

Simulation Energiekonzept mit Wasserstoff: MFH mit sechs Wohnungen und zwei Wasserstoffautos

Wasserstoff verbindet Bedarf und Produktion



Wasserstoff wird oft als wichtiger Bestandteil für die zukünftige und nachhaltige Energiewirtschaft aufgeführt. Neben dem Einsatz in der Automobilbranche können seine Eigenschaften auch im Gebäudebereich von grossem Nutzen sein.

Text Michael Gambarini, Timon Suter *
Bilder HPS Home Power Solutions GmbH, zVg

..... kompakt

H₂

Überschüssiger Strom kann per Elektrolyse in Wasserstoff H₂ umgewandelt und gespeichert werden. Mit einer Brennstoffzelle kann aus dem Wasserstoff wieder elektrischer Strom und Wärme gewonnen werden.

.....

Bei Photovoltaik-Anlagen besteht häufig das Problem, dass im Sommer zu viel Energie produziert wird und im Winter zu wenig. Das führt dazu, dass elektrischer Strom im Sommer ins Netz gegeben und im Winter aus dem Netz bezogen werden muss. Für ein Mehrfamilienhaus im Schweizer Mittelland soll anhand einer Simulation nachgewiesen werden, wie man diese Energie-Überschüsse und -Defizite durch eine Wasserstoffspeicherung ausgleichen kann. Im Sommer kann überschüssiger Strom mittels einer Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt und gespeichert werden. Im Winter kann mit einer Brennstoffzelle aus dem Wasserstoff wieder elektrischer Strom gewonnen werden. Sowohl beim Betrieb der Elektrolyse als auch der Brennstoffzelle fällt nutzbare Abwärme an.

Mit den erwähnten Komponenten soll ein energieautarkes Gebäude konzipiert

werden, welches weder einen Stromnetzanschluss noch einen Anschluss an ein Gas- oder Wärmenetz benötigt. Zudem wird die Mobilität der Nutzer durch zwei Wasserstoffautos gewährleistet, die pro Jahr je 15'000 Kilometer fahren können.

Grundlagen

Um ein solches Gebäude überhaupt realisieren zu können, müssen gewisse Voraussetzungen erfüllt sein. So sollte der totale Energiebedarf des Mehrfamilienhauses mit sechs Wohnungen so klein wie möglich sein. Das wird erreicht, indem die Gebäudehülle den Passivhaus-Standard erreicht, energie-sparende Geräte verbaut werden und auch die Nutzer auf ein möglichst energiesparendes Verhalten aufmerksam gemacht werden. Weiter muss die jährliche Energieproduktion der PV-Anlage so gross sein, dass der Energiebedarf des Gebäudes sowie anfallende Verluste durch die Ener-

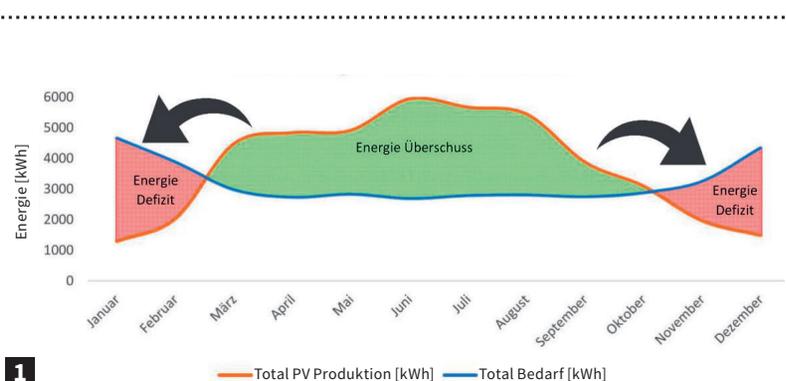


Anwendung eines Energiespeicher-Wasserstoffsystems von HPS. (homepowersolutions.de)

giespeicherung und -umwandlung gedeckt sind. Mithilfe einer Gebäudesimulation lassen sich so die Energie-Überschüsse im Sommer und die Energie-Defizite im Winter bestimmen (vgl. Abb. 1).

