

GEBÄUDE DER ZUKUNFT

TEIL I DES VERGLEICHS – ENERGIEAUTARKES HAUS + ELEKTROMOBLITÄT



Quelle: Helma Eigenheimbau AG, www.helma.de

Bild 1: Intelligente Eigenversorgung mit Strom und Wärme

Neben der Energieversorgung steht in Zeiten der Energiewende ebenso der Energieverbrauch in der Diskussion. Der Energiebedarf unseres täglichen Lebens spiegelt sich nicht zuletzt in unseren Gebäuden wieder. Neben der energetischen Sanierung von Altbauten stehen gerade neue Gebäudekonzepte für den Wandel unserer Zeit. War das Haus von gestern Energieverbraucher, Wärme und Strom mussten in das System Haus von außerhalb eingebracht werden, so erzeugt es heute seinen Energiebedarf selbst, bisweilen werden sogar Überschüsse erwirtschaftet. Dieser Artikel beleuchtet den Weg zu Gebäuden mit hoher und intelligenter Eigenversorgung mit Strom und Wärme aus der Sonne bis hin zu energieautarken Gebäuden, die mittlerweile keine Utopie mehr sind.

Strom heute: zu kostbar zum Heizen

Das energieautarke Haus basiert auf dem Standard des Sonnenhaus-Instituts. Diese sogenannten Sonnenhäuser mit über 50 Prozent solarthermischer Deckung für Heizung und Warmwasser sind bezüglich Primärenergiebedarf (5–15 kWh/m²a), CO₂ Ausstoß und jährlichen Heizkosten die derzeit sparsamsten Häuser am Markt und erfreuen sich steigender Beliebtheit. Über 1000 solcher Sonnenhäuser wurden in Deutschland in den letzten Jahren errichtet. Der Sonnenhausstandard mit Langzeitwärmespeichern ist somit ein bewährtes und zunehmend marktverbreitendes Konzept. Die Sonderform des energieautarken Haus hat als serienreifes Gebäude zudem auch den Status des Prototyps längst abgestreift. Seinen Bedarf an Heizung und Warmwasser deckt es

weitestgehend mit der Sonne. Dafür ist es mit einem 9 m³ Langzeitwärmespeicher (Wasser) und 46 m² Kollektorfläche ausgestattet. Der zusätzliche Wärmebedarf wird mit einem hocheffizienten Kaminofen und etwa 1–2 fm Stückholz (für etwa 75–150 €) pro Jahr gedeckt. Die Trinkwassererwärmung erfolgt mittels Frischwasserstation im Durchflussprinzip. Dabei wird nur die jeweils benötigte Menge an Wasser hygienisch erwärmt. Das spart jede Menge Energie und verhindert zudem die Legionellenbildung. Um auch in den Zeiten mit hohem Energiebedarf und tief stehender Sonne diese optimal nutzen zu können ist die Dachfläche bewusst auf 45° geneigt. So wird auch im Herbst, Winter und Frühjahr genügend und im Sommer nicht zu viel Überschuss produziert, womit auch das Netz entlastet wird. Der Primärenergieverbrauch liegt bei 5 kWh/m²a und damit etwa 90 Prozent unter einem Standard EnEV 2009 Einfamilienhaus und etwa 80 Prozent unter einem typischen Standard Passiv- oder Plusenergiehaus.

Die Nutzung von Solarthermie zum Heizen hat im Gegensatz zu Strom große Vorteile. Wärmepumpen (WP), speziell die oftmals zur Verwendung kommenden Luftwärmepumpen, erreichen in der kalten Jahreszeit nur geringe Wirkungsgrade, bei starken Minustemperaturen kann sich das Verhältnis von Stromverbrauch zur Wärmeerzeugung (Arbeitszahl) bis auf 1:1 verschlechtern. Zur Bereitstellung einer Einheit Wärme (1 kWh) wird dann die entsprechende Menge Strom (1 kWh) benötigt. In diesem Moment entspricht eine Wärmepumpe einer Stromdirektheizung. Im Rest des Jahres liegt diese Arbeitszahl bei durchschnittlich 1:3,5. Eine Solarthermieheizung mit Sonnenkollektoren und einem Langzeitwärmespeicher hat im hier vorgestellten Konzept ein Verhältnis Strom zu Wärme von über 1:100. Der Solarkollektor benötigt nur in geringem Maße elektrische Mithilfe um die benötigte Wärme zur Verfügung zu stellen. Mit einer Einheit Strom (1 kWh) wird eine ungleich höhere Wärmemenge (100 kWh) bereitgestellt.

