

# Intelligente Einbindung der Elektromobilität

Mit den sinkenden Einspeisepreisen und der Einmalvergütung von ca. 30 % an die Investitionskosten<sup>1</sup> ist die Nutzung des selbst produzierten Photovoltaikstroms sehr interessant geworden. Im Sommer produzieren die Anlagen jedoch einen grossen Überschuss, welcher sinnvoll verwendet werden sollte. Andererseits nimmt die Elektrifizierung der Mobilität massiv zu. Die Kombination der beiden Technologien ergibt eine grosse Chance für die Zukunft.

Übergangszeiten genutzt werden. Im Sommer reichen die Warmwasserspeicher nicht aus, um den Überschuss der Photovoltaikanlage zu speichern. Deshalb war schnell klar, dass für den Sommer neue Möglichkeiten der Speicherung gefunden werden müssen. Hier bieten sich Elektromobile an. Der Mobilitäts-Trend läuft eindeutig in Richtung Elektrifizierung, sei dies eine Teilelektrifizierung (Plug-In-Hybride) oder eine Vollelektrifizierung. Das elektrische Speicherpotenzial in modernen Elektrofahrzeugen ist mit 20..80 kWh erheblich (Tabelle 1, dritte Zeile). Bei vorhandenem Fahrzeug sind die Investitionskosten äusserst gering, da nur eine intelligente Ladestation nachgerüstet werden muss. Damit hat das Elektrofahrzeug gegenüber einem stationären Batteriespeicher einen eindeutigen Kapazitäts- und Kostenvorteil (Tabelle 1, unterste Zeile). Heutige stationäre Batteriespeicher haben noch sehr kleine Speicherkapazitäten bis 10 kWh (Tesla Powerwall) oder sind preislich sehr hoch angesiedelt. Zudem sind bei diesen Systemen spezielle Sicherheitsvorschriften bei der Installation und das Entsorgungsproblem zu beachten.

Speicher	Kapazität	Entspricht Anzahl stationärer Batterien	Zusatzkosten Installation gebäudeseitig	Anzahl Ladezyklen
Gebäudemasse (Beton Massivbau)	ca. 60 kWh (bei 3°C Temperaturanhebung)		keine	beliebig
Warmwasserspeicher	10..20 kWh		keine	beliebig
Batteriespeicher im Elektromobil	20..80 kWh		ca. 1'000 CHF (Ladestation)	ca. 5'000
Batteriespeicher stationär	10 kWh		ab 10'000 CHF	ca. 5'000

1 Vergleich des Speicherpotenzials thermischer und elektrischer Speicher in einem Einfamilienhaus (Preise CHF inkl. Installation Q1/2016, thermische Speicher und Elektromobil bereits vorhanden).

David Zogg\*

In einem Projekt des Bundesamtes für Energie wurden Regelstrategien zur Optimierung des Eigenverbrauchs in Einfamilienhäusern untersucht<sup>2</sup>. Dabei wurde der Fokus auf bereits vorhandene thermische Speicher im Gebäude ge-

legt<sup>4</sup>. Der grösste Teil der Energie kann in der thermischen Masse des Gebäudes gespeichert werden (Tabelle 1, erste Zeile). Bei einer Temperaturerhöhung von 3°C können so bis 60 kWh im Beton gespeichert werden, und dies kostenlos. Zudem wurden die bestehenden Warmwasserspeicher untersucht, in welchen je nach Grösse 10..20 kWh gespeichert werden können (Tabelle 1, zweite Zeile). Das thermische Speicherpotenzial im Gebäude ist also sehr hoch. Es kann aber vorwiegend im Winter und in den

## Intelligentes Laden

Aufgrund des grossen Potenzials der Elektrofahrzeuge wurde eine intelligente Ladelösung für Elektrofahrzeuge entwickelt (Bild 2). Kernelement ist eine regelbare Ladestation mit intelligenter Ansteuerung mit intelligentem Verbrauchsmanager<sup>3</sup>. Damit kann der Überschuss der Photovoltaikanlage mit variablem Ladestrom zur Aufladung der Fahrzeugbatterie genutzt werden.

