

AUTARKES MEHRFAMILIENHAUS BRÜTTEN

Egoist

Hinter der matt anthrazitfarbenen Glasfassade wohnen neun Familien ohne Anschluss an ein Energienetz. Auf den ersten Blick verwundert es, wie das funktioniert, denn Energieerzeuger sind keine zu sehen. Im Keller geben 26 Wechselrichter und ein Speicher erste Hinweise auf die Lösung.

Text: Nina Egger, Paul Knüsel



Foto: René Schmid Architekten

Elektrische Energie wird von PV-Modulen sowohl an der Fassade (amorph) als auch auf dem Dach (kristallin) bereitgestellt.

A

m Rand des Hofacher-Quartiers von Brütten ZH steht ein Mehrfamilienhaus, das weder an das öffentliche Stromnetz angeschlossen noch auf externe Brennstoffe angewiesen ist.

Der ländliche Ersatzneubau mit neun Wohnungen ist ein Pilot- und Demonstrationsprojekt, das neueste Komponenten der Solartechnik mit einem ausgeklügelten Versorgungs-, Speicher- und Regulationssystem kombiniert. Die Bewohner leben energetisch autark von der Umgebung, dank gebäudeintegrierter Photovoltaik, Erdsonden und innovativen Speichervarianten. Dafür wurde der Bau mit dem Norman Foster Solar Award 2016 ausgezeichnet.

Grundsätzlich hat Energieautarkie im Siedlungsumfeld nichts verloren. In der Wüste, am Nordpol oder auf dem Mond wäre es etwas anderes. Doch warum soll ein Bau wie ein Eremit ganz für sich allein bleiben, wenn es sicherer und effizienter ist, ihn an ein öffentliches Versorgungsnetz anzuschliessen oder mit den Nachbarn, mit denen er Energie- und Stoffflüsse austauschen könnte, als kleines Netzwerk zusammenzuschliessen?

Beim Mehrfamilienhaus in Brütten ging es aber nicht darum, zu tun, was unter den gegebenen Bedingungen am vernünftigsten ist, sondern darum, die heutige Technik bis aufs Letzte auszunutzen. Das Extrembeispiel soll zeigen, was alles möglich ist. Und das ist nun bewiesenermassen einiges.

Die (nicht sehr geheime) Rezeptur

Um sich zu 100% selbst mit thermischer und elektrischer Energie versorgen zu können, müssen drei Grundbedingungen erfüllt sein: Der Verbrauch muss so gering wie möglich gehalten werden, die Eigenenergieproduktion muss so hoch wie möglich sein, und um dem zum fluktuierenden Angebot häufig versetzt auftretenden Bedarf gerecht werden zu können, werden Speicher benötigt. Bei Bautypen mit von vornherein geringem Bedarf und einer grossen zur solaren Energiegewinnung geeigneten Oberfläche lässt sich dem etwas leichter nachkommen – eine Scheune mit fünf Glühbirnen als einzigen Verbrauchern wäre ein geringes Problem. Aber ein Mehrfamilienhaus? Da ist das Volumen kompakt – wenig Oberfläche zur Energiegewinnung – und die Belegungsdichte hoch; entsprechend auch die Verbräuche. Kein Wunder also, dass bislang in der Schweiz niemand ein autarkes Mehrfamilienhaus erbaute.

Gezielte Verbrauchsreduktion

Der Energieverbrauch wird durch die gut gedämmte Gebäudehülle und durch hohe Effizienz bei der kontrollierten Wohnraumlüftung, bei Wand- und Bodenheizung sowie bei technischen Geräten gering gehalten. Der Energiebedarf für Heizen, Brauchwarmwasser, Haushalts- und Betriebsstrom beläuft sich auf 63 300 kWh/a. Mit Wärmepumpe, Lüftung, Kühlung, Hilfsstrom und Energie zur Speicherbefüllung werden insgesamt 119 460 kWh/a verbraucht, exakt die Menge, die erzeugt wird.