Durch den Einsatz der Solarthermie zum Heizen anstatt Wärmepumpe wurde der Stromverbrauch des Hauses dramatisch gesenkt. Während Plusenergiehäuser üblicherweise vor allem im Sommer

etwa 1,5 mal so viel Strom erzeugen, als sie im Jahr verbrauchen, erzeugt das energieautarke Haus mit nur 8,2 kW Photovoltaik etwa 3,5 mal so viel Energie, wie das Haus selbst verbraucht.

Strom: Eigenverbrauch statt Bilanz

Das energieautarke Haus erzeugt neben der benötigten Wärme ebenso seinen eigenen Strom. Mithilfe einer Photovoltaikanlage (8,2 KWP) und einem Akkuspeicher (48 kWh) ist eine vollständige solare Deckung des Strombedarfes möglich. Das Haus kann ohne Stromnetzanschluss auskommen. In den Monaten Februar bis November sind auch Überschüsse möglich, diese stehen durch den großzügigen Speicher für eine Beladung eines Elektroautos („Tankinhalt“ 10–20 kWh) auch dann ausreichend zur Verfügung, wenn die Sonne nicht scheint. Um das Elektrofahrzeug auch real laden zu können, sind entsprechend große Akkus nötig. Für eine Tankfüllung sind Akkukapazitäten von 15–20 kWh notwendig, damit der Akku nicht bereits nach einer Stunde entleert ist und das Auto nachts selbst im Sommer dann doch wieder am Netzstrom hängt.

Hintergrund: Eine vierköpfige Familie verbraucht in Deutschland durchschnittlich 4.000–5.000 kWh Elektroenergie im Jahr. Um die Stromautarkie für dieses Einfamilienhaus zu ermöglichen, musste der Haushaltstromverbrauch auf unter 1.500 kWh/Jahr gesenkt werden. Dieses Ziel wurde in durch Optimierungen auf allen Ebenen erreicht. Ein wichtiger Grundsatz dabei war die Vermeidung der Umwandlung von Strom in Wärme. Dies wurde neben der Vermeidung des Heizens mit Strom auch auf Haushaltsgeräte wie Waschmaschine, Geschirrspüler etc. angewendet. Die Verhinderung von standby-Verbrauch der Haushaltsgeräte, der Einsatz eines hydraulischen Pumpsystems mit geringsten Widerständen im Heiz- und Solarkreislauf sowie der Einsatz eines stromsparenden Lichtkonzeptes führten ebenfalls zur Reduzierung des Stromverbrauchs. Um den Bewohnern noch einen gewissen persönlichen Spielraum zu ermöglichen, wurde die Stromerzeugung sicherheitshalber höher ausgelegt.

Kein Ende der Solarthermie

Auch wenn Stromlobbyisten und Fachzeitschriften wie die Photon das Ende

der Solarthermie bereits ausrufen. In den Szenarien wird dort vorgerechnet, dass es mittlerweile günstiger sei, sein warmes Wasser günstiger mit einer PV-Anlage und eine Wärmepumpe zu erzeugen. Elektrische Wärmesysteme ließen sich deutlich günstiger auslegen, diese würden mit sinkenden Anlagenpreisen auch noch immer billiger.

Wer bei Solarwärme lediglich an die Trinkwarmwasserbereitung denkt, macht jedoch einen entscheidenden Fehler. So ist es doch eigentlich viel naheliegender mit einer einfachen Technologie der Autarkie näherzukommen. Ein Heizbetrieb ist mit der PV/WP-Kombination nicht wirklich möglich. Selbst von Seiten der Verbände wird bestätigt, dass je nach Anlagenkonfiguration und Größe des Pufferspeichers im Heizbetrieb maximal knapp fünf Prozent des Strombedarfs der Wärmepumpe durch die PV-Anlage auf dem Dach gedeckt werden können. Eine großzügig ausgelegte Solarwärmanlage ist in der überwiegenden Zeit des Jahres dazu durchaus in der Lage.

