

Energiespeicherung: Wärmespeicher für Tag/Nacht-Ausgleich bis hin zu saisonaler Speicherung

Thermische Speicherung von Solarstrom

Eine Wärmepumpe braucht im Winter nicht nur dann Strom, wenn die Sonne scheint. Sondern vorwiegend am Morgen und nach Sonnenuntergang, wenn wegen der kälteren Aussentemperaturen mehr geheizt wird. Auch wenn das Haus über eine PV-Anlage verfügt: Die WP bezieht dann den Strom mehrheitlich vom Netz. Wärmespeicher mit genügender Kapazität optimieren das Heizsystem.

Text Josef Timoteo Jenni, Jenni Energietechnik AG
Bilder Jenni Energietechnik,
Markus Ursprung, Benzschwil

Stellen Sie sich vor, Sie besitzen ein schönes Haus aus den 70er-Jahren in der Vorstadt. Alles ist super, nur mit dem Heizungersatz vor ein paar Jahren waren Sie nicht so zufrieden. Nach einiger Evaluation haben Sie sich entschieden, weg vom Gas auf eine Luft/Wasser-Wärmepumpe umzusteigen. Es wurde Ihnen eine ökologische Alternative und die Abkehr vom teuren Gas versprochen. Doch durch die steigenden Strompreise der letzten Jahre sahen Sie sich nach und nach mit fast identischen Heizkosten konfrontiert, wie vorher mit der Gasheizung.

Zur Minderung der Stromrechnung wurde Ihnen dann eine Photovoltaik-Anlage empfohlen. Jedoch hat das nicht viel gebracht. Fürs Einspeisen gibt es fast nichts mehr und somit ist Ihre Stromrechnung noch fast identisch wie vorher. Auch die Amortisation der Anlage droht eine längere Geschichte zu werden als geplant. Was ist da passiert?

Leider braucht Ihre Wärmepumpe nicht dann Strom, wenn die Sonne scheint und dieser von Ihrer PV-Anlage zur Verfügung steht. Die Wärmepumpe läuft vorwiegend am Morgen, wenn durch die kälteren Aussentemperaturen mehr geheizt wird, und nach Sonnenuntergang. Also bezieht sie mehrheitlich Strom vom Netz. Zudem wurde vielerorts der günstigere Nachtтарif abgeschafft.

Der Schlüssel liegt in der Speicherung. Im folgenden Artikel wird ein Lösungsansatz aufgezeigt, wie Sie mit geringer Investition mehr von Ihrem PV-Strom in Form von Wärme speichern können. So können Sie mehr PV-Strom selbst nutzen und Wärme für die Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint, speichern, was Ihren Autarkiegrad erhöht.

Plattform für optimale Einbindung von PV-Strom in die Wärmeerzeugung

Eine Tag/Nacht-Speicherung ist relativ einfach zu bewerkstelligen. Man könnte meinen, dass man mit dem PV-Strom vom Tag doch einfach eine Batterie laden könnte, welche dann am Abend und durch die Nacht entladen wird für den Betrieb der Wärmepumpe. Das mag für den Strombedarf von Haushaltsgeräten stimmen und ist meistens auch relativ kostengünstig umsetzbar, zum Beispiel mit einer Haus-Batterie im Bereich von 7 kWh. Doch der Löwenanteil des Energiebedarfs für ein Schweizer Wohnhaus ist die Bereitstellung von Raumwärme, gefolgt von Warmwasser. Hier reichen die 7 kWh gerade mal für wenige Stunden (siehe Abschnitt «Anwendung von Tag/Nacht bis zu Saisonspeicherung»). Also muss eine andere Lösung her.

Das Speichern von Wärme zum Heizen und für Trinkwarmwasser ist altbekannt und kann mit einem Boiler und einem Pufferspeicher realisiert werden. Aber so ein System habe ich ja bereits, warum nicht dieses nutzen, denken Sie sich nun vielleicht. Doch die effiziente Integration von PV-Strom in ein Standard-WP-System birgt einige Stolpersteine.

