



*Dieses Mehrfamilienhaus in Brütten verfügt über keinen Anschluss ans öffentliche Stromnetz, sondern produziert den Eigenbedarf der Bewohner für Haushalt und Mobilität selbst. (Bild: Umwelt Arena)*

# Genug Energie für die kalten Tage

Das erste energieautarke Mehrfamilienhaus der Welt steht in einer Gemeinde im Kanton Zürich. Eine Studie hat sich mit der Technologie der Langzeitspeicherung von Sonnenenergie auseinandergesetzt. Denn diese wird vor allem im Sommer gewonnen, soll aber auch im Winter genutzt werden können.

■ Autor: Tobias Chi, Up

**E**in Haus, das die ganze Energie, die es verbraucht, aus sich selbst bezieht? Seit 2016 ist das keine Zukunftsmusik mehr. Das erste energieautarke Haus der Welt – ein Projekt der Stiftung Umwelt Arena Schweiz zusammen mit Ausstellungspartnern – steht in der Gemeinde Brütten im Kanton Zürich. Das Mehrfamilienhaus verfügt über keinen Anschluss ans öffentliche Stromnetz, sondern es produziert den Eigenbedarf der Bewohner für Haushalt und Mobilität selbst. Als einzige externe Energiequelle wird die Sonne genutzt. Diese liefert gratis Energie, die sich mit Solarmodulen direkt in elektrischen Strom umwandeln lässt.

Als Fassadenelemente des Hauses kommen nicht-spiegelnde Photovoltaikmodule zum Einsatz, die optisch von hellen Holzfenstern durchbrochen werden. Auch das ganze Dach ist mit leistungs-

fähigen Photovoltaikmodulen ausgelegt. Die damit gewonnene Energie wird direkt in Strom umgewandelt oder in mittelfristigen Batteriespeichern zwischengespeichert, welche im Gebäude für die Dauer von zwei bis drei Tagen genutzt werden kann.

## Langzeitspeicher für sonnenarme Zeiten

Da in den Sommermonaten viel mehr Sonnenenergie gewonnen werden kann als im Winter, ist die Möglichkeit einer Langzeitspeicherung von grosser Wichtigkeit. Dazu kommt eine neuartige Umsetzung von Strom in Wasserstoff zum Einsatz. Aufgrund der Verluste und hohen spezifischen Kosten sind konventionelle sowie auch spezielle Batterietechnologien für diesen Einsatz nicht geeignet. Der im Mehrfamilienhaus in Brütten eingesetzte Langzeitspeicher behandelt den Strom in drei Schritten:

1. Produktion von Wasserstoff durch Wasserelektrolyse, auch Power-to-Gas genannt
2. Speicherung des Wasserstoffes unter Druck
3. Produktion von elektrischem Strom durch eine Brennstoffzelle (Typ PEM)

## Produktion von Wasserstoff «Power-to-Gas» mittels PEM-Elektrolyse

Als Power-to-Gas (kurz PtG oder P2G, auch «elektrische Energie zu Gas») wird ein elektrochemischer Prozess bezeichnet, in dem durch Wasserelektrolyse unter dem Einsatz von Strom Wasserstoff hergestellt wird. Der dabei ebenfalls entstehende Sauerstoff kann genutzt oder in die Atmosphäre abgeblasen werden. Bei diesem Prozess entsteht neben dem Wasserstoff bei einem Druck von 30 bar ohne Verdichter gleichzeitig nutzbare Wärme in Form von Kühlwasser bei rund 35 Grad Celsius.

### Speicherung von Wasserstoff

Der so hergestellte Wasserstoff kann in Druckspeichern saisonal zwischengespeichert werden. Hierbei sind verschiedene Drucke möglich. Die Tankanlagen können überirdisch oder unterirdisch erstellt werden. Massgebend sind die Rahmenbedingungen am Aufstellungs-ort.

### Produktion von Strom

Die Brennstoffzelle wandelt Wasserstoff in Elektrizität um. Statt einer klassischen Verbrennung arbeitet eine Brennstoffzelle mit einer elektrochemischen Reaktion und ist emissionsfrei.

Das Prinzip einer Brennstoffzelle ist vergleichbar mit einer Batterie. Sie verfügt ebenfalls über eine Anode, eine Kathode und einen Elektrolyten. Eine Brennstoffzelle kann selber aber keine Energie speichern und sie kann auch nicht «aufgeladen» werden. Im Gegensatz zu anderen Stromerzeugern besitzt eine Brennstoffzelle keine sich bewegendenden Teile wie z.B. bei einem Verbrennungsmotor. Die Stromerzeugung durch die chemische Reaktion ist lautlos. Brennstoffzellen können kontinuierlich Gleichstrom produzieren, solange ihr Brennstoff (Wasserstoff) und Luft zur Verfügung stehen. Neben der elektrischen Energie steht Wärmeenergie zur Verfügung, welche genutzt werden kann.