Maximale Energieerzeugung

Energie erzeugt wird an allen Ecken und Enden des Gebäudes. Die Photovoltaikanlage am Dach mit 512 m² monokristallinen Solarzellen (79.54 kWp) und die 485 m² mikromorphen Dünnschicht-Solarzellen an der Fassade (46.96 kWp) produzieren zusammen durchschnittlich 92 000 kWh/a. Die Solarpaneele sind dabei speziell auf die Anwendung im architektonischen und gestalterischen Bereich angepasst und weiter entwickelt worden. Ein spezielles Verfahren, eigens für dieses Projekt an der HSLU entwickelt, ermöglicht die Behandlung des Deckglases, wodurch eine matte Oberfläche entsteht. Die verbauten Photovoltaikpaneele sind blendfrei und als Bauplatten verwendbar. Die mikromorphen PV-Fassadenmodule erzeugen selbst im Winter, unabhängig ihrer Ausrichtung, sowie bei niedrig stehender Sonne und viel diffusem Licht einen relativ hohen Stromertrag. Die Gebäudeform ist so beschaffen, dass kein Bauteil Schatten auf die Fassade wirft, was den Einsatz der PV-Fassade optimiert und auch den monolithischen Charakter des Bauwerks stärkt. Der Solarertrag reicht aus, den jährlichen Stromeigenbedarf in den neun Familienhaushalten abzudecken.

Zur elektrischen Energie der Photovoltaikanlagen kommt Wärmeenergie aus Umgebungswärme und aus Erdsonden mit Wärmepumpe und Wärmetauscher

hinzu. Der thermische Energiebedarf für Raumheizung und Warmwasser wird aus diesem System gedeckt; es bezieht nur Strom, den das Wohngebäude selbst aus Sonnenenergie produzieren kann. Insgesamt werden 119 460 kWh/a bereitgestellt.

Optimierte Speicherung

Abgestimmt auf Nachfrageprofil und Nutzenergie ist die Speicherung kaskadenartig organisiert. Batterien und Wasserstofftanks dienen der kurz- und langfristigen Stromspeicherung, für überschüssige thermische Energie gibt es Wärmespeicher. Um die Speicher möglichst klein ausführen zu können, wurde der winterliche Solarertrag optimiert.

Als Kurzzeitspeicher für den von der PV-Anlage produzierten Überschuss fungiert eine Lithium-Eisenphosphat-Batterie. Batteriewechselrichter stellen innerhalb des Gebäudes das Stromnetz sicher und übernehmen die Primärregelung des Netzes. Gewisse Komponenten sind redundant ausgeführt, um eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten. Bei einem Energieüberschuss der PV-Anlage wird die Energie in der Batterie zwischengespeichert. Wenn der Strom der PV-Anlage nicht mehr ausreicht, um den aktuellen Bedarf zu decken, kann die Energie rasch aus diesem Kurzzeitspeicher abgerufen werden. Die Batterie ist so ausgelegt, dass sie Lücken von einzelnen Stunden bis etwa drei Tagen überbrücken kann.

Da die Kurzzeitspeicher im Sommer schnell geladen sind, wird ein saisonaler Langzeitspeicher (Wochen bis Monate) benötigt. In den sonnenarmen Monaten kann die Energie aus dem Langzeitspeicher im Gebäude wieder eingesetzt werden. Über Batterien ist eine Langzeitspeicherung aufgrund der Verluste und hohen spezifischen Kosten für diesen Einsatz allerdings nicht wirtschaftlich realisierbar. Beim Projekt Brütten sind daher zusätzlich weitere Technologien (z.B. Wasserstoffspeicherung) im Einsatz. Diese Langzeitspeichersysteme sind eng mit dem Batteriespeichersystem verbunden und stellen die Versorgung bei längeren Unterdeckungen sicher.

