

dossier.

Wärmepumpen und Solarenergie

Effiziente Heizsysteme | Die Sonne liefert uns gratis Energie. Lässt sich damit die Heizung optimieren? Heute werden meist Anlagen mit Wärmepumpe installiert, die sich recht einfach mit Photovoltaik oder Solarthermie kombinieren lassen.

Pompes à chaleur et énergie solaire

Des chauffages efficaces | Le soleil fournit gratuitement de l'énergie. Peut-on l'utiliser pour optimiser les chauffages? La plupart sont désormais installés avec une pompe à chaleur, qui peut être aisément combinée avec du PV ou du solaire thermique.

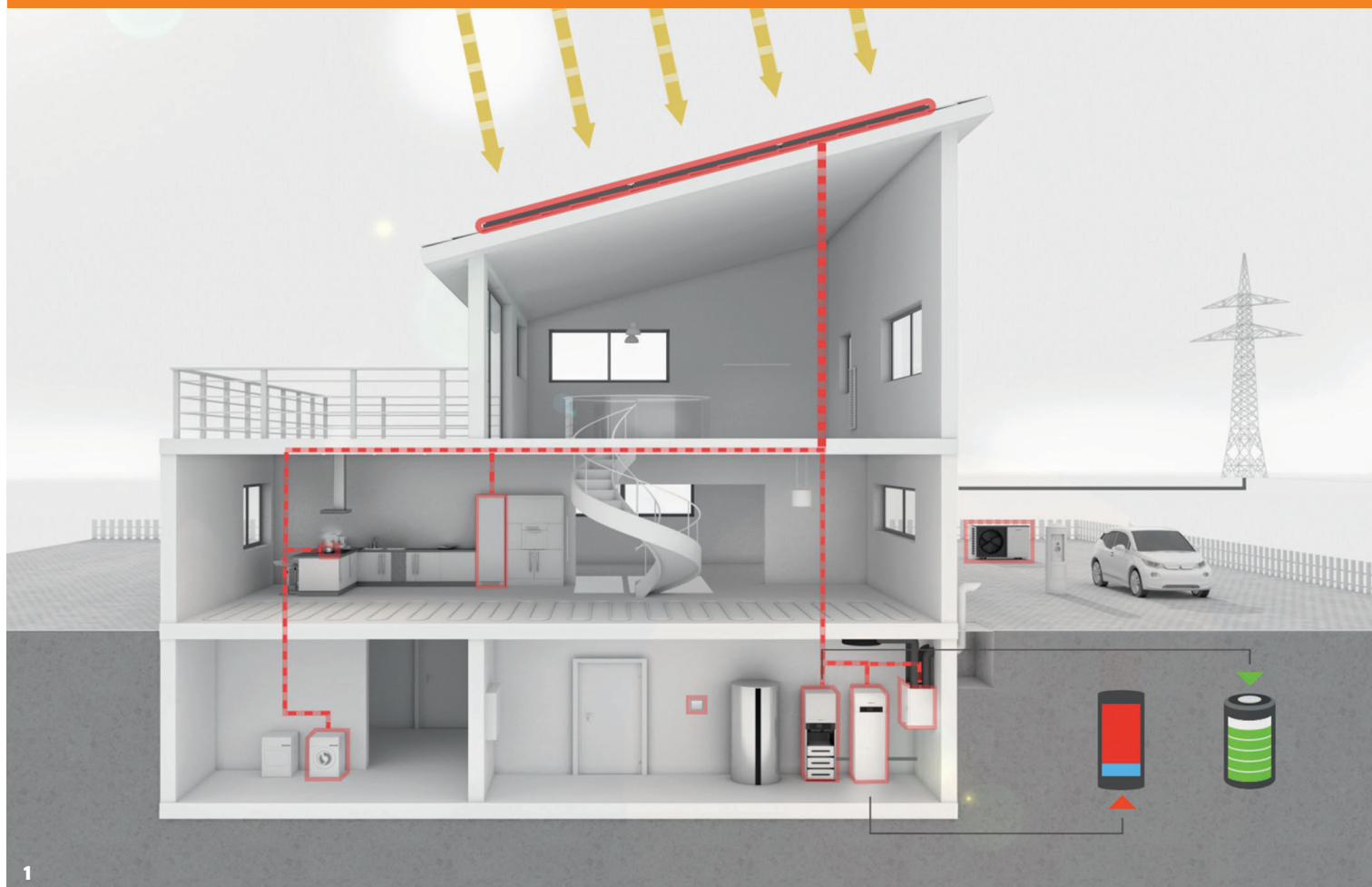
Systeme kombinieren

Eine Solaranlage - Photovoltaik oder thermische Module - kann in die Heizungsanlage mit Wärmepumpe eingebunden werden.

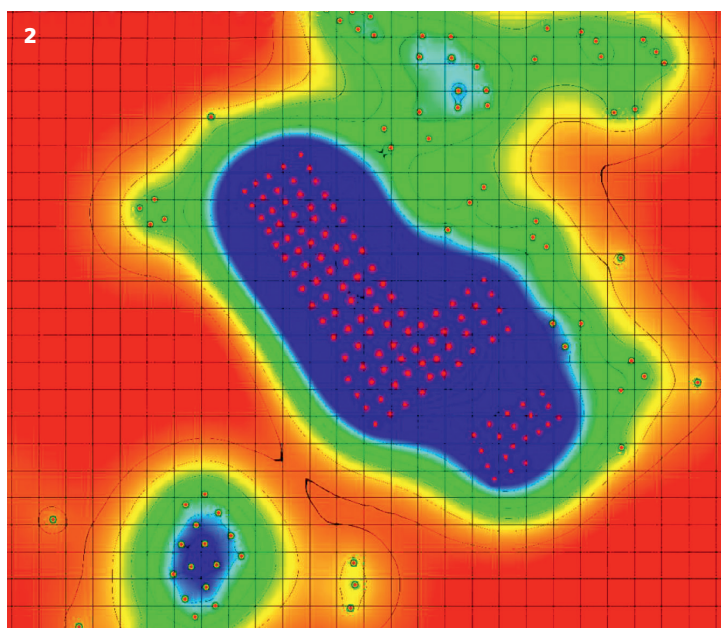
Combiner les systèmes

Une installation solaire - qu'il s'agisse de modules photovoltaïques ou thermiques - peut être intégrée dans l'installation de chauffage à pompe à chaleur.





1



2

1 Der Strom einer PV-Anlage kann in der Wärmepumpe genutzt und somit der Eigenverbrauch optimiert werden. Mit Solarthermie wird die Erdsonde regeneriert - die Wärme saisonal gespeichert.