### Umsetzung in Brütten

Über das ganze Jahr gerechnet, bleibt ein Stromdefizit von etwa 25 Tagen, das – vor allem im Dezember und Januar – mit dem Langzeitspeicher überbrückt werden muss. Im energieautarken Mehrfamilienhaus wird deshalb mit dem überschüssigen Strom der Photovoltaik-Anlage zusätzlich Wasserstoff produziert und gespeichert. Über eine Brennstoffzelle wird damit zum gewünschten Zeitpunkt Strom produziert und somit die Energielücke geschlossen.

Der für die Wintermonate kalkulierte Strombedarf, welcher nicht durch die Solaranlage direkt und die Kurzzeitspeicherung gedeckt werden kann, wird im Sommer mittels PEM-Wasserelektrolyse genutzt und gespeichert. Der entstehende Wasserstoff wird direkt aus dem Elektrolyseur mit 30 bar ohne zusätzliche Verdichtung an die unterirdischen Speichertanks geliefert. Die dabei entstehende Wärme wird als Quelltemperatur für die Wärmepumpe eingesetzt, welche damit das Brauchwarmwasser erzeugt und die thermischen Langzeitspeicher bedient.

## NACHGEFRAGT BEI MICHAEL GAMBARINI



Michael Gambarini ist Projektingenieur HLKS bei der Komfonie Engineering AG. Zusammen mit einem Kommilitonen hat er diesen Sommer seine Bachelorarbeit zum Thema «Wasserstoff als Verbindungsstelle zwischen Bedarf und Produktion» an der Hochschule für Technik und Architektur Luzern geschrieben. Als Vorbild und Inspiration diente das energieautarke Haus in Brütten.

### Worum geht es genau in Ihrer Arbeit?

Anhand eines selbst modellierten Mehrfamilienhauses haben wir die Effizienz eines Langzeitspeichers für Sonnenenergie untersucht. Wir haben geprüft, ob das Haus nur mittels Sonnenenergie ganzjährig betrieben werden kann.

### Wie haben Sie das bewerkstelligt?

Mittels der Wasserstofftechnologie, durch welche die Überschussenergie im Sommer über eine Umwandlung (Elektrolyse) zwischengespeichert und im Winter über die Brennstoffzelle wiederverwendet werden kann.

### Was war dabei die grösste Herausforderung?

Das Energiemanagement. In einem Haus werden Strom und Wärme verbraucht. Gleichzeitig produzieren und verbrauchen auch die Wasserstoff-Umwandlungskomponenten – also die Brennstoffzelle und die Elektrolyse – Strom und Wärme. Hier einen Ausgleich in den Energieformen und -mengen zu schaffen und bei veränderlichem Bedarf auch darauf eingehen zu können, war der Hauptfokus unserer Arbeit.

### Zu welchem Ergebnis kamen Sie?

Unsere Arbeit hat ergeben, dass ein komplett energieautarker Betrieb allein über die Sonne (Photovoltaik) möglich ist. Die gewonnene Energie deckt den Bedarf für die Bereiche Haushaltstrom, Heizen, Lüften und Warmwasser inkl. zwei Wasserstoffautos.

### Und was gilt es im Betrieb zu beachten?

Man muss die nötigen Komponenten richtig einbinden. Bezogen auf den gesamten Bedarf als Nutzen und die produzierte elektrische Energie der Photovoltaikanlage als Aufwand haben wir einen Gesamtwirkungsgrad von 83 Prozent erreicht. Im Betrieb ist auf eine Sensibilisierung der Bewohner für einen bewussten Umgang mit Energie und auf ein gutes Energiemanagement mit Spielraum für veränderliche Bedarfsanforderungen zu achten.

► Michael Gambarinis Fachartikel steht auf der Webseite der Hochschule für Technik und Architektur Luzern zur Verfügung: [www.hslu.ch](http://www.hslu.ch)

Die zwei Speichertanks mit total 120 Kubikmeter Volumen und die Rohrleitungen sind neben dem Gebäude erdverlegt und mit entsprechenden Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet. Die Verrohrungen und der Tankbau sowie die Installationen werden durch eine spezialisierte Fachfirma ausgeführt. Für die Produktion des notwendigen Stromes im Winter wird eine PEM-Brennstoffzelle eingesetzt, welche den Wasserstoff über eine Druckreduzierstation von den Speichertanks bezieht und zu Strom und Wasser umwandelt. Der dabei entstehende Gleichstrom wird direkt auf den

Batteriespeicher geliefert und die nutzbare Reaktionswärme wird für die Brauchwarmwasser-Erwärmung und das Heizen eingesetzt.

► [www.umweltarena.ch](http://www.umweltarena.ch)

Die Umwelt Arena Schweiz in Spreitenbach AG ist das Kompetenzzentrum für moderne Bauweise, Ausflugsziel und Lernort für Erwachsene, Familien, Schüler und Lernende zu aktuellen Themen wie Nachhaltigkeit, Umwelt und Energie im Alltag.