

Hochschule Luzern – Technik & Architektur berechnet Wärmekonzept des energieautarken Mehrfamilienhauses in Brütten ZH

Praxisnahe Modellierung für die Planung eines energieautarken Gebäudes

Die Idee ist faszinierend: ein energieautarkes Mehrfamilienhaus im Kanton Zürich. Für die Realisierung brauchte es umfassende Berechnungen und Simulationen, die Forschende an der Hochschule Luzern durchführen und somit eine Grundlage für die konkrete Planung schaffen konnten.

Nadège Vetterli, Andreas Ammann, Ludger Fischer*

■ Im Hinblick auf die laufenden, teils zwiespältigen Diskussionen um die künftige Energieversorgung leuchtet die mögliche Selbstversorgung mit Energie als Silberstreifen am Horizont auf. Könnte ein Gebäude – beispielsweise ein Mehrfamilienhaus – alleine mit den lokalen Energiequellen auskommen? Reichen Sonne, Erdwärme sowie die entsprechenden Energiegewinnungs- und -umwandlungstechnologien aus, um das Haus energieautark betreiben zu können? Mit diesen Fragen befassen sich die Umwelt Arena AG in Spreitenbach, Architekt René Schmid und Roger Balmer, Pro-Energie Projekt- und Energiemanagement GmbH.

Selbstversorgung als Prinzip

Mit dem Bau des weltweit ersten energieautarken Mehrfamilienhauses mit neun Wohnungen in Brütten bei Winter-

thur werden sie aufzeigen, was es zum Erfolg braucht. Eng verbunden mit einer Energieselbstversorgung ist die Speicherung. Hier kommen die Forschenden der Hochschule Luzern (HSLU) – Technik & Architektur in Horw hinzu, die als Entwicklungspartner diverse Berechnungen und Simulationen durchführten, bevor die Grundsteinlegung am 21. Januar 2015 erfolgen konnte.

Zunächst war das Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) der HSLU in diesem Projekt involviert, indem man die Frage beantworten musste, welchen Beitrag das Gebäude selber leisten kann. Ausgangspunkte waren einerseits die Bedarfsabklärungen für Heizung und Warmwasser, andererseits die Berechnungen der möglichen thermischen Energiegewinne mit Vakuumröhrenkollektoren. Diese waren zunächst mit einer Absorberfläche von 28m² vorgese-

hen, wurden dann aber für die Realisierung verworfen. Als Speicher und Wärmeversorgung wurde zu Beginn ein System mit thermoaktiven Bauteilen (TABS) betrachtet. Dabei werden Heizungsrohre direkt in die Betondecke eingelegt, sodass die gesamte Betonmasse erwärmt (thermisch aktiviert) werden kann und als Wärmequelle für den Raum wirkt.

Von TABS zum Wasserspeicher

Mit gezielten Simulationen konnte man verschiedene Varianten untersuchen: TABS mit gleicher Vorlauftemperatur für jedes Geschoss, mit unterschiedlicher Vorlauftemperatur je Geschoss, mit geänderter Einbautiefe und Trittschalldämmung sowie als vierte Variante die konventionelle Fussbodenheizung. Die Untersuchungen haben dann gezeigt, dass insbesondere dieses letzte



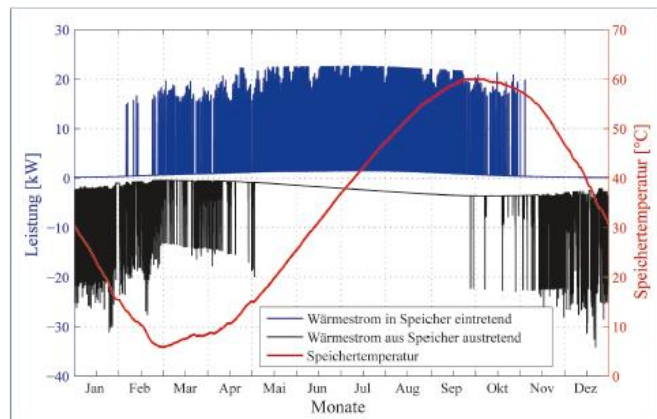
Das energieautarke Mehrfamilienhaus in Brütten setzt Massstäbe bei der Kombination von Speichertechnologien für Wärme und Strom. (Bild: Umwelt Arena)

