszene inzwischen kein Unbekannter mehr. Meist hört man nach dem Wettbewerb aber nichts mehr von den Häusern. In Wuppertal wurde nun ein ehemaliges Decathlon-Haus fast zwei Jahre lang bewohnt und untersucht.

Das Netto-Nullenergie-Haus der Universität Wuppertal entstand als studentischer Beitrag im Rahmen des Solar-Decathlon-Wettbewerbs in Madrid im Jahr 2010. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, dem Land NRW und vielen Unternehmen der Wirtschaft unterstützt. Nach dem Wettbewerb war allerdings nicht Schluss. Das Haus wurde zurück nach Wuppertal gebracht und im Februar 2011 dann mit viel Prominenz aus Wirtschaft und Politik am neuen Standort eingeweiht.

Von Juli 2011 bis zum Rückbau Mitte 2013 wurde das Gebäude dann von einem Zwei-Personen-Haushalt im Sinne eines „Living Lab“ bewohnt. Neben der detaillierten, messtechnischen Evaluierung der Performance waren eine rege Öffentlichkeitsarbeit mit mehr als 1.500 Besuchern und die Nutzung für Lehrzwecke die wichtigsten Bausteine der Nachnutzung.

Die Nutzung im Alltag erwies sich trotz der kompakten Wohnfläche von gerade einmal 48,5 m² als praktikabel und komfortabel. Vor allem die Möglichkeiten des flexiblen Wohnraums erwiesen sich vor allem im Wohn- und Essbereich als alltagstauglich. Durch die Ausstattung an modernsten Haushalts- und Mediengeräten musste auch der Komfort nicht leiden. „Hat man sich einmal dazu überwunden seine persönlichen Dinge auf das Nötigste zu reduzieren, so

vermisst man im Alltag auch nichts“, resümierten die Bewohner.

Netto-Nullenergiebilanz erreicht

Nach dem Bezug des Gebäudes im Juli 2011 konnte nach einigen Ausbesserungen in der Gebäudehülle und Inbetriebnahme der Messtechnik ein komplettes Kalenderjahr, vom März 2012 bis Ende Februar 2013, messtechnisch begleitet werden. Während dieses Zeitraums wurden insgesamt 7.122 kWh Strom durch die Photovoltaik-Anlagen auf Dach und Fassade erzeugt (im Mittel 698 kWh/kW). Der Stromverbrauch lag in diesem Zeitraum bei 6.875 kWh (142 kWh/m²), also fast 250 kWh niedriger als die Produktion.

Die Stromproduktion lag damit nah bei den erwarteten Werten und den im Vorfeld des Wettbewerbs simulierten Werten (8.492 kWh). Eine vorher nicht berücksichtigte Verschattung und eine etwas veränderte Ausrichtung sorgten dafür, dass der Wert nicht ganz erreicht wurde.

Der gemessene Stromverbrauch in diesem Zeitraum lag mit 6.875 kWh fast doppelt so hoch wie der im Vorfeld simulierte Bedarf von 3.485 kWh/a. Dabei entfielen 54 % des Stromverbrauchs auf die Versorgungstechnik. Der zweitgrößte Verbraucher waren die Haushaltsgeräte mit 16%.

Undichte Gebäudehülle

Vor allem der hohe Stromverbrauch für Wärme- und Warmwasserbereitstellung ist sehr auffällig. Hier steht ein simulierter Verbrauch von 1.700 kWh/a einem gemessenen Verbrauch von 3.700 kWh/a gegenüber. Dieser Unterschied entstand vor allem durch einen erhöhten Wärmebedarf im Winter. Während der Heizperiode reichte die Leistung der Wärmepumpe bei tiefen Außentemperaturen nicht aus, um das Haus auf die erforderliche Temperatur zu bringen. Der Einsatz eines elektrischen Heizstabs war erforderlich.

Das Solar-Decathlon-Haus der Universität Wuppertal in der Innen- und Außenansicht.

Foto: Peter Keil Photography

Nachts forderte das Wohnen auf engstem Raum seinen Tribut: Die Wärmepumpe wurde wegen der störenden Schallbelastung von den Bewohnern abgeschaltet. Über den Tag heizte sich das Haus bei einer kontinuierlichen Leistungsaufnahme des Lüftungskompaktgerätes von ca. 2,7 kW auf. Davon entfielen 2 kW Leistungsaufnahme auf den Heizstab.