L'électricité générée par l'installation PV peut être utilisée par la pompe à chaleur, ce qui optimise la consommation propre. L'énergie solaire thermique permet de régénérer la sonde géothermique: la chaleur est alors stockée de façon saisonnière.

2 Die Simulation zeigt die Temperaturen des Erdregisters einer Überbauung, wenn die Erdsonden nicht regeneriert würden. Das Erdreich würde gefrieren. Die Überbauung wurde schliesslich mit einer Solarthermieanlage gebaut und es wird mehr Wärme im Boden gespeichert als im Winter entzogen.

La simulation indique les températures du champ de sondes géothermiques d'un lotissement si ces dernières n'étaient pas régénérées: le sol gèlerait. Le lotissement a finalement été construit avec une installation solaire thermique et la chaleur stockée dans le sol excède celle extraite en hiver.

GUIDO SANTNER

Durch die Verbreitung der Photovoltaik-Anlagen verbinden immer mehr Hausbesitzer die Solaranlage mit der Wärmepumpe, um den eigenen Strom zu verbrauchen. Die Solarenergie lässt sich auch thermisch nutzen: Wird im Sommer mit Solarthermie die Erdsonde regeneriert, profitiert die Wärmepumpe im Winter von den warmen Temperaturen und läuft effizienter.