Gegenüberstellung: WP-Standard-System/WP mit Kombispeicher

Die Standardsysteme, welche in den Paketen mit der Wärmepumpe mitgeliefert werden, erlauben selbst keine effiziente Nutzung von PV-Strom. Oft ist dafür das Volumen des Boilers und des Pufferspeichers zu klein und es kann nur durch den Elektroinsatz unten im Boiler eine PV-Stromverwertung vorgenommen werden. Diese ist jedoch wegen Kalkablagerungen und des Verbrühschutzes nur sehr



Saison-Speicher mit 98,6 m³ Inhalt für
MFH Ursprung in Benzenschwil AG.
Durchmesser Ø 3.40 m, Höhe: 11.45 m.

Kombispeicher mit 970 Liter Nutzvolumen.
Masse, noch ohne Dämmung (13 cm):
Durchmesser Ø 79 cm, Höhe 2.10 m.



begrenzt möglich. Zudem ist das elektrische Aufwärmen des kältesten Wassers von unten exergetisch nicht optimal (vgl. Kasten «Position Elektroeinsatz»).

Der Kombispeicher mit integriertem Boiler bietet hier die Möglichkeit, das Speichervolumen zu vergrössern, ohne mehr warmgehaltenes Wasser zu haben, da der Boiler nur eine kleine Menge Trinkwarmwasser beinhaltet und nach dem Durchlauferhitzer-Prinzip funktioniert. Zudem wird das Warmwasser homogener über die Oberfläche vom Boiler erwärmt, was Kalkablagerungen minimiert. Der im umliegenden Heizungswasser liegende Elektroeinsatz verkalkt überhaupt nicht.

Wirtschaftliches System

Im Vergleich zu einem Boiler/Puffer-System ist der Mehrpreis für eine nennenswerte Speicherung oft nur einige tausend Franken. Deshalb ist es erstaunlich, warum beim Neubau von Wärmepumpenanlagen die thermische Speicherung nicht schon von Anfang an thematisiert wird. Zumal sich ein thermischer Speicher im Betrieb durch den Eigenstrom-Profit innert weniger Jahre amortisiert. Auch sind Kombispeicher-Schemen mit zertifizierten Speichern förderberechtigt.

Wärme dort einlagern, wo sie hingehört

Ein gut schichtender Kombispeicher hat eine klare Warmwasserzone und eine Heizungszone und kann durch die Schichtung massgeblich zu einem effizienten Betrieb der Anlage beitragen. Er erlaubt das zonengerechte Einspeichern von Wärme verschiedener Erzeuger. Dadurch wird unter anderem die Regelung vereinfacht, was ein langfristig gut funktionierendes System gewährleistet.

Ein zentraler, exergetisch korrekt eingebundener Kombispeicher macht zudem eine sinnvolle Priorisierung im Energiemanagementsystem einfacher.

Dies könnte z. B. folgendermassen aussehen (bezieht sich nur auf die thermische Verwertung von PV-Überschuss-Strom; alle sinnvollen elektrischen Anwendungen sind dem Verheizen in der Regel vorzuziehen. Auch ist es im Sommer oft sinnvoll, nicht den ganzen Speicher auf hohe Temperaturen durchzuladen, vgl. Tabelle unten).

Eigenverbrauch vs. Autarkiegrad: was ist zu beachten?

Eine Steigerung des Eigenverbrauchs kann einfach erreicht werden, dafür muss man nur möglichst viele leistungsstarke Elektrogeräte am Tag zuschalten, welche am besten allen Strom schlucken, den man selbst produziert. Das ist aber weder ökonomisch noch ökologisch.