Zur Erreichung einer möglichst hohen Gesamteffizienz in Zukunftsgebäuden ist es sinnvoll, die für die jeweiligen Bereiche Wärme und Strom optimalen Konzepte und Technologien einzusetzen. Die Erzeugung von Wärme aus Sonne ist um den Faktor 2 bis 3 effizienter als die Stromerzeugung. Auch die Investitionskosten für Speicherung von Wärme in z.B. Wasserspeichern sind mit 10–40 €/kWh um den Faktor 40 niedriger als für Akkus.

Probleme werden verlagert

Im Sommerhalbjahr mit PV Strom erzeugen, im Winter mit der WP Strom verbrauchen, die Jahresbilanz stimmt, aber was bedeutet das für das Netz? Im Winter ist wesentlich weniger regenerativer

beheizte Wohnfläche	161 m ²
Gebäudenutzfläche nach EnEV	AN = 239,60 m ²
KfW Effizienzhaus	55
Jahresheizwärmebedarf	38,77 kWh/(m ² -a)
Stromverbrauch	< 2.000 kWh/a
Primärenergiebedarf	5 kWh/(m ² -a)
PV-Modulfläche (dachintegriertes System) Erzeugter Solarstrom	8,19 kWp (58 m ²) ca. 7.500 kWh/a (rund das Vierfache des jährl. Stromverbrauches)
Stromspeicher	48 kWh
Intelligente Produkte, Farbe die die Luft reinigt via cradle to cradle Prinzip (von der Wiege zur Wiege)	Teppichboden Wandfarbe
Mauerwerk ohne zusätzliche Dämmung	42 cm monolithische Ziegelwand U-Wert: 0,18 W/(m ² -K)
Kosten	363.000 € (ohne Grundstück) (schlüsselfertig ohne Förderung)

Strom im Netz vorhanden, in der Regel kommt der Strom aktuell überwiegend aus fossilen Grundlastkraftwerken. Wird das Konzept der Plusenergiehäuser, die häufig mit Luftwärmepumpen ausgestattet werden in der Masse umgesetzt, wird die Netzüberlastung von fluktuierendem Solarstrom im Sommer verstärkt und im Winter müssen zur Versorgung der Wärmepumpen mehr fossile Grundlastkraftwerke zugebaut werden oder fossiler Strom aus dem Ausland eingekauft werden. Wenn mittel- und langfristig überwiegend regenerativer Strom in den deutschen Netzen verfügbar wird, dann ist dieser Aspekt wieder neu zu bewerten. Die überwiegende oder komplette Eigenutzung des erzeugten Solarstroms vor Ort hat dagegen den Effekt, dass das öffentliche Stromnetz entlastet wird. Je größer der Anteil dezentraler Energieerzeugung und –speicherung am Standort ist, umso geringer sind demzufolge die

- Kosten für Netzausbau, Reserveleistung und zentrale Speicherkapazitäten (Bild 2),

- Kosten für Energietransport, Umwandlung und Speicherbe- und entladung,
- Abhängigkeit von Belastungsspitzen und Störungen im Strom/Gasnetz,
- Kostenunsicherheit und Kostenbelastung für Gebäudenutzer.

Das Gebäude verfügt trotzdem über einen Netzanschluss. Zum einen kann man den möglichen Überschussstrom ins Netz einspeisen und verkaufen, zum anderen wird die Sicherheit für den Fall eines technischen Anlagendefektes erhöht. Bei einem externen Problem (z.B. Stromausfall) bietet das Gebäude den Bewohnern volle Sicherheit und Unabhängigkeit

Innovationen

Um die Vision der Energieautarkie zu erreichen mussten innovative Mess-, Steuer- und Regelsysteme entwickelt werden. Diese sind notwendig, gilt es doch die gewonnene Energie intelligent und effizient dort einzusetzen, wo sie gebraucht wird.

Sowohl Solarstrom als auch Solarwärme werden durch intelligente Verbrauchssteuerung so optimiert, dass eine kontinuierliche Strom- und Wärmeversorgung des gesamten Hauses über das ganze Jahr hinweg erst möglich ist.