Eine Ursache für die langen Betriebszeiten des E-Heizstabs waren die deutlich höheren Wärmeverluste, die hauptsächlich durch die mangelnde Luftdichtheit der Gebäudehülle hervorgerufen wurde. Das wiederholte Auf- und Abbauen und die lange Lagerung vor dem Aufbau in Wuppertal hatten ihre Spuren hinterlassen. Die großen Schiebetüren werfen generelle Fragen an die Luftdichtheit solcher Bauteile auf.

Hohe Ausstattung an technischem Equipment

Der hohe Verbrauch durch die Versorgungstechnik findet sich auch im Standby-Verbrauch des Lüftungskompaktgerätes von ca. 36 W wieder. An sonnigen Tagen kommt der Verbrauch der Umwälzpumpe der Solarthermieanlage von ca. 41 W hinzu. Da sämtlich Bauteile des Lüftungskompaktgerätes auf kleinstem Raum verbaut werden mussten, fehlte der Platz, um diese Pumpe gegen eine Hocheffizienzpumpe auszutauschen.

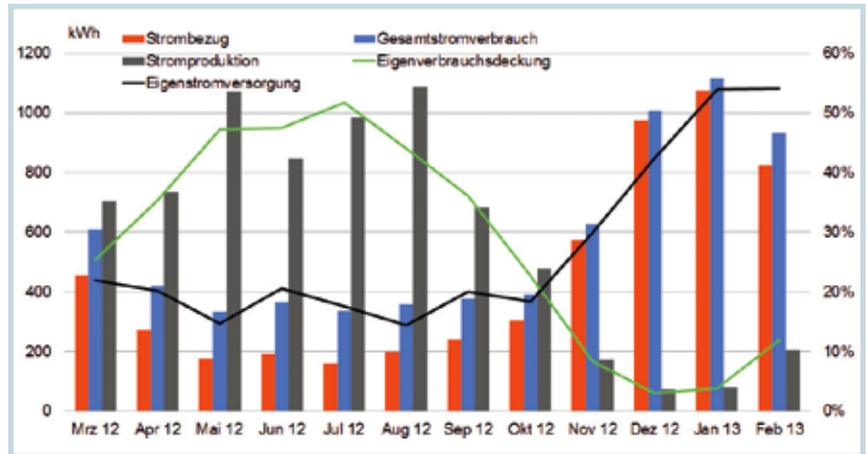
Zusätzlich zu den hohen Anforderungen an die Ausstattung mit Haushaltsgeräten durch den Wettbewerb diente das Haus den Sponsoren als eine Art Showroom: Audiosystem mit Multiroom-Funktionalität, aufwendige Gebäudeautomation und Touch-Display und auch der Einsatz von Prototypen führte zu einer guten Bewertung im Bereich der Innovationen, der Stromverbrauch war aber höher als bei Standard-Lösungen.

Das Haus war etwa mit einer Lichtdecke mit Bewegungsverfolgung ausgestattet. Die Entwicklung des Prototypen erforderte eine Umsetzung mit 36 Netzteilen, was den Standby-Verbrauch gegenüber einer Lösung mit nur einem Netzteil erhöhte.

Der Stromkreis der Haushaltsgeräte wies eine dauerhafte Leistungsaufnahme von 23 W auf. Dieser vergleichsweise hohe Wert ist auf die Netzgeräte der elektrisch höhenverstellbaren Oberschränke und der elektrischen Türöffner der Küchenschränke zurückzuführen. Hieraus ergibt sich ein Einsparpotenzial von ca. 201 kWh/a. Der Stromkreis für die Unterhaltungsgeräte und Steckdosen ergab zusammen einen Verbrauch von ca. 525 kWh/a nur für die Standby-Leistung.

Während der Planungsphase wurde darüber diskutiert, ob eine Hausautomation für den Anwendungsfall in einem so kleinen Haus überhaupt sinnvoll sei. Aufgrund der Innovationswertung im Wettbewerb fiel aber die Entscheidung für eine Gebäudesteuerung. Dieser Stromkreis wies abzüglich der Messtechnik eine dauerhafte Leistungsaufnahme von ca. 47 W auf, was einem Jahresstromverbrauch von ca. 411 kWh/a entspricht. Der Anteil des GLT-Servers liegt bei ca. 131 kWh/a.