Konzept ermöglicht, gleichzeitig tiefe Vorlauftemperaturen und hohe Komfortanforderungen erreichen zu können. Zur Speicherung der Wärme hat man sich danach auch mit einem soliden Körper aus Recyclingbeton befasst, der unter dem Gebäude platziert worden wäre. Diese grosse Masse sollte mittels wasserdurchströmten Rohren (vornehmlich im Sommer) aufgewärmt werden und bei Bedarf diese Wärme wieder an das Haus abgeben. Der Betonkörper wurde zunächst mit einem beachtlichen Volumen von 1442m³ ausgelegt und hätte über die gesamte Grundfläche eine Höhe von 2 Meter erreicht. Er war – zusammen mit der Tiefgarage – in der Form des Gebäudegrundrisses angedacht.

Diese Speicherart mit einem Festkörper wurde dann aber durch das Konzept eines unterirdischen Wasserspeichers ersetzt. Wasser weist eine höhere spezifische Wärmekapazität (Faktor 2 auf das Volumen bezogen) auf, was im Projekt zu einer Reduktion der nötigen Volumen und Kosten führt. Die Simulationsrechnungen am Kompetenzzentrum für Thermische Energiesysteme (CC TEVT) in Horw wurden mit zwei Wassertanks mit total rund 240m³, also mit je ca. 6 Meter Durchmesser und 4,3 Meter Höhe durchgeführt. Dabei ist der eine Speicher für die Bereitung von Warmwasser vorgesehen, der andere für die Raumbeheizung. Der berücksichtigte Temperaturverlauf liegt zwischen 5 und 60°C und wurde mit einem dafür erstellten Programm in «Mathworks Matlab» im Jahreszyklus berechnet. Dieses Speicherkonzept mit Wassertanks wird nun beim Mehrfamilienhaus in Brütten erstmals umgesetzt. Dank der grossen Expertise des Bauherrn sind alle statischen Fragen äusserst konservativ gelöst worden.

Hülle mit zahlreichen Vorzügen

Zusätzlich untersuchten die Forschenden auch die gewählte Gebäudehülle mit Simulationsrechnungen. Die Hülle ist vollständig mit neuartigen Photovoltaik-Modulen belegt, welche den gesamten Energieertrag für das Gebäude sicherstellen. Die Ausführung der Hülle entspricht in ihren bauphysikalischen Werten dem Minergie-P-Standard. Für die Berechnungen kamen die spezialisierten Software «IDA ICE» und «Lesosai» zum Einsatz. Ein besonderes Augenmerk wurde auf das Lüftungskonzept, auf Wärmebrücken und auf mögliche Abweichungen durch das Nutzerverhalten gelegt.



Simulationsrechnungen für die Wärmespeicherung: Wärmeleistung und Temperaturverlauf über ein Kalenderjahr in der Simulation. (Grafik: HSLU)



Podiumsdiskussion an der Grundsteinlegung: Kurt Aeschbacher (Moderation), Ludger Fischer (Hochschule Luzern), René Schmid (Architekt) und Walter Schmid (Bauherr). Ludger Fischer konnte hier die durch Simulationsrechnungen erfolgte Projektunterstützung erläutern.

Die Behaglichkeit wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Die wichtigste Grösse ist dabei die Raumlufttemperatur. Die neue Norm SIA 382/1 definiert einen Behaglichkeitsbereich, welcher von der Aussenlufttemperatur abhängig ist und bei mindestens 20,5°C beginnt. Zugleich kann man festhalten, dass ein gutes Gebäude mit angemessener Haustechnik gewisse Temperaturschwankungen erlauben und sich zugleich durch die materialisierte thermische Trägheit auszeichnen sollte.