Die Steuerung für die Heizungsanlage ist mit dem Internet verbunden und kann über eine benutzerfreundliche Oberfläche bedient, gewartet und durch die Eingabe entsprechender Parameter geregelt werden. Die Anlage speichert die Messdaten über einen bestimmten Zeitraum und liefert bei Auftreten von Störungen hilfreiche Informationen für eine Fehleranalyse.

ZUM AUTOR:

▶ Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld
Honorarprofessor Solarthermie

post@timo-leukefeld.de

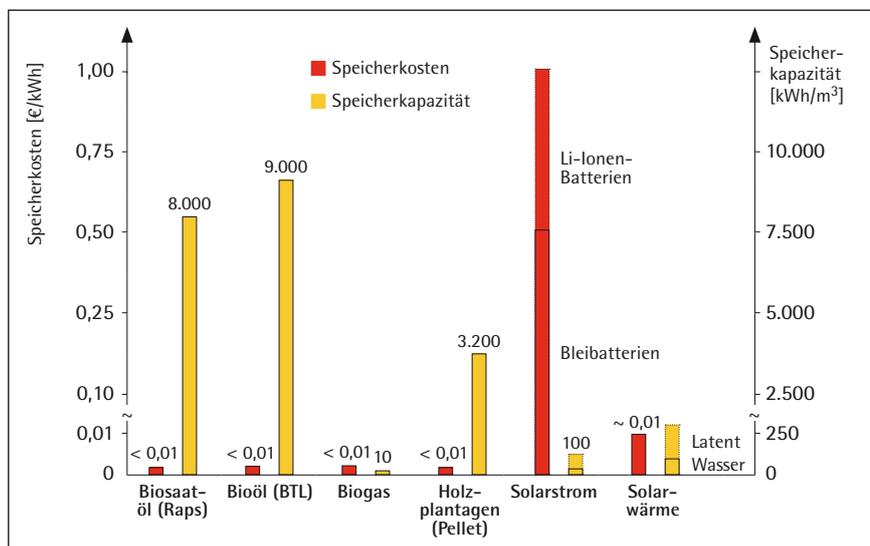


Bild 2: Speicherkosten und Speicherkapazität der Energie aus Solarstrahlung in Deutschland

TEIL II DES VERGLEICHS – NETTO-PLUSENERGIE-GEBÄUDE MIT ELEKTROMOBILITÄT



Bild 1: Architektur und Technik in Harmonie oder Gebäude als Solarkraftwerk

Leitmotiv

Die Planung und Realisierung zukunftsorientierter Gebäude setzt voraus, dass in einem integralen Team aus Architekten und Ingenieuren, Energieeffizienz, Komfort und Umweltverträglichkeit zum Maßstab des gesamten Prozesses werden. Vom Konzept bis zum Inbetriebnahme gilt es energetische Anforderungen und gestalterische Zielsetzungen zu entwickeln und zu verfolgen. Das ist der Anspruch, mit dem das Netto-Plusenergie-Gebäude mit Elektromobilität Berghalde als reines „Stromhaus“ umgesetzt wurde.

In einer ganzheitlichen Gebäudebilanz werden neben der notwendigen Heizwärme, der gesamte Strombedarf für den Anlagenbetrieb und den Haushalt und der Energieaufwand für die private Mobilität berücksichtigt und regenerativ gedeckt. Für den erweiterten Fokus sind als besondere Herausforderung die Schnittstellen zwischen der solaren Stromerzeugung und den Stromverbrauchern im Haus und der E-Mobilität und zwischen der Gebäudetechnik und der netzgebundenen Infrastruktur zu lösen.

Architektur

Die Randbedingungen sind eine Südhanglage und ein 900 m² großes Grundstück, die Anforderungen lauten hoher architektonischer Anspruch maximale Energieeffizienz und bilanzieller Überschuss aus regenerativen Energien bei hervorragendem Wohnkomfort. Der Neubau folgt der Form der Topographie, gräbt sich auf der Nordseite in den Hang ein und bietet mit einem schlichten Pultdach parallel zur Geländeneigung die ideale Voraussetzung für die Integration aktiver Solarenergiesysteme. Das Gebäudekonzept wird damit integraler und formgebender Bestandteil der Architektur. Eine einfache, geometrische Formensprache setzt sich im Innenraum bis zur Planung von Einbaumöbeln fort und wird durch die reduzierter Material und Farbwahl unterstützt. Bis ins

Detail werden bauphysikalische Vorgaben nach reduzierten Verlusten und dem Schutz vor sommerlicher Überhitzung in Einklang gebracht mit den ästhetischen Anforderungen.