→ Fortsetzung S. 30



Bauherrschaft
Umwelt Arena,
Spreitenbach

Architektur
René Schmid Architekten,
Zürich

Generalunternehmung
W. Schmid,
Glattbrugg

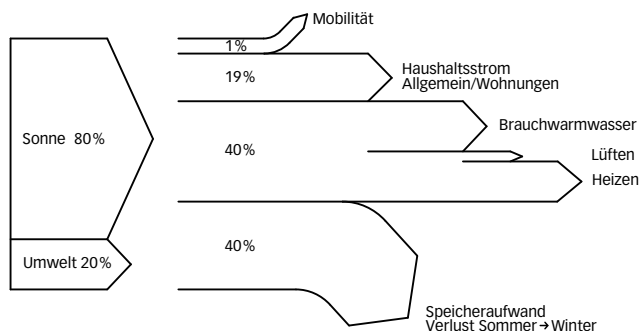
Gesamtprojektleitung
Technik
Pro-Energie, Projekt- und
Energiemanagement,
Sirnach

Ingenieure (PV, thermische
Energiespeicherung)
Basler & Hofmann, Zürich

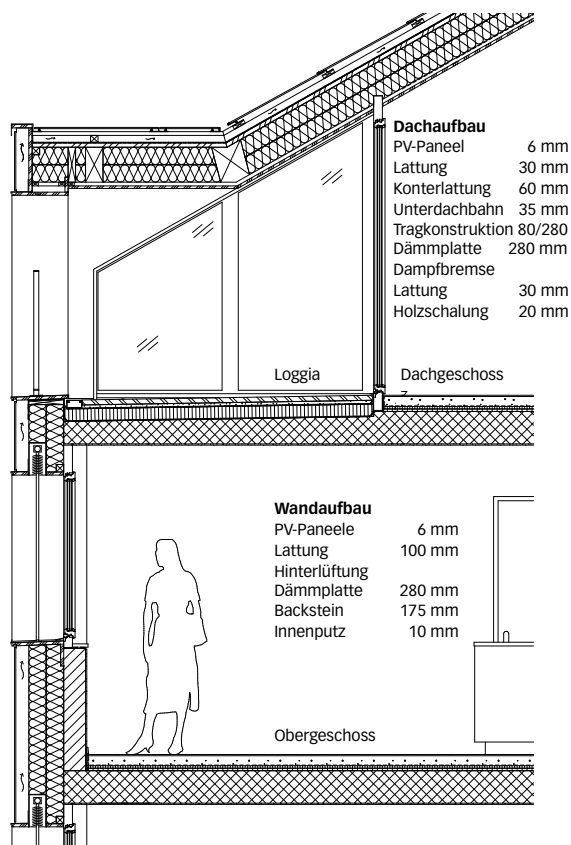
Elektrotechnik/Batterie
RZ Energiemanagement,
Waldkirch,
Schäfer & Partner,
Lenzburg

Photovoltaiklieferant
Meyer-Burger

Wissenschaftliche
Begleitung
Hochschule Luzern



Energieerzeugung und Energieverbrauch.



Die PV-Module an der Fassade sind hinterlüftet. Mst. 1:60.

Umwandlung

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 Strom wird in drei 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)

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 mit rund 35 °C.

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

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 dem einer Batterie. Sie verfügt ebenfalls über eine Anode, eine Kathode und einen Elektrolyten. Eine Brennstoffzelle kann selbst aber keine Energie speichern und sie kann auch nicht «aufgeladen» werden. Brennstoffzellen können kontinuierlich Gleichstrom produzieren, solange Brennstoff (Wasserstoff) und Luft zur Verfügung stehen. Neben der elektrischen Energie steht nutzbare Wärmeenergie zur Verfügung. Die Stromerzeugung durch die chemische Reaktion ist lautlos.

Thermischer Speicher

Thermische Langzeitspeicher dienen zur Speicherung von grossen Wärmemengen über lange Zeiträume. Der saisonale Wärmespeicher (zwei Wassertanks) wird via Wärmepumpe beladen, sobald zu viel Strom produziert wird. Dieser ist mit dem Brauchwassersystem (Hochtemperatur) und dem Heizsystem (Niedertemperatur) verbunden.