Die Lösung wurde bei einem Kunden in Pfeffingen BL installiert (Bild 3). Der Tesla Model S bietet mit seiner Batteriekapazität von 85 kWh und Schnellladefähigkeit einen idealen Speicher für den Photovoltaikstrom. Der intelligente Ladecontroller wurde zusammen mit

**Autor**  
\*Prof. Dr. David Zogg, Zogg Energy Control (Spin-Off der Fachhochschule Nordwestschweiz), www.zogg-energy-control.ch

dem Eigenverbrauchsmanager in der Garage installiert. Es wurde eine komfortable Benutzerschnittstelle mit 15"-Touchscreen gewählt, um den hohen Ansprüchen gerecht zu werden. Mit dem gewählten Ladecontroller können Leistungen von 4 bis 11 kW variabel angesteuert werden. Es sind auch höhere Leistungen bis 22 kW möglich.

Dank der variablen Ansteuerung des Ladecontrollers kann der Produktionskurve der Photovoltaikanlage optimal nachgefahren werden (Bild 4, oben). Der gesamte Überschuss kann so in die Batterie gespeist werden, ohne Strom aus dem Netz beziehen zu müssen. Dabei werden die Lasten der übrigen Geräte wie Wärmepumpe, Boiler und Haushaltgeräte berücksichtigt.



Kopplung von Photovoltaik-Anlage und Elektromobil über intelligenten Laderegler und Eigenverbrauchsmanager<sup>5</sup>.

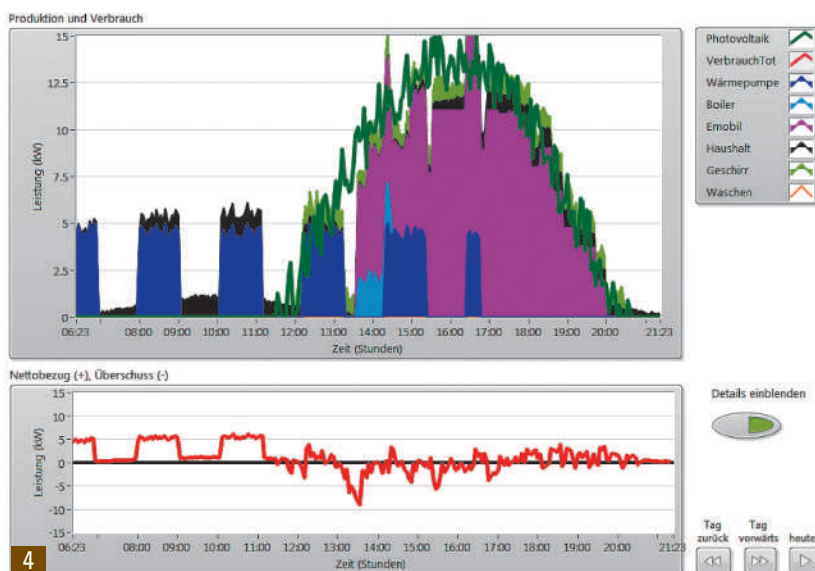
2



Installation bei einem Kunden mit Tesla Model S, Batteriekapazität 85 kWh, Ladeleistung variabel 4..11 kW.

### Entlastung des Stromnetzes

Mit der gewählten Lösung kann das Stromnetz erheblich entlastet werden (Bild 4, unten). Während dem Laden des Elektromobils werden die Einspeise- und Bezugsspitzen geglättet. Im



4

Optimale Abdeckung von Produktion und Verbrauch für das Elektromobil (violett, oben). Reduktion der Netzbelastung durch leistungsvariablen Ladevorgang des Elektromobils (unten).