Über großzügige südorientierte Fensterflächen nutzen die Wohnräume Tageslicht sowie passiv solare Gewinne und lassen die Blickbeziehungen ins Tal raumbestimmend werden. Nord-, Ost- und Westfassaden sind geschlossener gehalten und nehmen in dem zonierte Baukörper Schlaf- und Nebenräume auf.

Energiekonzept

In einem interdisziplinären Planungsprozess wurde das Energiekonzept entwickelt. Durch die aktive Solarenergienutzung ist der jährliche regenerative Energieertrag bilanziell größer, als der Gesamtenergiebedarf für den Gebäudebetrieb und den Haushaltsstrom. Dabei sollen die solaren Stromerträge mindestens 50% des Gesamtstrombedarfs decken. Voraussetzung sind Komponenten der Gebäudetechnik und -ausstattung mit Batteriespeichern und ein intelligentes Stromlast-Management, das die Funktionen und Anforderungen miteinander verknüpft.

Der jährliche Bedarf für Heizung, Warmwasser, Haushaltsgeräte und Nutzerausstattung beträgt rd. 8.500 bis 9.500 kWh. Erneuerbare Energien liefern die PV-Anlage mit ca. 14.500 bis 16.000 kWh/a und die Solarthermie-Anlage mit rd. 3.000 bis 3250 kWh/a. Der bilanzielle Strom-Überschuss von rd. 6.000 bis 7.000 kWh/a wird zu ca. einem Drittel für den Betrieb von Elektromobilen (E-Smart ca. 12.000 km/a, / E-Roller) genutzt.

Technikbeschreibung

Durch die südorientierte Ausrichtung des Gebäudes und hochwertige Verglasungen werden passiv solare Gewinne optimiert und ein hohes Maß an Tageslichtnutzung ermöglicht. In Verbindung mit einer hochwärmegedämmten, luftdichten Gebäudehülle und einer kontrollierten Lüftung werden die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste reduziert. Die kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung erfolgt über ein Kompaktlüftungsgerät mit einem Volumenstrom von max. 300 m³/h. Versorgt werden die Wohn- und Schlafräume mit frischer Außenluft, gleichzeitig wird die Abluft zur Wärmerückgewinnung aus den Nebenräumen, Küche, Bad und WC abgesaugt. Ein Erdreichwärmetauscher (Luftkollektor) übernimmt die Vorkonditionierung der Außenluft, im Winter werden frostfreie 3°C erreicht.

Als Energiequelle zur Deckung der verbleibenden Verluste bzw. des Wärmebedarfs, wird das Erdreich als Wärmequelle über drei vertikale Erdsonden mit einer Länge von je 100 m erschlossen. Eine Wärmepumpe mit einer elektrischen Leistungsaufnahme von 2,2 bis 3,5 kW_{el} nutzt diese als Energiesenke und speist einen Pufferspeicher mit einem Volumen von 800 l. Angeschlossen sind Flächenheizsysteme, die mit extrem geringen Systemtemperaturen (VLTemp. 28 bis 32°C) betrieben werden, sodass im Gesamtsystem eine hohe Effizienz mit entsprechend hohen Jahresarbeitszahlen möglich werden. Die Trinkwasserbereitung erfolgt solarunterstützt aus dem Pufferspeicher durch einen externen Wärmetauscher im Durchflussprinzip.

