

Pack die Sonne in den Tank



Der Carport ist nur eine von drei Solarstromquellen bei Olaf Krause im schwäbischen Backnang. Strom zum Fahren wird in einem Batteriespeicher vorgehalten. Mit dem BMW i3 hat er in knapp zwei Jahren über 30.000 km zurückgelegt.

Fotos (2): Reinhard Siekemeier

PV-Anlage, Stromspeicher und Elektroauto – mit dieser Kombination ist man quasi sein eigener Tankwart und kann den Eigenverbrauch steigern. SW&W stellt Elektromobilisten vor, die auf diesem zukunftssträchtigen Feld bereits wertvolle Erfahrungen gesammelt haben.

Jürgen Leicht schaut zufrieden auf sein Handy. Heute wurde wieder einmal keine Kilowattstunde eingespeist, meldet seine Sonnenbatterie-App am Ende eines strahlenden Januartages im Nord-schwarzwald. Den SW&W-Lesern haben wir den 50-jährigen Architekten in Ausgabe 07-08/2015 vorgestellt. Seit Mai 2013 fährt Leicht elektrisch (E-smart), im Herbst 2014 kam eine 9 kW-PV-Anlage aufs Dach und ein Stromspeicher (Sonnenbatterie, Li-Ionen, 14,3 kWh nutzbar) in den Keller. Im November 2015 wurde der verbliebene Verbrenner durch ein zweites Elektroauto (Renault Zoe) ersetzt.

Jetzt kann das erste komplette Kalenderjahr bilanziert werden. 83 % der PV-Ernte von 10.300 kWh wurden selbst verbraucht, der Autarkiegrad (Stromerzeugung zu Stromverbrauch) lag bei 54 %. Und das trotz eines hohen Stromverbrauchs von 15.800 kWh, der sich zu je einem Drittel auf Wohnen, Architekturbüro und Elektromobilität verteilt. Über 38.000 km haben die Leichts mit ihren beiden Elektroautos und einem Elektroroller im vergangenen Jahr zurückgelegt, darunter werktägliche Pendelfahrten zu einer 60 km entfernten Autobahnbaustelle beziehungsweise ins 45 km entfernte Karlsruhe.

Eigenverbrauch bei 83 %

Geladen werden die Autos vorzugsweise daheim, denn am Arbeitsort muss der Strom bezahlt werden. Den Ladestrom stellt Leicht dabei manuell an einer sogenannten In-Cable-Control-Box ein. Während die beim Smart-Ladekabel nur zwei Leistungsstufen (8 A, 13 A) hat, kann er beim innovativen NRGkick den Ladestrom von 6 bis 32 A direkt an der ICCB oder per Handy-App sogar während des Ladevorgangs in 1-A-Schritten ändern. Bei der Einstellung hilft ihm die Sonnenbatterie-App mit ihrer Wetterprognose, die er sowohl auf dem Büro-PC wie auf dem Handy hat. Je sonniger der Tag, desto höher kann der Ladestrom eingestellt werden. Denn die Leistungsaufnahme des Elektroautoladers geht während der Ladung zurück, während die PV-Leistung im Tagesverlauf bis zum Mittag zunimmt. Bis zum Abend sind an sonnigen Tagen alle Akkus in Haus und Fahrzeugen spielend wieder aufgeladen.

Eine mittägliche Einspeisespitze aus dem Hause Leicht gibt es dank Stromspeicher und Elektrofahrzeugen für den Netzbetreiber nicht mehr. Mit der Eigenverbrauchsquote von 83 % ist Jürgen Leicht zufrieden. „Wenn ich auch die letzten 17 % nicht mehr einspeisen wollte, müsste ich den Speicher verdreifachen. Das lohnt nicht.“ Eher wird ein drittes Elektroauto gekauft. Sohn Moritz hat jetzt den Führerschein, ihm reicht der Elektroroller nicht mehr aus, „und einen Verbrenner“, so Vater Leicht, „will bei uns keiner mehr.“

Second Life für Batteriezellen

Doch es gibt Leute, die noch größere Speicher installieren – und das ohne dafür mehr zu investieren. Um eine solche Idee umzusetzen, fuhr Olaf Krause aus dem schwäbischen Backnang fast 3.000 km. „Dazu braucht man viel Enthusiasmus“, unterstreicht der 47 Jahre alte Diplomingenieur der Fachrichtung Elektrotechnik. Mit einem Lieferwagen holte er im Januar 2015 Batteriezellen aus dem winterlichen Oslo. Die hatte ein Norweger aus zwei verunfallten Nissan Leaf-Elektroautos ausgebaut und im Internet angeboten.