Es ist in fast jedem Fall besser, wenn der Strom nicht mehr selbst sinnvoll gebraucht werden kann, diesen einzuspeisen (es gibt ja immer noch eine kleine Entschädigung dafür). Weiter kann das Netz den Strom, wenn er zuerst selbst gebraucht wird und nicht alle auf einmal zur gleichen Zeit einspeisen, nach wie vor anderen sinnvollen Anwendungen zuführen.

Eine optimierte Anlage hat das Erhöhen des Autarkiegrads als Ziel und nicht das «Verbraten» von jeder produzierten kWh um jeden Preis. Das heisst, es wird probiert, so netzunabhängig zu sein wie möglich. Also den eigenen PV-Strom so effektiv wie möglich zu verwenden, damit möglichst lange kein Netzbezug nötig wird.

Warum dennoch mit Elektroeinsatz?

Bei der Kombination Wärmepumpe und Photovoltaik ist oft die Wärmepumpe der

limitierende Flaschenhals. Nehmen wir das Beispiel vom Anfang. Ein klassisches Bestandseinfamilienhaus kann gut einen Wärmebedarf inklusive Warmwasser von 12 kW bei -8 °C haben. Eine 14 kW Luft/Wasser-Wärmepumpe nimmt bei voller Leistung also ca. 4 kW Strom auf. Demgegenüber steht das Süd-Dach, das bei einem solchen Einfamilienhaus schnell mal 100 m² Fläche hat, was zu einer PV-Anlage von bis zu 20 kWp führen kann. Das heisst, bei Sonnenschein wird sehr schnell mehr Strom produziert, als die Wärmepumpe aufnehmen kann. Gleichzeitig ist auch das maximale Temperaturniveau der Wärmepumpe begrenzt (normalerweise ca. 55 °C) und so kommt es, dass nur mit der Wärmepumpe allein durch den Tag nicht viel Energie gespeichert werden kann.

Besser sieht es aus, wenn zusätzlich noch Elektroeinsätze verwendet werden. So kann mit einer stufenlosen Ansteuerung vom Elektroeinsatz der Strom, den die Wärmepumpe nicht aufnehmen kann, noch verheizt werden. Durch das so mögliche höhere Temperaturniveau kann auch ein thermischer Speicher bis zum Doppelten an Energie speichern.

So ein System kann aber nur optimal mit einer guten Schichtung im Speicher funktionieren und wenn der Elektroeinsatz nicht der Wärmepumpe das kalte Wasser «wegheizt».

Zudem muss verhindert werden, dass irgendeine Eigenstromverbrauchsmaximierung für die Übergangszeit, dann im Winter, wenn nur sehr wenig Solarertrag da ist, zu einem elektrischen Mehrverbrauch führt.

Beladung durch WP und

Elektroeinsatz (Schema Seite 22)

Siehe Schema «WP und Elektroeinsatz»: Der thermische Speicher dient am besten

Eigenstrom	Elektroeinsatz	Wärmepumpe	Umschichtung
Kleiner als Mindestleistung WP	Schnell modulierbarer Elektroeinsatz heizt von oben den Speicher		Drückt, wenn der Speicher oben über ca. 70 °C ist, die Wärme nach unten
Mindestleistung WP bis Maximalleistung WP		Einschalten und leistungsmässig hinaufregeln der Wärmepumpe heizt unten den kältesten Bereich im Speicher auf (besserer COP)	
Grösser als Maximalleistung WP	Schnell modulierbarer Elektroeinsatz heizt von oben den Speicher	Wärmepumpe heizt unten den kältesten Bereich auf, bis die maximal zulässige Temperatur erreicht ist.	Drückt, wenn der Speicher oben über ca. 70 °C ist, die Wärme nach unten

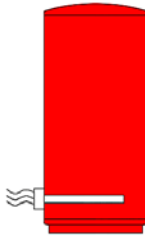
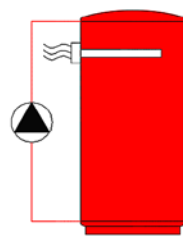
Chemische vs. thermische Speicherung?