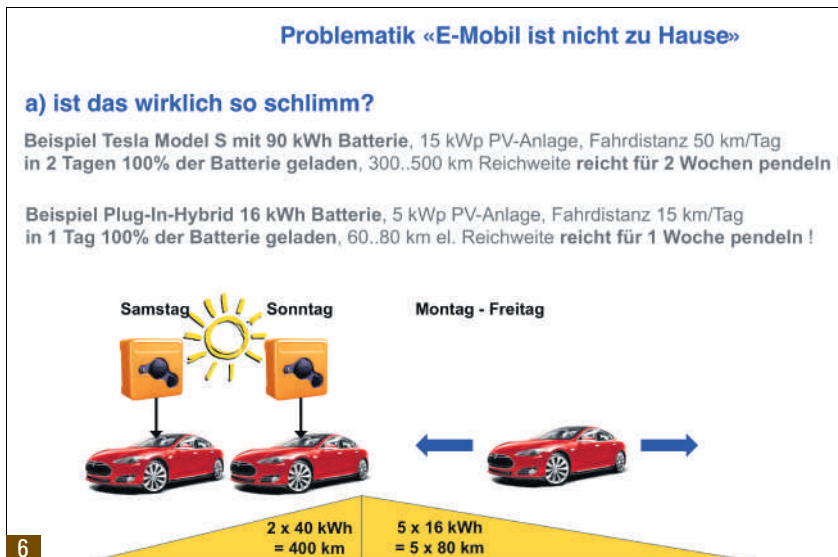


5

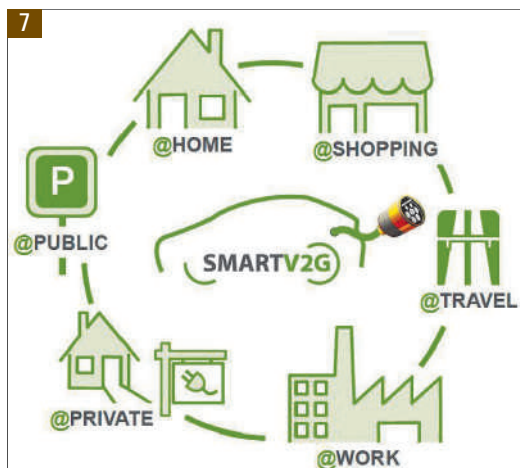
Intelligentes Lademanagement mit adaptiver Ladeplanung mit Google-Kalender-Synchronisation.

Vergleich zu geschalteten Verbrauchern (hier Wärmepumpe dunkelblau) resultiert die variable Laderegelung also in einer Entlastung des Stromnetzes.

Um das Lademanagement auf die Bedürfnisse des Kunden abzustimmen, wurde eine selbstlernende Ladeplanung entwickelt. Das System merkt sich die Ankunfts- und Abfahrtszeiten über das Ein- und Ausstecken des Ladesteckers. Zudem kann der Benutzer die gewünschte Reichweite eingeben und der Lademanager optimiert die Ladung mit Priorisierung auf Sonnenstrom. Als Erweiterung ist eine Anknüpfung an den Google-Kalender möglich, womit die Termine einfach mit der Ladeplanung synchronisiert werden können.



Mögliches Szenario mit Aufladen am Wochenende und Pendeln während der Woche (Tesla Model S).



Zukunft Vehicle-To-Grid<sup>6</sup>.

### Laden zu Hause

Als häufiges Argument gegen eine Ladelösung in Privathäusern wird aufgeführt, dass die Elektromobile tagsüber gar nicht zu Hause seien. Dieses Argument soll hier relativiert werden. Mit einem modernen Elektromobil wie einem Tesla ist die Batteriekapazität genügend gross, sodass diese gut über das Wochenende aufgeladen werden kann (Bild 6). Mit dieser Ladung kann eine Woche komfortabel gependelt werden (bei 80 km pro Tag). Die meisten Pendler-Strecken sind jedoch wesentlich kürzer, weshalb diese Rechnung auch für kleinere Elektromobile aufgeht. Zudem stehen Fahrzeuge von Gelegenheitsfahrern häufig während der Woche bei Sonnenschein zu Hause. Selbstverständlich ist in Zukunft eine Ladelösung am Arbeitsplatz sinnvoll, sie muss aber auch dort intelligent mit Photovoltaik gekoppelt sein.

