

Das erste energieautarke Mehrfamilienhaus der Welt

Ein Projekt der Umwelt Arena Schweiz



THEMA 5: LANGZEITSPEICHERUNG VON STROM



Fachpartner:



Mit Unterstützung von:



Einzige Energiequelle ist die Sonne

Gemeinsam mit mehreren Ausstellungspartnern baut die Umwelt Arena Schweiz in Brütten ZH ein «solarbetriebenes» Neunfamilienhaus, das ohne externe Energieanschlüsse auskommt.

Die Sonne liefert rund 2850 Mal mehr Energie, als wir auf der Erde pro Jahr verbrauchen – leider nicht immer dann, wenn wir diese Energie benötigen. Um trotzdem ein 100 Prozent energieautarkes Gebäude realisieren zu können, muss die Effizienz in jedem Bereich gesteigert werden: von der Energieproduktion über die Energiespeicherung bis hin zum Verbrauch. Das Projekt «Energieautarkes Mehrfamilienhaus» soll zudem zeigen, dass die Umsetzung der Energiestrategie 2050 bereits heute möglich ist, wenn man die vorhandene Technologie und das Know-how konsequent nutzt und intelligent kombiniert.

Übersicht der Technik im Mehrfamilienhaus (MFH) Brütten

Als Fassadenelemente kommen nicht spiegelnde Photovoltaikmodule zum Einsatz, die optisch von den hellen Holzfenstern durchbrochen werden. Das Dach ist mit neuartigen, sehr leistungsfähigen Photovoltaikmodulen bedeckt. Die Sonnenenergie

wird über die Solarzellen in Strom umgewandelt und in Tages- sowie mittelfristigen Batteriespeichern (zwei bis drei Tage) für die Nutzung im Gebäude zwischengespeichert. Für die Langzeitspeicherung kommt eine neuartige Umsetzung von Strom in Wasserstoff zum Einsatz. Der Wasserstoff wird zwischengespeichert und bei Bedarf über eine Brennstoffzelle in elektrische und thermische Energie umgewandelt. Ein weiterer Teil der Sonnenenergie wird mit einer Wärmepumpe in Wärme umgewandelt und einerseits zur Brauchwarmwasser-Erwärmung und zum Heizen sowie zur Ladung der thermischen Kurz- und Langzeitspeicher eingesetzt. Um eine maximale Effizienz der Wärmepumpenheizung zu erreichen, werden je nach Bedarf verschiedene Wärmequellen genutzt.

Mit einer Serie von Informationsbroschüren werden die verschiedenen Komponenten des energieautarken MFH erklärt. Die Broschüren liefern vertiefte Informationen über einzelne Module und sollen gleichzeitig auch als Grundlage für Workshops zu den einzelnen Themen dienen.

Wann ist ein Haus energieautark?

Für das erste energieautarke Mehrfamilienhaus der Welt gilt:



Die Sonne ist die einzige externe Energiequelle.