Nach dem Umzug im April 2014 in eine normale Mietwohnung (Baujahr ca. 1970, 85 m²) wurde der



Stromproduktion, -verbrauch, -bezug sowie Eigenverbrauchsdeckung und Eigenstromversorgung im jahreszeitlichen Verlauf. Die Eigenstromversorgung bezeichnet dabei den Anteil der Stromproduktion, der direkt im Gebäude genutzt werden kann, und die Eigenverbrauchsdeckung den Anteil des Stromverbrauchs, der direkt durch die Photovoltaik-Anlage bereitgestellt werden konnte.

Grafik: Universität Wuppertal

monatliche Stromverbrauch weiterhin aufgezeichnet. Seitdem liegt der Verbrauch inklusive Warmwassererzeugung bei ca. 200 kWh pro Monat. Der durchschnittliche Verbrauch im Netto-Nullenergie-Haus lag ohne Versorgungstechnik bei durchschnittlich 257 kWh pro Monat. Dies zeigt, dass sich trotz des Einsatzes von Hocheffizienzgeräten keine Einsparung im monatlichen Verbrauch eingestellt hat. Die höhere Ausstattung mit technischem Equipment macht die Einsparung



CHILLVENTA 2014
Besuchen Sie uns auf der
Chillventa 2014 in Nürnberg
Halle 7, Stand 7-129





SIKA Vortex Durchflusssensor VVX

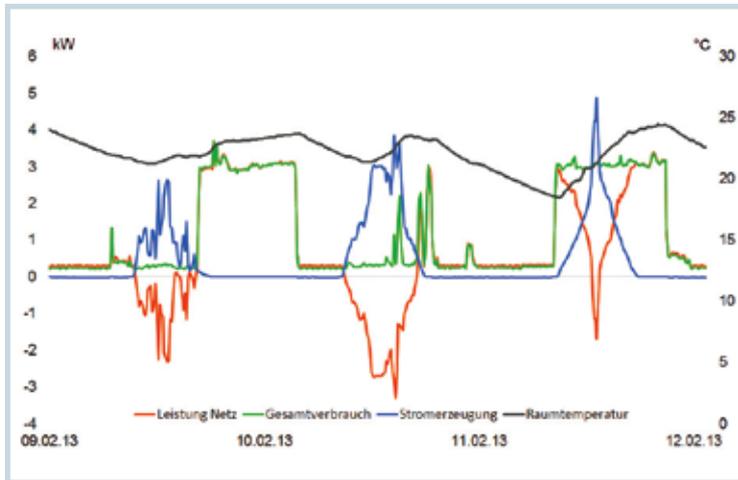
- **Komplett gekapselter Piezokeramik Sensor bietet enorme Vorteile im Bereich der Verschmutzungssicherheit**
- Integrierter Temperatursensor zur Wärmemengenmessung
- Signalvielfalt sorgt für Kompatibilität



Weitere Informationen
finden Sie unter:
SWW1014.sika.net

Quality by tradition

Durchflusssmesstechnik 



Dynamik der Innenraumtemperatur in Abhängigkeit von der Solarstrahlung

Grafik: Universität Wuppertal

durch effizientere Geräte wieder zunichte. Das Maß der Ausstattung mit technischen Geräten ist daher kritisch zu hinterfragen und dem Wettbewerb geschuldet. Wird das Ziel der Energieeinsparung verfolgt, so ist eine Ausstattung über den Standard hinaus kontraproduktiv.