Erneuerbare Energien fallen nicht immer gleich an, deshalb ist die Energiespeicherung das zentrale Element einer funktionierenden Energiewende. Wie wir alle wissen, haben wir im Winter, wenn wir mehr Energie zum Heizen benötigen, weniger Solarertrag als im Sommer. Somit ist vor allem die saisonale Speicherung sehr bedeutend und eine grosse Herausforderung. Am preiswertesten und am wenigsten umweltbelastend kann Energie in Wasser als Wärme gespeichert werden. Wärme ist niederwertigere Energie, jedoch ist ein Wasserspeicher pro kWh-Speicherkapazität unter Berücksichtigung von Preis und Lebensdauer über 300-mal günstiger als eine Batterie.



Chemischer Speicher (Batterie)	Thermischer Speicher (Swiss Solartank®)
Kosten: ca. Fr. 400.– pro kWh Speicherkapazität	Kosten: Fr. 10.– pro kWh Speicherkapazität
Lebenserwartung: 10 Jahre	Lebenserwartung: 75 Jahre
Strom ist hochwertiger	Wärme ist niederwertiger
Rohstoffe: Lithium, Nickel, Mangan, Kobalt usw.	Rohstoffe: Wasser, Stahl, Chromstahl
Faktor 300 teurer (40 × 7.5)	Faktor 300 günstiger
Herstellungsland: grösstenteils China	Herstellungsland: Schweiz

Position Elektroeinatz

Elektroeinatz unten	Elektroeinatz oben mit Umschichtung
	
Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> - Keine Umschichtung nötig - Fast immer kaltes Wasser - Minimum an Steuerung 	Vorteile: <ul style="list-style-type: none"> - Erzeugt als Erstes nutzbare Temperaturen, erst dann wird nach unten geladen - «stiehlt» WP oder Solaranlage weniger das kalte Wasser
Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> - Erzeugt lange keine nutzbare Temperaturniveau - «stiehlt» WP und Solaranlage das kalte Wasser 	Nachteil: <ul style="list-style-type: none"> - Braucht Pumpe und Steuerung