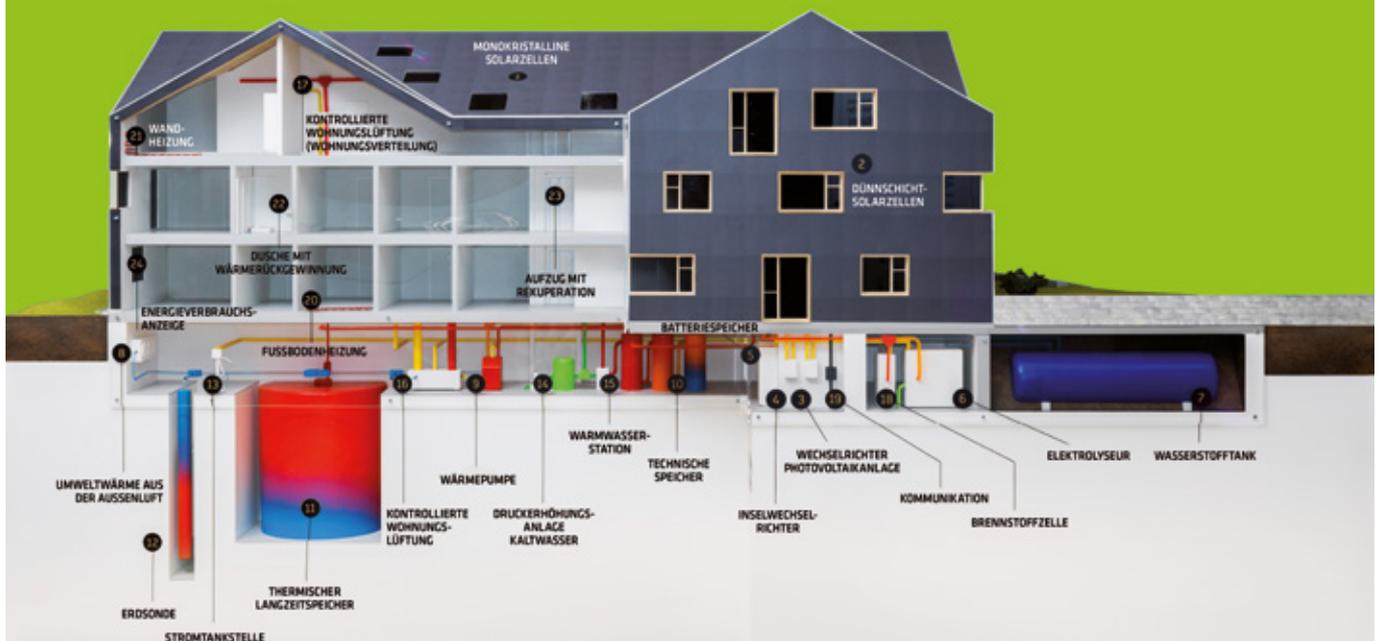
Dem Gebäude werden keine externen Energieträger zugeführt (also z. B. kein Heizöl, kein Strom, kein Erdgas, kein Holz).



Das Gebäude verfügt über keinen Anschluss ans öffentliche Stromnetz.



Den Bewohnern steht für ihr Leben im Haus (inkl. Haushalt und Mobilität) ganzjährig nur so viel Energie zur Verfügung, wie das Haus produzieren und speichern kann.



Mehr Informationen in der Ausstellung «Energieautarkes Mehrfamilienhaus» in der Umwelt Arena Schweiz.

Langzeitspeicherung von Strom

Durch die Solaranlage auf dem Dach und an der Fassade wird eigener Strom produziert. Da nicht der gesamte produzierte Strom im Gebäude genutzt werden kann und auch die Kurzzeitspeicher für den Strom im Sommer schnell geladen sind, wird ein saisonaler Langzeitspeicher benötigt, in dem der überschüssige Strom gespeichert und in den sonnenarmen Monaten wieder im Gebäude eingesetzt werden kann.

Derzeit sind konventionelle sowie auch spezielle Batterietechnologien aufgrund der Verluste und hohen spezifischen Kosten für diesen Einsatz nicht geeignet.

Um den saisonalen Langzeitspeicher trotzdem zu realisieren, wird der Strom in 3 Schritten behandelt:

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° C.

Speicherung von Wasserstoff

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

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 bewegenden 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.

Unser Tipp

Bei der Langzeitspeicherung von Strom sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Es gibt derzeit noch keine einheitlichen Standards bei den Vorgaben für den Bau der Anlagen.
- Die Planung und der Bau der Anlage sind immer als Gesamtsystem zu betrachten und benötigen viele detaillierte Berechnungen mit Einbezug aller im System integrierten Verbraucher.
- Die bewilligungstechnischen Rahmenbedingungen sind in einem Vorprojekt zu prüfen.
- Der Gesamtnutzungsgrad der Anlage kann durch die konsequente Nutzung der Wärme in den Kühlwasserkreisen bis auf über 90 % erhöht werden. Wenn die Wärme nicht genutzt wird, liegt der Wirkungsgrad Strom im Sommer (Input) zu Stromproduktion im Winter (Output) bei lediglich 18 – 19 %.

Ihr Gewinn

Sie können den Autarkiegrad Ihres Gebäudes auf bis zu 100 % steigern. Mit der Energie der Sonne können Sie Ihr Haus ganzjährig mit Strom und Wärme versorgen.

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.

Die zwei Speichertanks mit total 120 m³ Volumen und die Rohrleitungen sind neben dem Gebäude erdverlegt und sind 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.