Strom aus der PV-Anlage

Moderne Wärmepumpen haben eine Schnittstelle, über die die PV-Anlage mitteilen kann, dass die Sonne scheint und es von Vorteil wäre, die Heizung einzuschalten. So wird das Warmwasser für die Dusche neu über Mittag bei Sonnenschein mit dem eigenen Strom erhitzt und nicht mehr in der Nacht bei Niedertarif aus dem Netz. Rainer Gutensohn, Produktmanager für Wärmepumpen bei Viessmann, sagt, dass bei gut 10% der neuen Anlagen bereits heute die Wärmepumpe mit einer PV-Anlage kombiniert wird. «Der Preis von PV-Anlagen sinkt von Jahr zu Jahr und die Technologie ist in aller Munde», sagt Gutensohn. Seit dem 1. Januar 2018 ist zudem der Eigenverbrauch des Stroms nach dem Energiegesetz explizit erlaubt. Davor hing es vom lokalen Energieversorger ab, ob er den Eigenverbrauch tolerierte.

Wärme speichern

Wer eine Wärmepumpe mit Erdsonde hat, kann die Solarenergie saisonal im Boden speichern. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird mit dem Coefficient Of Performance (COP) angegeben, auf Deutsch «Leistungszahl». Eine gute Wärmepumpe hat beispielsweise einen COP von 3,9 bei einer Soletemperatur von 2°C in der Erdsonde und einer Vorlauf-/Warmwassertemperatur von 45°C. Das bedeutet, dass mit 1 kW Strom 3,9 kW Wärme produziert werden können. Bleibt die Sole nun dank Regeneration 7°C warm – nahe der unbeeinflussten Temperatur des Erdreichs von 10°C, liegt die Leistungszahl bei 4,4. Die Wärmepumpe gibt mit gleich viel Strom 13% mehr Wärme ab.

In der Praxis wichtiger ist die Jahresarbeitszahl – quasi der COP für die ganze Heizungsanlage.[1] Hier wird berücksichtigt, dass sich die Temperaturen der Erdsonde und die benötigten Vorlauftemperaturen der Heizung übers Jahr verändern. Typische Jahresarbeitszahlen liegen laut Michael Geissbühler, Geschäftsführer von PVT Solar, bei knapp 4 für eine gute Erdwärmesondenheizung und bei Werten zwischen 4 und 5 für Anlagen mit regenerierten Erdsonden oder andern saisonalen Speichersystemen (wo Erdsonden nicht erlaubt sind, bieten sich Erdregister oder Eisspeicher als Alternativen an).

Forschungstagung 2015

Die Idee, Wärmepumpen mit Solarenergie zu kombinieren, gibt es schon länger. Bereits 2015 war dies ein Schwerpunkt an der jährlich vom Bundesamt für Energie (BFE) veranstalteten Wärmepumpen-Forschungstagung. Mittlerweile bieten alle Hersteller entsprechende Geräte an, um entweder die Erdsonde zu regenerieren oder PV-Strom zu nutzen. Robert Diana, beim Verband Suissetec Leiter des Fachbe-

De plus en plus de propriétaires raccordent leur installation solaire à leur pompe à chaleur afin de consommer leur propre électricité. L'énergie solaire peut aussi être exploitée de manière thermique: si celle-ci est utilisée en été pour régénérer les sondes géothermiques, la pompe à chaleur profite en hiver de ces températures plus élevées et fonctionne plus efficacement.