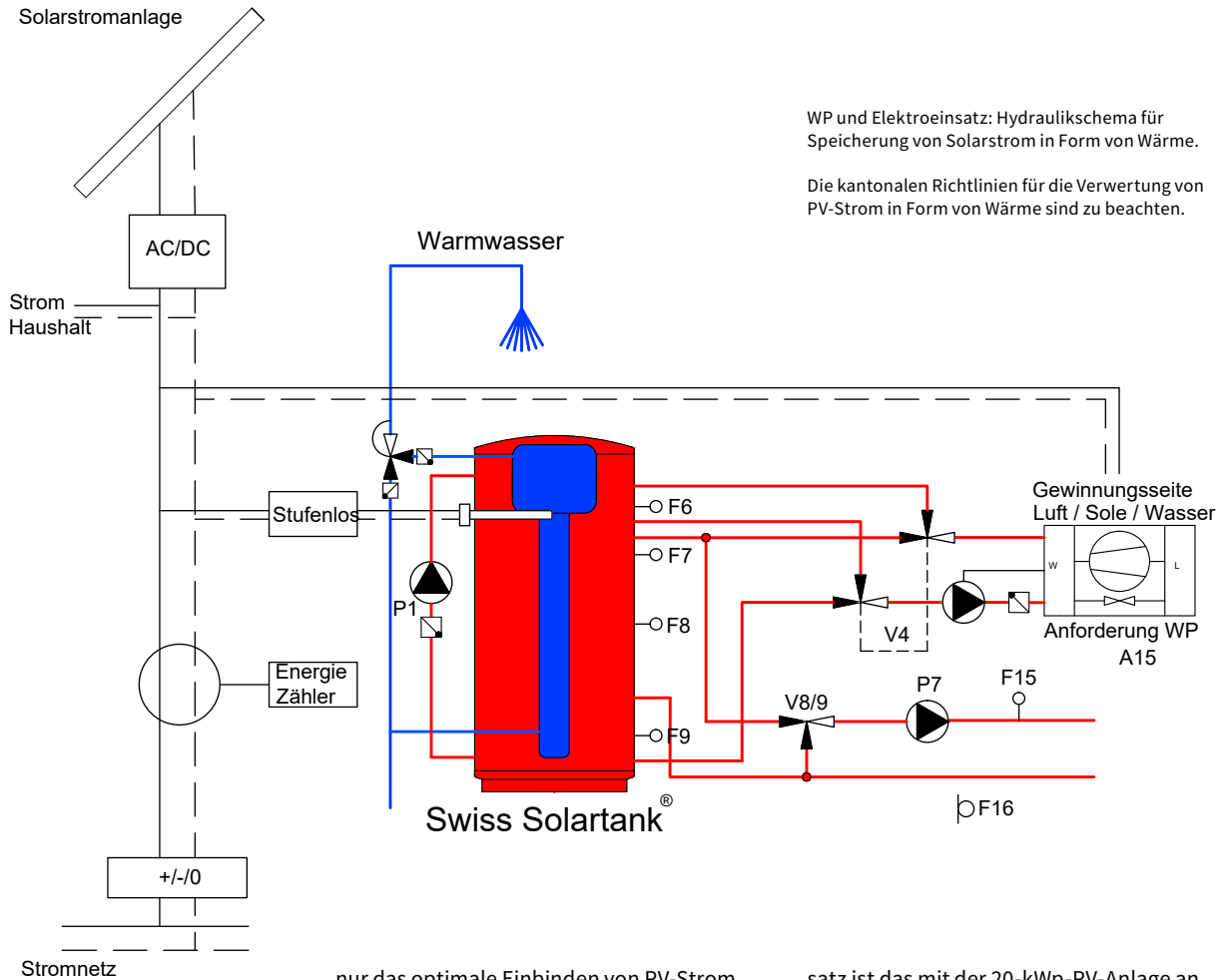
als zentrale Plattform für das Wärmemanagement. In ihm fliesst alle Wärme zusammen und wird verteilt. Durch die Schichtung und das Einführen am richtigen Ort wird verhindert, dass einzelne Energiequellen sich in die Quere kommen und sich gegenseitig den Wirkungsgrad verschlechtern.

Zum Beispiel kann mit dem Elektroeinatz oben im Speicher PV-Strom verwertet werden und gleichzeitig kann unten die Wärmepumpe auf möglichst tiefen Temperaturen laufen. Ist der Speicher oben wärmer als 70°C, kommt die Umwälzpumpe P1 zum Einsatz, welche die heisse Schicht Schritt für Schritt von oben nach unten drückt.

Ist die Sonne untergegangen und es steht kein PV-Strom mehr zur Verfügung, bezieht die Heizgruppe aus dem Thermischen Speicher die eingespeicherte Energie, bis die Speichertemperatur unter den Sollwert fällt. Erst dann wird der Speicher im normalen Kombispeicherbetrieb wieder nachgeladen.

Kombination Wärmepumpe und andere erneuerbare Wärmeerzeuger

An einem verschneiten Wintertag ein Feuer im Kamin machen: Das kann in Zukunft zu einer tieferen Stromrechnung beitragen. Die Kombination von einem Kombi-Speicher mit einer Wärmepumpe erlaubt nicht



WP und Elektroinsatz: Hydraulikschema für Speicherung von Solarstrom in Form von Wärme.

Die kantonalen Richtlinien für die Verwertung von PV-Strom in Form von Wärme sind zu beachten.

nur das optimale Einbinden von PV-Strom, sondern es kann auch z. B. ein wasserführender Kaminofen angeschlossen werden.