Gebäudeeckdaten	
Wohnfläche	276 m ²
Nutzfläche nach EnEV (AN)	423 m ²
Grundstück	900 m ²
Fertigstellung	2010
Spez. Transmissionswärmeverluste HT* nach EnEV	0,274 W/(m ² ·K)
EnEV-Anforderungswert 2007 HT*	0,534 W/(m ² ·K)
Jahresprimärenergiebedarf QP*	34,3 kWh/(m ² ·a)
EnEV-Anforderungswert 2007 QP*	104,2 kWh/(m ² ·a)
spezifischer Heizenergiebedarf QH	40,5 kWh/(m ² ·a)
Primärenergiebedarf QP	34,3 kWh/(m ² ·a)
Endenergieverbrauch Wärme	23,5 kWh/(m ² ·a)
Endenergieverbrauch Strom	22,6 kWh/(m ² ·a)
U-Werte	Außenwand: 0,15 W/(m ² ·K) Dach: < 0,12 W/(m ² ·K) Fenster: < 0,9 W/(m ² ·K) Bodenplatte: 0,3 W/(m ² ·K)
Fenster	Dreischeibenverglasung
KfW Status	KfW-Effizienzhaus 55 Standard

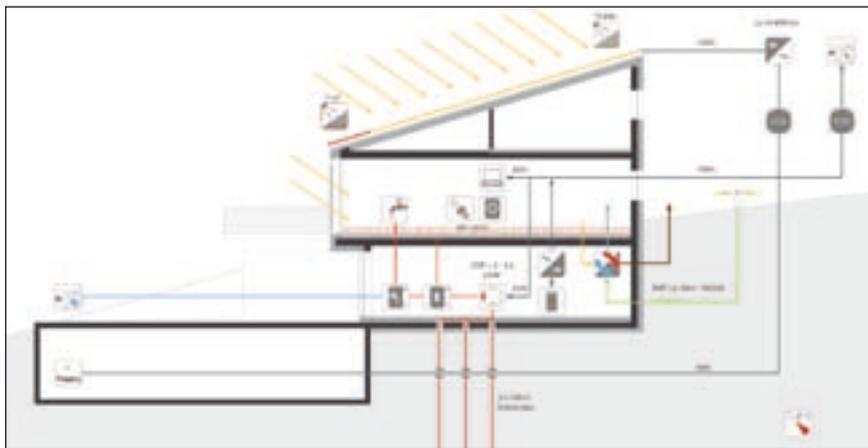
Alle relevanten Versorgungskomponenten im Gebäude sind mit der Gebäudeleittechnik verbunden. Neben den systemeigenen Regelungseinheiten (DDC Wärmepumpe) erfolgt die übergeordnete Ansteuerung durch eine frei programmierbare Gebäudeleittechnik (GLT). Sämtliche Funktionen, die von der GLT erfasst oder ausgelöst werden, lassen sich visualisieren, sodass die Betriebszustände für den Nutzer transparent werden.

Neben der effizienten Gebäudetechnik gehören besonders energiesparende Haushaltgeräte und Beleuchtungssysteme (LED) zum Gesamtkonzept, die ihren Strombedarf über die Photovoltaik direkt, aus den hauseigenen Batteriekapazitäten oder zu Spitzenzeiten über das öffentliche Netz decken. Ein eigens für das Projekt entwickeltes Stromlast-Management stimmt die regenerativen Erträge und die Bedarfsgrößen sowie die Nutzung der Komponenten inkl. der Elektromobilität aufeinander ab. Ziel ist dabei die Maximierung der Eigenstromversorgung.

Energieerzeugung

Das Pultdach neigt sich mit 18 Grad nach Süden. Vollflächig sind Photovoltaik-Module mit einer Spitzenleistung von ca. 15 kWp und eine solarthermische Kollektoranlage mit einer Absorberfläche von 7 m² installiert. Der jährliche Stromertrag ist mit rd. 15.000 kWh/a vorausgerechnet, bezogen auf die Wohnfläche entspricht das ca. 55 kWh/(m²Wfl.a). Für den Betrieb der Gebäudetechnik inkl. Beleuchtung und, die Haushaltsgeräte ca. 33 kWh/(m²Wfl.a), sodass sich bilanziell ein regenerativ erzeugter Überschuss von ca. 22 kWh/(m²Wfl.a) ergibt.

Das Gebäude bleibt trotz großer gebäudeintegrierter PV-Anlage und den Batterien an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen und ist als Energielieferant Teil eines virtuellen Kraftwerks



Quelle: Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), TU Braunschweig

Bild 2: Energiekonzept

bzw. eines sogenannten Smart Grids. Eine autarke Versorgung ist nicht beabsichtigt und bei der in Deutschland vorhandenen Infrastruktur nicht zielführend im Hinblick auf die künftige Energieversorgung bzw. auch noch unwirtschaftlich.