Technische Daten Elektrolyseur

| | |
|----------------------------|---|
| Lieferant | Diamond Lite S.A. |
| Hersteller | Proton OnSite (USA) |
| Typ | HOKEN H2/PEM Elektrolyseur |
| Leistung elektrisch | 14.5 kW (Verbrauch) |
| Ertrag | 2 Nm ³ /h Wasserstoff (30 bar) |
| Leistung thermisch | 8 kW/35 °C |

Technische Daten Tankanlage und Verrohrung

| | |
|------------------------|--|
| Lieferant | Messer AG |
| Hersteller Tank | ELKUCH AG |
| Typ | Spezial-Wasserstofftank |
| Inhalt | 120 m ³ |
| Betriebsdruck | max. 30 bar |
| Fülldruck | 27.5 bar |
| Tank 1* | Länge 9.2 m, Durchmesser 2.7 m, Gewicht 17 t, Geometrischer Inhalt 48 000 l |
| Tank 2* | Länge 13.5 m, Durchmesser 2.7 m, Gewicht 24 t, Geometrischer Inhalt 72 000 l |

* Beide Tanks sind aus einem speziellen, wasserstoffbeständigen Stahl gefertigt und haben eine mittlere Wanddicke von 2.5 cm. Aussen haben die Tanks eine Kunststoffbeschichtung aus Epoxydharz. Zusätzlich zu diesem passiven Rostschutz wurde ein aktiver Rostschutz mittels eines elektrochemischen Verfahrens (kathodischer Korrosionsschutz) installiert.

Technische Daten Brennstoffzelle

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Lieferant | Proton Motor Fuel Cell GmbH |
| Hersteller | Proton Motor Fuel Cell GmbH |
| Typ | PM Cube S 5 |
| Leistung elektrisch | 6.2 kW/5.6 kW (Dauerleistung) |
| Leistung thermisch | 5.5 kW (Dauerleistung)/ 60 °C |
| Eintrittsdruck Wasserstoff | 2 bar |

Kurzbeschreibung Hersteller

Elektrolyseur/Diamond Lite S.A.

Diamond liefert den in der Industrie seit Jahren bewährten PEM-Elektrolyseur. Dieser erzeugt aus nachhaltig erzeugtem Photovoltaik-Strom hochreinen Wasserstoff bei einem Druck von 30 bar zur Speicherung von Energie, die im Sommer erzeugt wird. Diese dezentral erzeugte Energie kann dann zeitverzögert im Winter zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Der eingesetzte Elektrolyseur vom Typ H2m ist mit PEM-Feststoffelektrolyt-Zellenstapeln ausgestattet. Dies ist sehr vorteilhaft, vor allem im Zusammenhang mit dem Einsatz erneuerbarer, fluktuierender Energiequellen. Die Hogen®-Elektrolyseure können problemlos und ohne Einfluss auf die Lebensdauer zwischen 0 und 100% betrieben werden. Die Reaktionszeit auf Signaländerung (variabler Energieinput) geschieht in Sekundenbruchteilen.

Ein weiterer grosser Vorteil der PEM-Technologie liegt in der Sicherheit, da die Anlagen mit vollem Differenzdruck arbeiten. Der Hogen-PEM-Elektrolyseur wird vollautomatisch gesteuert und die wichtigen Parameter werden konstant überprüft.



Fachpartner:



Diamond Lite S.A., Rheineckerstr. 12, 9425 Thal
Telefon +41 71 880 02 00, diamondlite@diamondlite.com

Brennstoffzelle/Proton Motor Fuel Cell GmbH

Die Proton Motor Fuel Cell GmbH ist Hersteller von Brennstoffzellenstacks und Brennstoffzellensystemen, auf Basis der Nieder-Temperatur-PEM-Technologie, für Anwendungen aus dem Bereich sichere Energieversorgung, Energiespeicher sowie für Anwendungen aus dem mobilen Bereich. Das Spektrum der von Proton Motor angebotenen Möglichkeiten reicht vom eigen entwickelten und produzierten NT-PEM-Stack bis zur schlüsselfertigen Anwendung. Aufgrund ihrer Kompetenzen bei der Einbindung der Brennstoffzellentechnologie in das Gesamtsystem gehen die Leistungen von Proton Motor deutlich über die Systemschnittstellen hinaus. Proton Motor unterstützt als Projektpartner seine Kunden sowohl in der Planungs- als auch in der Realisierungsphase bei Design, Prüfung, Inbetriebnahme und Service sowie bei Zertifizierung und Abnahmen durch Dritte, um eine optimale Systemintegration sicherzustellen.