Dies entlastet die Wärmepumpe, da sie so die Grundlast bereitstellen kann und sie nicht mehr auf hohen Temperaturen laufen muss für eine Warmwasserladung. So kann auch in der kalten Jahreszeit ein hoher COP erreicht werden, was schlussendlich die Stromkosten reduziert. Dies kann insbesondere wichtig werden, wenn sich – wie bereits in einigen Regionen eingeführt – flexible Strompreise durchsetzen.

Nach dem gleichen Prinzip lassen sich auch Solarwärmeanlagen (wenn ein möglichst hoher Solarertrag aus einer begrenzten Dachfläche herausgeholt werden soll) oder andere Wärmeerzeuger auf einen zentralen Kombispeicher verschalten.

Anwendungen von Tag/Nacht bis zu Saisonspeicherung

Um beim vorher genannten Haus mit einer Heizleistung von 12 kW eine Tag/Nacht-Speicherung in der Übergangszeit bei ca. 5°C Aussentemperatur zu erreichen, ist das Abdecken von einem Raumwärme- und Warmwasserbedarf von grob 70 kWh nötig. Dies kann mit einem thermischen Speicher von ca. 1500 Liter, der durch den Tag auf ca. 80°C aufgeheizt wurde, bewerkstelligt werden. In Kombination mit der Wärmepumpe und z. B. einem 8-kW-Elektroein-

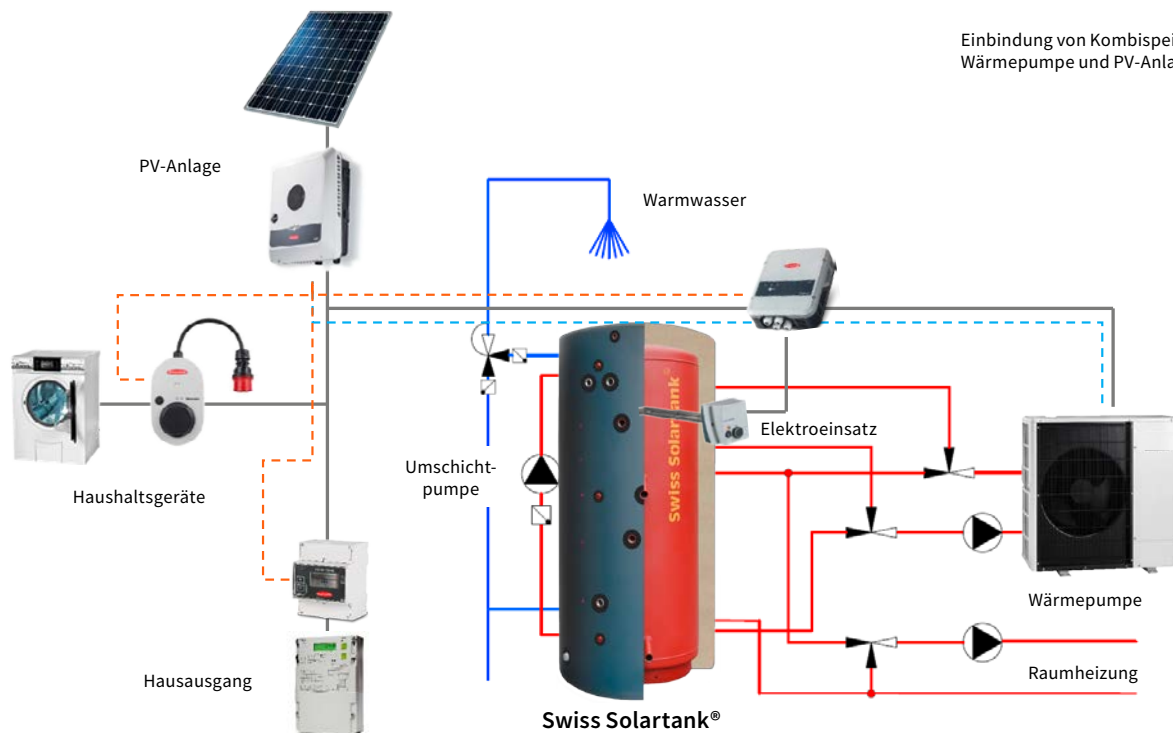
satz ist das mit der 20-kWp-PV-Anlage an einem normalen Tag gut machbar. Ein solches System ist einfach umsetzbar, sehr schnell amortisiert und in einem Grossteil unserer Bestandsbauten realisierbar.