Das nordeuropäische Land hat dank großzügiger Förderpolitik die höchste Elektroautodichte der Welt. Dort gibt es dem entsprechend auch schon Elektro-Unfallwagen. „30 kWh Li-Ionen-Zellen für 5.000 € – dieses Schnäppchen konnte ich mir nicht entgehen lassen“, erzählt der gebürtige Niedersachse. Ein Markenspeicher dieser Kapazität hätte ein Vielfaches gekostet. Dass sein Beispiel Schule macht, den hochwertigen Elektroautoakkus quasi auf eigene Faust ein „zweites Leben“ zu beschreiben, hält Krause für zunehmend unwahrscheinlich. „Second Life für Akkus machen die Hersteller inzwischen selber – siehe Tesla, Mercedes und BMW, weil das für sie ein lukratives Geschäft ist.“

Bei der Bemessung der Batteriekapazität war sein Elektroauto Maßstab: Die Akkus des BMW i3, der im April 2014 einen VW Passat Kombi ersetzte, fassen 18,8 kWh. Die aus Norwegen importierten japanischen Zellen verbaute Krause in einem Standard-Computerrack, besorgte sich ein Batteriemanagement (BMS) von REC und gab die Lade-/Entlade-Parameter für Nissan Leaf Lithium-Akkus ein, so wie sie in Expertenforen gehandelt werden. Von den Herstellern direkt gibt es in der Regel keine Daten zur verbauten Zellchemie, geschweige denn ein BMS. Krause: „Es war keine Plug-and-play-Lösung. Die Vernetzung mit der PV war kein Problem. Aber das externe BMS auf die von Nissan verwendete Zellchemie bestmöglich einzustellen schon.“



Aller guten Dinge sind drei: Solaranlage, Energiespeicher und Elektroauto bilden bei Timo Leukefelds energieautarkem Haus in Freiberg eine logische Einheit. Das Elektroauto steigerte den Eigenverbrauchsanteil am selbst erzeugten Strom deutlich.

Foto: SUPERillu/Wetzel

Eine Wissenschaft für sich sei zudem die korrekte Ermittlung des tatsächlichen Ladezustands, im Fachjargon State of Charge (SOC), um in der Praxis eine Tiefentladung beziehungsweise Überladung zu vermeiden. Der SOC hängt von vielen Variablen wie Qualität der Zellen, Zyklenzahl, Akkupflege und Temperatur ab. „Eine Batteriezelle ist leider kein Benzintank, in den man einfach einen Messstab reinhalten kann. Nur die Spannung messen reicht nicht.“

Private Ladesäule liefert Ökostrom gratis

Die Speicherinvestition kostete inklusive Peripherie rund 12.000 €. Neben den Batteriezellen waren die größten Posten 2.000 € für einen gebrauchten SMA Sunny Island 6.0h und 750 € für das BMS von REC. Motivation für den technikbegeisterten Krause ist bei seinen Öko-Investments die Maximierung des Eigenverbrauchs und eine möglichst große Unabhängigkeit von Strompreisschwankungen. „Ein finanzieller Vorteil spielt für mich eine kleinere Rolle – wenn ich nicht draufzahle, ist es okay.“

Im März 2015 wurde der Speicher mit 25 kWh Nettokapazität in Betrieb genommen. Er puffert den Strom der Solarmodule auf Süddach (5,4 kW, Yingli, Suntech) und Carport (3,4 kW, Solarwatt) und aus einem Gas-Mikro-BHKW EcoPOWER 1.0 von Vaillant. Mitte Januar 2016 kamen noch einmal 9,45 kW PV-Module von SolarWorld auf das Norddach seines Hauses. Damit spielt die 70-%-Abregelung auch ganz praktisch keine Rolle mehr.

Die PV-basierte Ladung des Elektroautos kann ein Datenlogger von Sun-Watch übernehmen. Diese Funktion hat Olaf Krause jedoch aus Solidarität mit anderen Elektroautofahrern meistens deaktiviert. „Falls

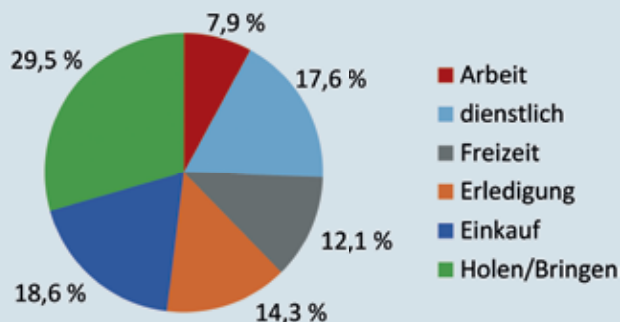
andere mal zum Laden kommen, sollen sie auch die vollen 22 kW bekommen und nicht von der Sonne abhängen.“ Denn der Backnanger ist Mitglied im Ladeverbund Drehstromnetz und hat seine private Ladestation in Going Electric, Wattfinder und anderen Ladesäulen-/Elektrofahrrad-Portalen gemeldet. Ein wichtiger Schritt, denn in der Umgebung sind Ladesäulen rar, und ein attraktives Angebot noch dazu: Krause bietet in Backnang, einer Stadt mit über 35.000 Einwohnern, die einzige moderne Lademöglichkeit an, noch dazu mit hoher Ladeleistung und großer Buchsenvielfalt für die diversen Ladekabel-Stecker (Typ 2, CEE rot, CEE blau, Schuko). Den Strom gibt es übrigens kostenlos.