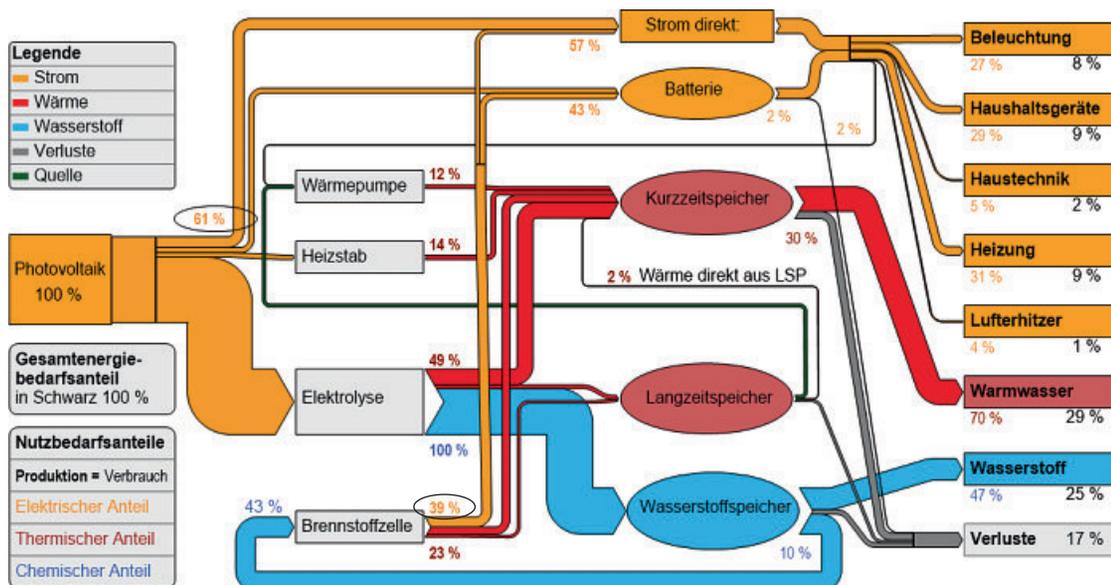
Konzept

Aus diesen Grundlagen wurde ein Konzept für das Gebäude erstellt. Die erste Priorität hat dabei immer die direkte zeitgleiche Nutzung des produzierten Stroms, da so Speicher- oder Umwandlungsverluste vermieden werden können. Allfällige Energie-Überschüsse oder -Defizite auf der elektrischen Seite können durch eine Batterie ausgeglichen werden. Sobald die Batterie voll ist, wird der Strom zur Elektrolyse geleitet und Wasserstoff produziert. Sollte die Batterie hingegen auf einen Füllstand von 10 % absinken, schaltet die Brennstoffzelle ein und produziert aus dem Wasserstoff Strom, um die Batterie



1

Jahresverlauf Energiebedarf & Energieproduktion.



2 Energiebilanzdiagramm der Variante 1 mit jeweiligen Nutzenergiebedarfsanteilen. Zwei durch Ellipsen markierte %-Zahlen: 61% = direkt genutzter Nutzungsanteil elektrisch aus PV-Anlage, 39% = Anteil aus Brennstoffzelle. %-Zahlen links der Speicher: Erzeugung, rechts: Verbrauch.

wieder zu füllen. Die entstehende Abwärme aus den Umwandlungsprozessen werden in einen thermischen Kurzeitspeicher gegeben, der das Trinkwarmwasser über eine Frischwasserstation bereitstellt.

Es stellt sich heraus, dass die Menge der Abwärme der Elektrolyse im Sommer zu gross ist, um diese nur in einem Kurzeitspeicher für die Warmwasserdeckung zu verwerten. Daher ist ein thermischer Langzeitspeicher vorgesehen, der diese Abwärme im Sommer aufnehmen und im Winter wieder an den Kurzeitspeicher abgeben kann. Um immer die benötigte Temperatur für das Warmwasser garantieren zu können, dient der thermische Langzeitspeicher grundsätzlich als Quelle für eine Wärmepumpe, die den Kurzeitspeicher lädt.