Energiespeicherung

Neben der vorrangig direkten Eigenstromnutzung im Gebäude wird der solar erzeugte Strom für die Beladung des Elektro-PKW und des Elektrorollers verwendet. Ladestationen sind dazu in der Garage installiert. Sollte der solare Ertrag oder die in den Batterien gespeicherte Energiemenge zur Deckung des Bedarfs nicht ausreichen, erfolgt ein Netzstrombezug. Übersteigen im Sommer die regenerativen Erträge die Speicherkapazitäten werden die Überschüsse in das Netz eingespeist. Damit wird das Stromnetz entlastet und nicht zu hundert Prozent als Stromspeicher genutzt, wie dies durch den überwiegenden Teil der in Deutschland installierten Photovoltaikanlagen erfolgt.

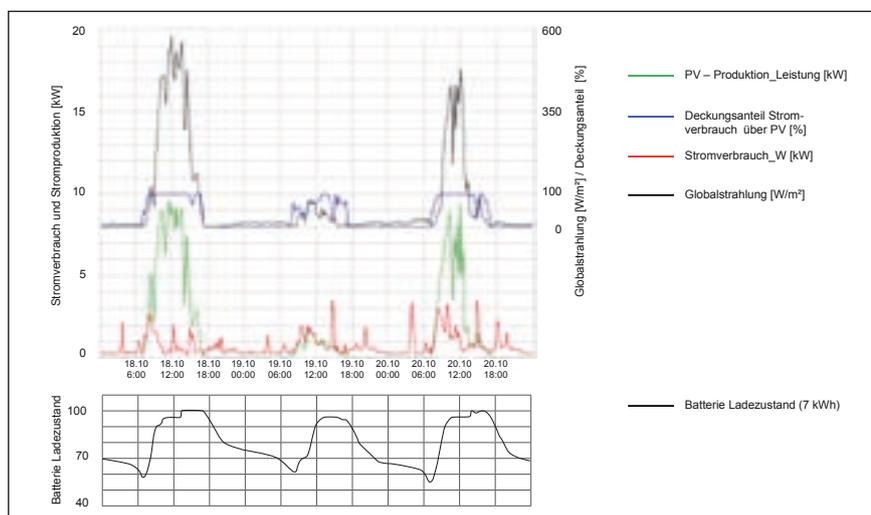
Die Batterie mit einer Speicherkapazität von 7 kWh (max. 2 kW Leistung) versorgt die elektrischen Kleinverbraucher, wie die

Beleuchtung, die IT und das Telefon, während die größere Batterie (20 kWh, 8 kW) auch die Haushaltsgeräte in Zeiten zu denen die PV-Anlage keinen Strom liefern versorgen kann.

Monitoring

Zur Darstellung der Betriebsergebnisse und zur Optimierung der komplex zusammenhängenden Gebäudefunktionen ist ein umfassendes Monitoring-System mit Stromzählern, Wärmemengenzählern, Temperatur- und Feuchtefühlern sowie einer Wetterstation installiert, dass alle Werte seit Fertigstellung im Oktober 2010 aufzeichnet. MSR- und GLT-Technik bilden dabei eine komplette Einheit. Durch den Energieversorger wurde zusätzlich ein digitaler intelligenter Zweirichtungs-Stromzähler, ein sogenannter Smart Meter eingebaut.

Das Monitoring wird durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen der Forschungsinitiative 'Zukunft Bau' gefördert. Die bisherigen Messergebnisse zeigen, dass die berechneten solaren Energieerträge und Stromverbräuche passen und die angestrebte Eigenstromnutzung von mindestens 50% erreicht wird. Die folgende Grafik zeigt die erfassten Ertrags- und Verbrauchsdaten im Gebäude über einen ausgewählten Zeitraum von drei Tagen im Oktober 2011. Zusätzlich sind der Anteil der Eigenstromnutzung und die Ladekapazität der Batterie dargestellt.



Quelle: Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), TU Braunschweig

Bild 3: Differenzierter Stromverbrauch im Messzeitraum von Januar bis Oktober 2011

ZUM AUTOR:

► Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
 Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS), TU Braunschweig
 CEO, EGSplan, Stuttgart

prof.fisch@egs-plan.de