8

	Variante mittel	Variante gross
Leistung PV-Anlage	15 kWp	25 kWp
Eigenverbrauchsquote ohne → mit EM	30% → 60%	30% → 60%
Tariffliche Einsparung durch Eigenverbrauch	15 Rp/kWh	15 Rp/kWh
Amortisationszeit (ohne Zins)	5.9 Jahre	5.3 Jahre
Gewinn pro Jahr (20 Jahre)	475 CHF/Jahr	825 CHF/Jahr

Amortisation des Eigenverbrauchsmanagers (EM) inkl. Einbindung des Elektromobils.

### Vehicle-To-Grid

In absehbarer Zukunft werden neue Ladenormen ein bidirektionales Laden und Entladen des Elektromobils ermöglichen. Zudem werden die erlaubten Ladezyklen der Batterien in den Elektromobilen stetig zunehmen. Damit ist der Weg vorbereitet für eine Nutzung der mobilen Speicher im Vehicle-To-Grid (V2G). In diesem Bereich laufen bereits heute zahlreiche Pilotprojekte in den USA und der EU. Ein Beispiel ist in Abbildung 7 gezeigt. Hier wird eine Vielzahl von Elektromobilen in das intelligente Stromnetz integriert, um durch Speicherung das Netz zu entlasten. Da spielt es keine Rolle mehr, wo die Elektromobile stehen. Je mehr Elektromobile ihre Speicherlösung im Verbund anbieten, desto höher ist der Glättungseffekt für das Stromnetz. Diese Entwicklung wird parallel zur Verbreitung von dezentraler Einspeisung durch Photovoltaikanlagen stattfinden.

Bereits heute ist die Eigenverbrauchsoptimierung mit dem Eigenverbrauchsmanager<sup>5</sup> durch die hohen tariflichen

Einsparungen sehr rentabel. Durch die Einbindung des Elektromobils kann die Eigenverbrauchsquote nochmals deutlich gesteigert werden und das System lässt sich in wenigen Jahren amortisieren (Tabelle 8). Als heutige Berechnungsbasis dient ein Unterschied von 15 Rp/kWh zwischen Bezugs- und Einspeisetarif. Es ist anzunehmen, dass die Volatilität des Strompreises in Zukunft noch stark zunehmen wird. Damit steigt die Rentabilität des Systems noch stärker.

### Referenzen

- <sup>1</sup> Energieverordnung 730.01 (EnV) des Bundes, Stand 1. April 2014
- <sup>2</sup> D. Zogg, BFE-Projekt OPTEG, Regelstrategien für die Optimierung des Eigenverbrauchs von Gebäuden, Konzept und Regelstrukturen, 2015 (Schlussbericht in Vorbereitung, ab Mitte 2016 auf [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) abrufbar)
- <sup>3</sup> D. Zogg, Swissolar Tagung Bern, Kosten sparen mit Eigenverbrauchsoptimierung und Speicherung im Elektromobil, 26.01.2016, [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)
- <sup>4</sup> D. Zogg, ET 5/15 Seite 16 «Der Eigenverbrauchsmanager» [www.elektrotechnik.ch](http://www.elektrotechnik.ch)
- <sup>5</sup> Zogg Energy Control, Eigenverbrauchsmanager 2.0, [www.zogg-energy-control.ch](http://www.zogg-energy-control.ch)
- <sup>6</sup> SmartV2G, Smart Vehicle to Grid Interface, [www.smartv2g.eu](http://www.smartv2g.eu)