Komplexität als Tatsache

Die Herausforderung stellt bei solchen Simulationen auch die Abwägung von Energieeffizienz gegenüber der Nachhaltigkeit der gewählten technischen Lösungen dar. Die dynamische Entwicklung des Projekts wurde durch Iterationsschritte auch bei den Simulationsarbeiten der HSLU ermöglicht. Hinzu kommt die Beherrschung des Zusammenspiels von komplexem hydraulischem System mit

den Gegebenheiten des Baukörpers und den zahlreichen Einflüssen von Nutzenden und Umgebung. Als grosser Vorteil erwies sich die enge und interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Forschungsgruppen in Koordination und Austausch mit den Planenden.

Das Gebäude weist neben den Wärmespeichern auch Stromspeichertechnologien auf, die den Solarstrom, der mit den auf der Gebäudehülle angebrachten Photovoltaik-Modulen erzeugt wird, aufnehmen. Elektrisch betrieben wird unter anderem auch die Wärmepumpe, welche für die Warmwasserbereitung (60°C) sorgt. ■

*Autoren:

Hochschule Luzern – Technik & Architektur, 6048 Horw, www.hslu.ch

• Nadège Vetterli, Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG)

• Andreas Ammann, CC Thermische Energiesysteme und Verfahrenstechnik

• Dr. Ludger Fischer, CC Thermische Energiesysteme & Verfahrenstechnik.



Das Konzept der Energieautarkie basiert vor allem auf der Solarstromproduktion und Nutzung von Niedertemperaturwärme. Im Verbund werden unterschiedliche Energieumwandlungs- und Speichertechnologien eingesetzt. Systemkomponenten (im Gegenuhreigersinn): Solarstromproduktion 150 kWp auf Dach/Fassaden ergibt ca. 100 000 kWh/Jahr, Wechselrichter, Batteriespeicher, Elektrofahrzeug, Elektrolyseur, Wasserstoffspeicher, Niedertemperatur-Brennstoffzelle, zwei Wärmespeicher (Wasser, total 240 m³), zwei Erdwärmesonden (EWS, je 385 m tief), Wärmetauscher Umgebungsluft, Erdgasfahrzeug (betrieben mit Methan aus Grünabfall), Wärmepumpe, Warmwasserspeicher. Im Gebäude erkennbar: u. a. Duschen mit Joulia-Wärmerückgewinnung. (Bild: Umwelt Arena/Roger Balmer)

Energieautarkes MFH in Brütten ZH mit einem halben Dutzend verschiedener Speichertechnologien für Wärme und Strom

Symphonie der Speicher

Im Mittelpunkt des energieautarken Mehrfamilienhauses stehen unterschiedliche Speichertechnologien für die Energieversorgung übers ganze Jahr. Das Zusammenspiel der einzelnen Systeme muss symphonisch realisiert werden, um einen erfolgreichen Klang zu erreichen.

Jürg Wellstein

■ Ein harmonisches Miteinander unterschiedlicher Speicher und Medien wird dem Mehrfamilienhaus in Brütten einen energieautarken Betrieb ermöglichen. Im Rahmen der Grundsteinlegung hat der Bauherr Walter Schmid, Gründer von Kompogas und Initiant der Umwelt Arena, darauf hingewiesen, dass die Auslandsabhängigkeit von rund 80 Prozent des Schweizer Gesamtenergieverbrauchs ein zentrales Thema sei. «Während Bertrand Piccard den solarbetriebenen Flug um die Erde verwirklicht, werden wir in Brütten das erste solarbetriebene und gleichzeitig energieautarke Mehrfamilienhaus realisieren.» Kann erneuerbare Energie mit geeigneten Speichertechnologien (Wärme und Strom) kombiniert werden, so lässt sich ein Stück Unabhängigkeit zurückgewinnen. «Und mit dem Sparen von Energie, sparen wir auch Geld», meinte er zusammenfassend.