Nach demselben Prinzip sind Anlagen machbar, die saisonale Speicherung ermöglichen (vgl. Hydraulikschema und Bild zu Beispiel MFH Ursprung in Benzenschwil, Seite 23 unten):

Zwischen 2018 und 2021 haben Markus und Barbara Ursprung ihr damaliges Einfamilienhaus in Benzenschwil AG in ein Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten umgebaut. Es sollte jedoch nicht irgendein Mehrfamilienhaus werden, sondern ein Generationenhaus mit gemeinsamem Wohnen und komplett eingehüllt in eine 144-kWp-PV-Anlage. Zudem sollte eine möglichst hohe Autarkie erreicht werden. Dafür wurde ein 98 550 Liter grosser thermischer Speicher verbaut, eine 18-kW-Luft/Wasser-Wärmepumpe und 6 stufenlose 9-kW-Elektroeinsätze.

«Seit 3 Jahren konsumieren wir in unserem Mehrfamilienhaus im Winter weniger Energie als früher, im Einfamilienhaus im Sommer, weil wir die Sommer-Sonne in unserem Jenni-Solartank speichern. Der rund 7 MWh beinhaltende thermische Speicher speichert so viel Energie, dass wir nie zu Heizzwecken Strom vom Netz oder sonst irgendeine Zusatzenergie benötigen.

Einbindung von Kombispeicher in System mit Wärmepumpe und PV-Anlage.



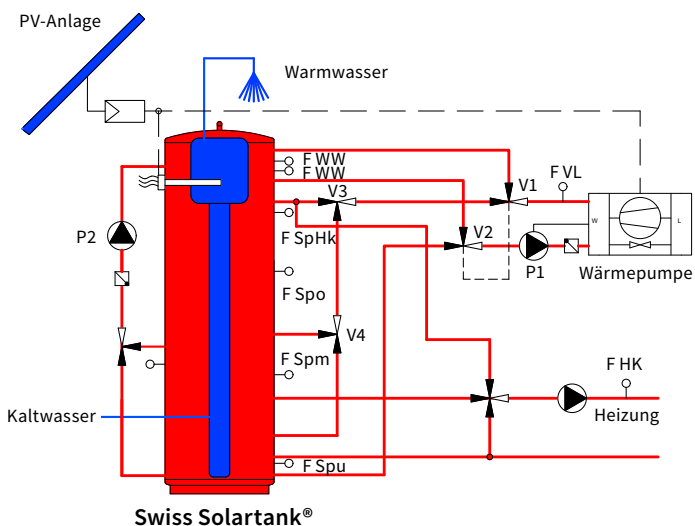
Wir sind, dank des Speichers, auch in der Lage, bei einem Stromüberangebot auf dem Markt ausgleichend zu wirken!», sagt Markus Ursprung. Das Haus kann in regelmässigen Führungen besichtigt werden, weitere Infos unter: synergieplus.ch

Die Energiewende ist eine Speicherfrage

Wird die Energiespeicherung von Anfang an miteingeplant, ist ein optimales und wirtschaftliches System möglich. Ohne

Speicherung zeigen sich die Kosten von Wärmepumpe-Photovoltaik-Kombinationen erst nach einiger Zeit im Betrieb. Ein thermischer Speicher erlaubt mit wenig technischem Aufwand, lange bewährten Methoden und kleinen Mehrinvestitionen das System langfristig zu optimieren. ■

jenni.ch



Hydraulikschemata für bis zu 100% solarbeheiztes Haus.



MFH Ursprung in Benzenschwil AG.