Fahrspaß ohne Spritkosten

Die 2015er-Bilanz des Techniküftlers kann sich sehen lassen: Der Batteriewirkungsgrad liegt bei 84,4 %, die Eigenverbrauchsquote laut SMA Sunny Home Manager bei 65 %, die Autarkiequote – weil der Speicher erst im März installiert wurde – bei 77 %. Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielte dabei der BMW i3. „Auch wenn mein Elektroauto nicht nur zuhause geladen wird, hat es doch 1.573 kWh gezogen und so die Werte deutlich gesteigert“, sagt Krause.

Der i3 kann, wenn ein zweiter Lader (Option) verbaut ist, mit 7,4 kW laden (32 A x 230 V). Wegen Schiefast sind in Privathäusern allerdings nur 4,6 kW erlaubt. Das passt gut zu Krauses PV: „Ich habe den i3 auf reduzierte Ladung eingestellt, weil auch mein Sunny Island 4,6 kW in Dauerleistung abgibt.“ Nicht zu vergessen: Durch den Umstieg vom Benzinzer auf sein Elektroauto spart er 1.350 € jährlich an Benzinkosten. Aber viel wichtiger, so Krause, seien „der neue Fahrspaß, die Ruhe und kein Gestank.“

Anteile der Fahrtzwecke



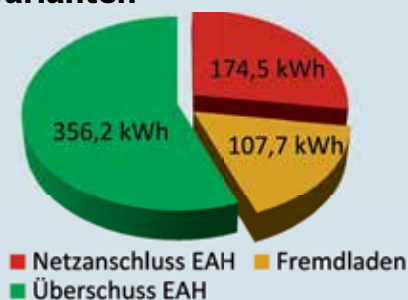
durchschnittliche Fahrtränge



Weglängen



Ladevarianten



Ø Energiebedarf (inkl. Ladeverluste, Selbstentladung, etc.): 18,9 kWh/100 km

Auswertung der Elektroauto- und Solarstromnutzung für das Energieautarke Haus in Freiberg.

Quelle: Dr.-Ing. Thomas Storch/TU Bergakademie Freiberg

Und mit 100 % Ökostrom beladen, ist dieser Spaß sogar CO₂-frei.“

Welche Auswirkungen hat Elektromobilität tatsächlich auf den Eigenverbrauch? Dieser Frage gingen Experten an der TU Bergakademie Freiberg/Sachsen nach. Die Ergebnisse der „Potenzialanalyse zur Eigenverbrauchssteigerung bei einem energieautarken Haus durch Elektromobilität“ stellte Thomas Storch mit Studenten am 24. Februar auf den World Sustainable Energy Days im österreichischen Wels vor. Storch ist Mitarbeiter am Lehrstuhl für technische Thermo-

dynamik und Projektleiter des wissenschaftlichen Monitorings an den energieautarken Häusern von Timo Leukefeld in Freiberg.

Leukefeld ist Honorarprofessor und lehrt an der Berufsakademie Glauchau und an der TU Bergakademie Freiberg. Mit seiner vierköpfigen Familie bewohnt er seit November 2013 das von ihm konzipierte „Energieautarke Haus“ (EAH). In einem baugleichen EAH auf dem Nachbargrundstück zu seinem Wohnhaus betreibt Leukefeld zudem ein Ingenieurbüro. SW&W hat zuletzt in Ausgabe 12/2014 über Leukefelds energieautarkes

„Sonnenhaus“ berichtet, das von der Helma Eigenheimbau AG für rund 400.000 € verkauft wird. Der Primärenergiebedarf des Hauses liegt mit ca. 7 kWh/m² pro Jahr ca. 90 % unter der EnEV 2014 Anforderung und ca. 70 % unter dem Standard Passiv- oder Plusenergiehaus.

58 kWh Bleigel-Batterie-speicher aus Griechenland

Leukefeld setzt bei Warmwasser und Heizung auf Solarthermie in Verbindung mit einem 9,2 m³ Langzeit-Wärmeschichtspeicher und einem wassergekühlten 25-kW-Stückholzkaminofen. Einen Stromanschluss hat das Haus zwar, aber nur zum Einspeisen von Überschüssen und für den Notfall. Der Strom kommt aus einer 8,4 kW PV-Anlage in Südausrichtung und wird, wenn nicht direkt verbraucht, in 24 Bleigel-Batterien der Marke Sunlight „Made in Greece“ gepuffert. Systems Sunlight mit Sitz in Athen rangiert laut „Spiegel“ weltweit unter den Top-3-Herstellern komplexer Batteriesysteme und liefert u. a. nach Deutschland seit vielen Jahren U-Boot-Batterien. Die Sunlight-Akkus gelten als besonders robust und zuverlässig.