Im Mehrfamilienhaus Brütten kommt ein schrankbasiertes Brennstoffzellensystem PM Cube S5 zum Einsatz. Das Herzstück dieses Schrankes bildet ein speziell für stationäre Anwendungen ausgelegtes PM-Module S5 mit einer elektrischen Ausgangsleistung bis zu 6,2 kW. Über die im PM Cube S5 integrierte Leistungselektronik wird die erzeugte elektrische Energie an den Batteriespeicher abgegeben, der als zentraler, elektrischer Speicher dient. Neben der elektrischen Energie entsteht bei der Reaktion in der Brennstoffzelle ein erheblicher Anteil an thermischer Energie. Durch die wassergekühlte Stacktechnologie von Proton Motoren lässt sich auch die anfallende thermische

Energie sehr gut zum Heizen oder zur Warmwasseraufbereitung nutzen. Dadurch, dass beide Energieformen im Haus Verwendung finden, lässt sich die im Wasserstoff gespeicherte Energie optimal nutzen.



Fachpartner:



Proton Motor Fuel Cell GmbH, Benzstr. 7, D-82178 Puchheim
Telefon + 49 (0) 89 1276265-0, Fax + 49 (0) 89 1276265-99
sales@proton-motor.de, www.proton-motor.de

Tankanlage und Verrohrungen/Messer AG

Messer Schweiz AG produziert und liefert Gase für die Industrie, Medizin, Pharma und Lebensmittel sowie Gasversorgungsanlagen. Als Spezialist für Wasserstoff liefert und montiert Messer Schweiz zwei unterirdische Wasserstofftanks mit einem Gesamtvolumen von 120 000 Litern. In diesen Tanks wird der durch den Elektrolyseur gewonnene Wasserstoff zur Überbrückung der Stromdefizittage gelagert. Weiter liefert und montiert Messer Schweiz die komplette Verrohrung für den Wasserstoff vom Elektrolyseur zu den Tanks und von den Tanks zur Brennstoffzelle.



Fachpartner:



Messer Schweiz AG, Seonerstrasse 75, 5600 Lenzburg
Telefon +41 62 886 41 41, info@messer.ch, www.messer.ch



Die Ausstellung «Energieautarkes Mehrfamilienhaus» in der Umwelt Arena Schweiz stellt anhand eines Grossmodells den technischen Aufbau und die innovativen Lösungen des Gebäudes vor. Wir freuen uns auf Ihren Besuch in der Umwelt Arena Schweiz.

Umwelt Arena AG
Türliackerstrasse 4
8957 Spreitenbach
Telefon +41 56 418 13 00
info@umweltarena.ch
www.umweltarena.ch

 www.facebook.com/umweltarena

Patronat: Kanton Aargau. Mit Unterstützung der W. Schmid Projekte AG.
Hauptpartner:



So finden Sie uns

Die Umwelt Arena Schweiz befindet sich in Spreitenbach und ist über den Arena-Steg direkt mit dem Shoppi Tivoli verbunden. Erreichbar per öffentliche Verkehrsmittel über Bahnhof Killwangen-Spreitenbach oder über Dietikon mit dem Bus Nr. 303 bis zur Busstation Furttalstrasse. Sonntags gilt ein anderer Fahrplan: Bus Nr. 2 bis zur Busstation Spreitenbach Shopping Center (nicht zu verwechseln mit Spreitenbach, Center Spreitenbach).

Öffnungszeiten Besucher

Mittwoch–Sonntag, 10–17 Uhr
Abweichende Öffnungszeiten und detaillierte Daten
In-/Outdoor Parcours siehe www.umweltarena.ch

Events/Führungen

Täglich, nach Vereinbarung

Themenführungen durch die Ausstellungen mit Fokus auf das Projekt «Energieautarkes Mehrfamilienhaus» buchbar für Gruppen über fuehrungen@umweltarena.ch,
Telefon +41 56 418 13 10.