Energiespeicher für verschiedene Zeitdauer
Das energieautarke Mehrfamilienhaus an der Unterdorfstrasse in Brütten

soll zu einem Vorzeigebeispiel für den cleveren Einsatz von bestehenden, mehrfach bewährten Technologien werden. Das Konzept heisst: sparen, gewinnen, speichern. Die Gebäudehülle mit Photovoltaik-Modulen produziert Solarstrom, der in unterschiedlicher Weise genutzt und gespeichert werden kann. Rund 100 000 kWh pro Jahr werden die Dünnschichtmodule bei einer installierten Leistung von ca. 150 kWp erzeugen. Der Verbrauch wird mit ca. 35 000 kWh angenommen. Der Rest dient zur Speicherung und Beheizung. Neben einer Direktnutzung des Solarstroms und der Kurzzeitspeicherung in Batterien dient der Ertrag dem Betrieb einer Wärmepumpe. Diese speist einerseits einen Warmwasserspeicher, andererseits wird sie für das Laden der gross dimensionierten Wärmespeicher (Wassertanks) genutzt. Mit dem überschüssigen Solarstrom will man im Sommer Wasserstoff erzeugen. Dies wird möglich durch das Prinzip Power-to-Gas, wofür ein Elektrolyseur im Einsatz ste-

hen wird, welcher Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff spaltet.

Berechnungen haben ergeben, dass über das ganze Jahr gerechnet ein Stromdefizit von etwa 25 Tagen bleiben würde, das – vor allem im Dezember und Januar – mit dem Langzeitspeicher überbrückt werden muss. Der dafür erzeugte und gespeicherte Wasserstoff wird dann für den winterlichen Betrieb einer Niedertemperatur-Brennstoffzelle von Proton-Motor, also für eine zusätzliche Stromproduktion, verwendet. Die dabei entstehende Abwärme sowohl der Brennstoffzelle als auch des Elektrolyseurs im Sommer wird ebenfalls genutzt. Zwei Erdwärmesonden mit je 385 Meter Länge dienen der zusätzlichen saisonalen Wärmespeicherung im Untergrund.

Auch für die Mobilität steht der Solarstrom zur Verfügung: Bei einem gemeinschaftlich genutzten Elektroauto wird Solarstrom für rund 10 000 km pro Jahr verwendet. Und der Grünabfall aus den neun Wohnungen kann via Kompogas für ein Gasauto eingesetzt werden.



Roger Balmer (Pro-Energie Projekt- und Energiemanagement GmbH), René Schmid (Architekt), Walter Schmid (Bauherr) und Daniela Bomatter (BFE, Energie Schweiz) haben an der Pressekonferenz anlässlich der Grundsteinlegung die verschiedenen Aspekte des Projekts präsentiert.

Visualisierung für die Sensibilisierung

Die Bewohner der neun Wohnungen mit insgesamt über 1000 m² Wohnfläche werden mit Visualisierungen über ihren Energieverbrauch informiert. Ein definiertes Energie-

budget steht ihnen zur Verfügung. Dabei ist ein Bonus-Malus-System vorgesehen, das zu einem sparsamen Verbrauch animieren soll. Der Bauherr rechnet mit 10 Prozent Mehrinvestitionen gegenüber einer ver-

gleichbaren Bauweise. Im leicht höheren Mietzins werden jedoch bereits Heizungs- und Haushaltsstromkosten inbegriffen sein, da kein Stromkabel zum öffentlichen Netz hin vorhanden ist.

Der Entwurf des Gebäudes stammt vom Team der René Schmid Architekten AG, das bereits die Umwelt Arena konzipiert hatte. Das Gebäudetechniksystem hat Roger Balmer, Pro-Energie Projekt- und Energiemanagement GmbH, umgesetzt. Zahlreiche Ausstellungspartner der Umwelt Arena sind im Projekt involviert. ■

www.umweltarena.ch
www.reneschmid.ch
www.pem-gmbh.ch