In Brütten sind die Speicher unter dem Haus angeordnet. Als Speicherbehälter werden zwei konventionelle Stahl-Email-Tanks (Abb. S. 31 rechts unten) verwendet, wie sie auch in der Landwirtschaft zur Lagerung der Gülle eingesetzt werden. Die Speicher sind drucklos ausgeführt. Die Ladung und Entladung erfolgt über im Innern angebrachte Rippenrohrwärmetauscher, die Energie an das stehende Wasser im Speicher abgeben oder daraus entziehen. Die Speicher sind im gesamten Umfang 200 mm dick in Wärmedämmung eingepackt. Die Ausdehnung des Speicherwassers wird über eine entsprechende Reservehöhe und einen Überlauf mit Siphon gewährleistet. Ein allfälliger Zugang in den Speicher erfolgt von oben über einen wärmedämmten Einstiegsschacht und eine eingebaute Schachtleiter. Die maximale Speichertemperatur beträgt rund 65 °C, die minimale 6 °C.

Alles massgeschneidert

Die gebäudeintegrierte Photovoltaik ist auf hohe Leistung und saisonalen Ausgleich dimensioniert. Zur Optimierung waren Speziallösungen bei Geometrie und Hinterlüftung der Dünnschichtmodule sowie bei der Konzeption der Schaltkreise und der Wechselrichteranschlüsse zu finden. Zur Demonstration des energieautarken Wohngebäudes gehört die zurückhaltende Gestaltung: So besitzen die Solarfassaden eine matte, blendfreie Optik. Ebenso ist an den bündigen, verschattungslosen Dachkanten erkennbar, wie Solartechnik und Architektur jeweils als ein Ganzes entworfen sind.

Definierte, simulierte Schnittstellen

Technisch ist die autarke Energieversorgung auf verlässliche Systeme angewiesen. Gewisse Komponenten sind daher redundant ausgelegt. Programmatisch geht es jedoch darum, die Schnittstellen zwischen Produktion und Verbrauch genau zu definieren. Die Knacknuss war hier, ein kompaktes Gebäudevolumen als ausreichende Fläche für die Energiegewinnung zu nutzen und die hohe Belegungsichte mit einer moderaten Verbrauchsspitze zu kombinieren. Die unterschiedlichsten Lastgänge und Betriebsmodi wurden vorgängig simuliert. Das Energiemanagement steuert Produktion, Speicherung und Haustechnik intelligent; das Gebäudeleitsystem bezieht dafür auch reale Wetterdaten ein.

Die Verbrauchsseite, bestehend aus Haushaltsgeräten, Lüftungsanlage und weiteren haustechnischen Apparaturen, ist auf höchste Energieeffizienz getrimmt. Die Mieterschaft wurde zudem unter anderem aus einem öffentlichen Nachhaltigkeitswettbewerb ausgewählt. Der private Energiekonsum wird im Rahmen eines Austauschs untereinander sowie eines weitergehenden Forschungsvorhabens thematisiert.



Die Wechselrichter stehen in der Energieversorgung des Mehrfamilienhauses zwischen Produktion und Verbrauch.



Wasserstofftanks zur Langzeitspeicherung von elektrischer Energie. Bei der Elektrolyse entstehen Strom, Wärme und Wasser.

Nachahmung (teilweise) erwünscht

Am Mehrfamilienhaus Brütten können sich Techniker und Wissenschaftler erfreuen, was aktuell alles möglich ist. Ein Monitoring wird in den nächsten Jahren zeigen, wie gut die einzelnen Komponenten des Gebäudes zusammenspielen und wo es trotz penibler Planung noch Nachbesserungsbedarf gibt.

Die Grundidee, sich trotz dem Standort mit guter Infrastruktur völlig autark mit Energie zu versorgen, dient mehr zur Demonstration denn als Vorbild. In der Schweiz besteht ohnehin eine Anschlusspflicht, die diesem Vorgehen widerspricht. Einzelne Elemente des Konzepts, die der Energiebedarfsminimierung, Energieerzeugung und -speicherung dienen, sind aus sowohl ökologischer als auch ökonomischer Sicht aber sehr wohl nachahmenswert. Hier gilt es, für jede Bauaufgabe und jeden Standort den geeignetsten Weg zu finden. •

Nina Egger, Redaktorin Gebäudetechnik,
Paul Knüsel, Redaktor Energie/Umwelt



Lageplan, Mst. 1:2500. Der Einzelkämpfer schottet sich von seiner Nachbarschaft energetisch ab.



Zur Speicherung von thermischer Energie dienen zwei unterirdische Wassertanks mit einem Durchmesser von je 6 m.