Eigenverbrauchsdeckung und Eigenstromversorgung – Ergebnisse

Bei einer Stromproduktion von ca. 7.100 kWh/a und einem Stromverbrauch von 6.900 kWh wurden ca. 5.500 kWh aus dem Netz bezogen und ca. 5.700 kWh eingespeist. Die Eigenstromversorgung, also der Anteil der Stromproduktion, der direkt im Gebäude genutzt werden kann, lag damit bei 20 %. Die Eigenverbrauchsdeckung, also der Anteil des Stromverbrauchs, der direkt durch die Photovoltaik-Anlage bereitgestellt werden konnte, lag bei 21 %. Die Werte wurden auf Basis eines Strombezugszählers ermittelt und beschreiben daher die tatsächlich physikalisch aufgetretenen Werte. So wird beispielsweise bei einer Betrachtung von 5-min-Mittelwerten von Stromverbrauch und Stromproduktion eine Eigenverbrauchsdeckung von 30 % erreicht, was deutlich zeigt, wie sensibel mit der Ermittlung der Eigenverbrauchsdeckung umgegangen werden muss, um vergleichbare und belastbare Ergebnisse zu ermitteln. Besonders in der Planungsphase, in der diese Werte mit Hilfe von Simulationen bestimmt werden, ist daher eine hohe zeitliche Auflösung notwendig, um realistische Ergebnisse zu erzielen.

Einem hohen Eigenverbrauchsanteil lief etwa zuwider, dass der Stromverbrauch besonders nachmittags und abends hoch war, da beide Bewohner des Haushalts tagsüber arbeiteten. Auch im Winter deckte sich der Strombedarf nicht immer mit dem Solarangebot. So musste beispielsweise an Sonntagen die Wärmepumpe durch die hohen solaren Einträge durch die großen Fensterelemente tagsüber nicht betrieben werden.

Optimierungspotenziale der Eigenverbrauchsdeckung

Eine intelligente Steuerung mit einem größeren thermischen Speicher könnte hier zu deutlichen Steigerungen der Eigenverbrauchsdeckung führen. Diese Lösungen werden bei zunehmender Differenz zwischen EEG-Vergütung für den eingespeisten Strom und steigenden Strombezugskosten immer interessanter. Für den Wettbewerb war durch eine frühzeitige Festlegung auf das Lüftungskompaktgerät und fehlende Zeit und finanzielle Möglichkeiten keine eigenes Energiemanagement zur stromgeführten Betriebsweise des Lüftungskompaktgerätes möglich.

Und auch das Batteriespeichersystem, das im Gebäude installiert war, konnte nicht wie geplant betrieben und zur Steigerung der Eigenverbrauchsdeckung genutzt werden. Mit einer Kapazität von 7,2 kWh wurde in den Simulationen im Vorfeld des Wettbewerbs eine Eigenverbrauchsdeckung von 33 % sowie ein Autarkiegrad von 58 % ausgewiesen. Das verbaute System war allerdings damals nur als reines Notstromsystem verfügbar. Batteriespeicher zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils waren damals noch nicht am Markt.

Fazit

Viele Herausforderungen entstanden durch die Motivation, einerseits den Wettbewerb gewinnen zu wollen und andererseits die Nachnutzung vor Ort zu ermöglichen. Bei der Abwägung hatte dann doch der Wettbewerb die Nase vorn, sodass später Kompromisse gemacht werden mussten. Mangelnde finanzielle Mittel und fehlende Arbeitskraft durch das ursprüngliche Team machten die weitere Arbeit mit dem Haus zum Resultat der persönlichen Motivation einzelner. In den Folgejahren des Solar-Decathlon-Wettbewerbs wurde dieses Problem erkannt und auf eine Nachnutzung im Regelwerk verstärkt Wert gelegt. Auch andere Teams mussten und müssen sich mit dieser Problematik auseinandersetzen.

Simon Arbach, Julius Otto, Karsten Voss

Weitere Informationen:

www.sdeurope.uni-wuppertal.de

www.enob.info/de/nullenergie-plusenergie-klimaneutrale-gebäude-im-stromnetz-20/

Literatur

[1] SolarArchitektur4 – Die deutschen Beiträge zum European Solar Decathlon 2010, Detail-Verlag, München, ISBN 978-3-920034-48-5, 2011

[2] Gebäude der Zukunft erfolgreich beim Zehnkampf- Deutsche Studententeams beim Solar Decathlon Europe 2010, BINE Projektinfo 4/2011, www.bine.info

Die Autoren:

- Dipl.-Ing. Simon Arbach, ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehr- und Forschungsgebiet Bauphysik und technische Gebäudeausrüstung, Bergische Universität Wuppertal
- M.-Sc. Julius Otto, ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehr- und Forschungsgebiet Bauphysik und technische Gebäudeausrüstung, Bergische Universität Wuppertal
- Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss, Lehr- und Forschungsgebiet Bauphysik und technische Gebäudeausrüstung, Bergische Universität Wuppertal