Die Schwierigkeit bei der Gestaltung des Konzepts liegt vor allem im Ungleichgewicht zwischen der Energieform des Bedarfs und der Produktion respektive der Energieumwandlung. Das will heissen, dass die produzierte und umgewandelte chemische, thermische und elektrische Energie im Gleichgewicht zur benötigten

chemischen, thermischen und elektrischen Energie liegt, sodass es zu keinen Defiziten oder Überschüssen kommt. Konkret kann man auf der Seite der Produktion durch einen Heizstab im thermischen Kurzeitspeicher die Balance beeinflussen. Dies durch eine variabel einstellbare Ladefreigabe des Heizstabs. Auf der Bedarfsseite liegt die Flexibilität in der Einbindung der Raumheizung und des Luftherhitzers für die Lüftungsgeräte. So kann entweder ein wassergeführtes Heizsystem installiert werden, das durch den thermischen Kurzeitspeicher versorgt wird, oder aber die Raumheizung und der Luftherhitzer wird elektrisch betrieben. Für beide Einbindungsmöglichkeiten der Heizung und des Luftherhitzers wird je eine Variante erstellt (vgl. Tabelle 1).

Resultate

Die Auswertung der beiden simulierten Varianten hat ergeben, dass die Raumheizung und der Luftherhitzer optimalerweise elektrisch versorgt werden sollten (Variante 1, vgl. Abb. 2).

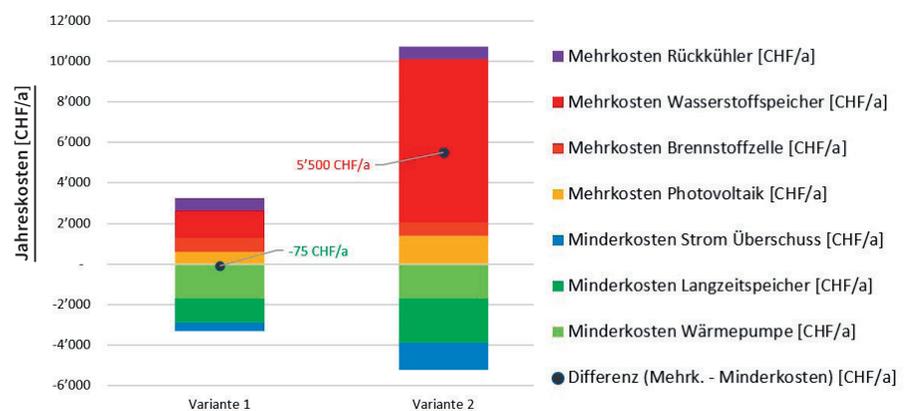
Diese Variante benötigt etwas weniger Energie als die Variante 2 mit dem wassergeführten Heizsystem, was zu einer kleineren PV-Anlage führt. Der grosse Vorteil ist die ausgeglichene Energiebilanz, wobei auch in Zukunft, durch die Verstellung der Heizstabfreigabe, ein Ausgleich und damit Spielraum für Veränderungen gegeben sind. Zudem kann in dieser Variante ein grosser thermischer Direktanteil genutzt werden. So übernimmt die Elektrolyse- und Brennstoffzellenabwärme zusammen 72% des thermischen Jahresbedarfs. Auch der Direktanteil auf elektrischer Seite ist um 30% höher als bei der anderen Variante. Ein weiterer Vorteil liegt im Platzbedarf der Energiespeicherung. So resultiert durch den Verzicht auf ein wassergeführtes Heizsystem ein benötigtes Volumen für die Energiespeicherung von ca. 50 m3, die Variante 2 hingegen benötigt etwa das doppelte an Platz. Das ergibt sich so, weil der thermische Energiebedarf durch ein elektrisches Heizsystem kleiner wird (weniger Speicher- und Verteilverluste, weniger Bedarf Saison-Speicherung) und daher

auch der thermische Langzeitspeicher kleiner wird. Der Wasserstoffbedarf wird zwar grösser, aber die Wasserstoffspeicherung ist viel platzsparender als die thermische Speicherung.

Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse hat ergeben, dass durch die Reduktion oder Erhöhung des Gesamtenergiebedarfs des Gebäudes sich zwar die benötigte Jahresenergie und somit auch die Fläche der PV-Anlage reduzieren lässt respektive erhöht werden muss, aber nicht das benötigte Volumen zur Energiespeicherung. Das bleibt in allen Varianten immer ungefähr gleich gross. Schaut man in die Zukunft, so lässt sich erkennen, dass der jährliche Energiebedarf annähernd konstant bleibt und durch die stärkere Sonneneinstrahlung die PV-Fläche verkleinert werden kann.