In Freiberg speichern sie sage und schreibe 58 kWh und können auf bis zu 25 % DoD (Depth of Discharge) entladen werden. Leukefeld: „Das war im letzten Winter nur ein, zwei Mal der Fall, von Frühjahr bis Herbst sind sie immer randvoll. Deswegen kommen



„Es war keine Plug-and-play-Lösung“, sagt Olaf Krause über seinen Recycling-Speicher. Die Zellen stammen aus norwegischen Unfallwagen – eine sehr individuelle Lösung. Doch grundsätzlich kommen viele Fahrzeugbatterien für ein zweites, stationäres Leben in Frage.

sie pro Jahr auch nur auf etwa 20 Ladezyklen im Wohnhaus und zwölf, 13 im gewerblich genutzten Haus.“ Die Steuerung des Hausstromnetzes ist eine Kombination aus speicherprogrammierbarer Steuerung (SPS), einem SMA Sunny Island Inselwechselrichter und einer Sunny Remote Control.

Das wärme- und stromseitig verbrauchsoptimierte Gebäude hatte im Beobachtungszeitraum Mai 2014 bis April 2015 einen Gesamtwärmebedarf von 11.620 kWh, der Strombedarf lag mit nur 2.090 kWh (ohne E-Mobil) im Vergleich zu einem mittleren Vier-Personen-Haushalt um 57 % niedriger, der Eigenverbrauchsanteil (inkl. Speicherverlusten, Messtechnikeigenverbrauch, Umwandlungsverlusten etc.) bei 41,4 %. Die Vollautarkie konnte wegen eines Ausfalls der Steuerungsautomatik sowie geringer Globalstrahlung in den ersten beiden Wintern (2013/2014, 2014/2015) nicht voll erreicht werden (93,1 %). „Im letzten Winter klappte es dann mit 100 % in der Firma und nur einmal 9,3 kWh Netzbezug im Wohnhaus“, berichtet Leukefeld zufrieden.

Von Mai 2014 bis April 2015 produzierte die PV-Anlage 7.582 kWh. Davon verbrauchte das Elektroauto vom Typ Mitsubishi iMiEV (Mitsubishi innovative Electric Vehicle, Akkukapazität 16 kWh) ab Oktober 356 kWh. Hinzu kamen 108 kWh Fremdladen, 175 kWh wurden übers Netz bezogen. Auf 338 Fahrten legte das Elektroauto rund 3.370 km zurück, 90 % der Fahrten waren unter 30 km. Der Brutto-Stromverbrauch – inklusive Ladeverlusten, Selbstentladung und Bordheizung lag – im Jahresschnitt bei 18,9 kWh/100 km. Werksseitig wird der Netto-Stromverbrauch mit 12,5 kWh angegeben.

E-Auto kann Eigenverbrauch um bis zu 58 % steigern

Zwei Szenarien mit unterschiedlicher Restladung beim Elektroauto wurden analysiert. Im Szenario eins hatte der iMiEV noch 30 % beziehungsweise 4,8 kWh im Akku, im Szenario zwei noch 50 % oder 8 kWh. „Der Eigenverbrauchsanteil konnte im Szenario eins um fast 58 % auf 65,3 % gesteigert werden, im Szenario zwei lag das Plus bei 40 %, der Eigenverbrauchsanteil kletterte auch hier signifikant von 41,4 % ohne Elektromobilität auf 58 %“, so Projektleiter Storch, der in Wels weitere Forschungsaspekte bezüglich des Zusammenspiels von PV-Erzeugung, Stromspeicherung und Elektromobilität ankündigte.

Der damalige Bundesumweltminister Peter Altmaier schrieb im Juni 2013 nach einer Besichtigung des EAH ins Gästebuch: „Die Energiewende ist von globaler Dimension, ihre Umsetzung nur lokal möglich. Glückwunsch zu Ihrem Projekt – möge es die Welt verändern!“ Diesem Wunsch kann man sich nur anschließen.

Reinhard Siekemeier



Wegweisend für Ihre Branche.

700 Aussteller Smart Home

Innovationen Bad-Arena

Energieeffizienz

Zukunftsforum SHK

Jetzt online Ticket
sichern und sparen:
www.ifh-intherm.de/profi



Sanitär, Heizung, Klima,
Erneuerbare Energien

05. – 08. April 2016
Dienstag – Freitag
Messezentrum Nürnberg



GHM

Your Fair Partner