Durch Öffnen der Systemgrenzen, um Energie nach aussen abzugeben, kann man die Brennstoffzelle auch wärmegeführt betreiben. Das hat den Vorteil, dass auf



3 Kostenvergleich Brennstoffzelle wärmegeführt gemäss Sensitivitätsanalyse, d.h. ohne Wärmepumpe und ohne Langzeitspeicher. Veränderung der Jahreskosten gegenüber Grundvariante.

Weniger Sorgen für Selbstständige.

Die Unternehmensversicherung der Suva bietet Selbstständig-erwerbenden einzigartigen finanziellen Schutz bei Unfällen in Beruf und Freizeit sowie bei Berufskrankheiten. Übrigens: Auch mitarbeitende Familienmitglieder, die keinen AHV-pflichtigen Lohn beziehen, können sich versichern lassen. Weitere Informationen erhalten Sie unter www.suva.ch/unternehmensversicherung.

Jetzt Offerte
bestellen unter
0848 820 820

suva



Kreislaufwirtschaft Wasserstoff H₂: Gewinnung mit erneuerbaren Energien (Wind, PV, Biomasse), Speicherung, Einsatz für Mobilität und in Gebäuden für Wärme und Strom.

den thermischen Langzeitspeicher und die Wärmepumpe komplett verzichtet werden kann. Der Nachteil dieses Konzepts ist es, dass Strom ins Netz gegeben und Abwärme über Rückkühler abgeführt werden muss. Das führt zu einer grösseren PV-Anlage zur Energieproduktion. Eine grobe Abschätzung der Mehr- und Minderkosten durch diese Anpassung hat ergeben, dass diese Variante tendenziell erst in der Zukunft und nur in der Variante 1 rentabel wird (vgl. Abb. 3).

Ausblick

Die Auswertung hat gezeigt, dass unter den gegebenen Systemgrenzen und unter Einbezug der Wasserstofftechnologie die direkte Umwandlung von elektrischer in thermische Energie, entgegen dem aktuellen Stand der Technik, sinnvoll ist. Das beschriebene Lösungskonzept benötigt jedoch eine grosse Anzahl an Komponenten, was im Hinblick auf die graue Energie hinterfragt werden muss. Für die Erreichung des Gleichgewichts wird ein Anteil von elektrischer Energie in thermische Energie umgewandelt. Um diesen zu verkleinern muss die Systemgrenze auf Quartier- und Arealebene erweitert werden. So bieten sich viel mehr Möglichkeiten zur Verwertung und Speicherung der elektrischen und thermischen Energie. Integriert man dann die Komponenten sinnvoll und schafft ein Gleichgewicht zwischen Bedarf und Produktion, so erhält man hohe Gesamtwirkungsgrade des Systems. Daher bietet die Wasserstofftechnologie und ihr Einsatz im Gebäudebereich viele Chancen für eine umweltbewusste und nachhaltige Zukunft. ■

Autoren

*Michael Gambarini und Timon Suter haben diesen Fachartikel verfasst als Teil der Bachelor-Thesis BAT_IGE_F20_08 am Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE der Hochschule Luzern – Technik & Architektur in Horw LU. Die Bachelor-Arbeit wurde begleitet von den Dozenten Prof. Werner Betschart und Prof. Reto von Euw sowie vom Experten Roland Stierli

hslu.ch/ige

Varianten	Komponenten in Grundvariante	Komponenten für Sensitivitätsanalyse
Variante 1 Lufterhitzer und Heizung direkt elektrisch erwärmt.	Produktion Strom/Wärme: PV-Anlage, Wärmepumpe (nur für Warmwasser), Elektrolyse, Brennstoffzelle. Speicherung: Wasserstoff-, Langzeit-, Kurzzeit-Speicher, Batterie.	Produktion Strom/Wärme: PV-Anlage, Wärmepumpe (nur für Warmwasser), Elektrolyse, Brennstoffzelle. Speicherung: Wasserstoff-, Langzeit-, Kurzzeit-Speicher, Batterie.
Variante 2 Lufterhitzer und Heizung über wassergeführtes Heizsystem.	Produktion: PV-Anlage, Wärmepumpe, Elektrolyse, Brennstoffzelle. Speicherung: Wasserstoff-, Langzeit-, Kurzzeit-Speicher, Batterie.	Produktion: PV-Anlage, Wärmepumpe, Elektrolyse, Brennstoffzelle. Speicherung: Wasserstoff-, Langzeit-, Kurzzeit-Speicher, Batterie.

Tabelle 1: Variantenübersicht.