De l'électricité produite par l'installation PV

Les pompes à chaleur (PAC) modernes sont équipées d'une interface via laquelle l'installation PV peut communiquer que le soleil brille et qu'il serait judicieux d'activer le chauffage. Ainsi, l'eau chaude sanitaire est chauffée par beau temps à midi, avec le courant photovoltaïque, plutôt que la nuit, avec l'électricité à bas tarif du réseau. Selon Rainer Gutensohn, product manager Pompes à chaleur chez Viessmann, la pompe à chaleur est déjà combinée à une installation PV dans au moins 10% des nouvelles installations. «Le prix des installations PV ne cesse de baisser et cette technologie rencontre beaucoup d'intérêt», explique-t-il. En outre, depuis le 1^{er} janvier 2018, la loi sur l'énergie autorise explicitement la consommation propre d'électricité. Auparavant, le fournisseur local d'énergie pouvait décider s'il la tolérait ou non.

Stockage de la chaleur

Qui possède une pompe à chaleur avec une sonde géothermique, peut stocker l'énergie solaire dans le sol de manière saisonnière. L'efficacité d'une pompe à chaleur est indiquée à l'aide du coefficient de performance (COP). Une bonne pompe à chaleur a, par exemple, un COP de 3,9 avec une température du sol de 2°C au niveau de la sonde géothermique et une température de départ/d'eau chaude de 45°C. Cela signifie que 3,9 kW de chaleur peuvent être produits avec 1 kW d'électricité. Si, grâce à la régénération, le sol reste à une température de 7°C, une valeur proche de sa température naturelle de 10°C, le COP est de 4,4. La pompe à chaleur produit alors 13% de chaleur supplémentaire avec la même quantité d'électricité.

Le coefficient de performance annuel – le COP pour l'ensemble de l'installation de chauffage – est plus important en pratique.[1] Il tient compte du fait qu'autant les températures de la sonde géothermique que celles de départ requises du chauffage varient au cours de l'année. Selon Michael Geissbühler, directeur de PVT Solar, les coefficients de performance annuels typiques sont d'à peine 4 pour un bon système de chauffage géothermique et de 4 à 5 pour les installations avec sondes géothermiques régénérées ou autres systèmes de stockage saisonnier (les capteurs horizontaux ou les accumulateurs de glace offrent une alternative là où les sondes géothermiques sont interdites).

Journée de la recherche 2015

L'idée de combiner pompes à chaleur et énergie solaire existe depuis un certain temps. En 2015, il s'agissait déjà de l'un des thèmes principaux de la Journée de la recherche sur les pompes à chaleur organisée chaque année par l'Of-



Strom und Wärme erzeugen

Eine Solaranlage mit kombinierten PVT-Modulen. Vorne erzeugen PV-Zellen Strom, hinten entnimmt der thermische Teil die Wärme. Damit werden auch die PV-Zellen gekühlt und sie sind effizienter. PVT-Module können zusammen mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe eingesetzt werden anstelle einer Luft/Wasser-Wärmepumpe. Die Umwälzpumpe der PVT-Module verbraucht weniger Strom als der Lüfter einer Luft-Wärmepumpe.

Produire de l'électricité et de la chaleur

Une installation solaire avec des modules PVT combinés. Sur la face avant, les cellules PV produisent de l'électricité tandis que la partie thermique de la face arrière extrait la chaleur. Les cellules PV sont ainsi aussi refroidies, ce qui augmente leur efficacité. Les modules PVT peuvent être utilisés avec une pompe à chaleur sol/eau au lieu d'une pompe à chaleur air/eau. La pompe de circulation des modules PVT consomme moins d'électricité que le ventilateur d'une pompe à chaleur à air.

reichs Heizung, sagt, dass die Kunden bereit sind: «Viele Bauherren wünschen sich, die Wärmepumpe mit Solarthermie oder Photovoltaik zu kombinieren.» René Naef, Ingenieur und Planer für Haustechnik mit Schwerpunkt Solarenergie, bestätigt dies: «Die Bauherren investieren gerne in Heizungsanlagen, die Solarenergie nutzen.» Die Leute wollen nicht nur umweltbewusst leben, sondern dies auch zeigen. Da sei es schon attraktiv, dass man die Solaranlage von aussen sehe. Und es sei nicht mehr wie vor zehn Jahren, als Wärmepumpen und Solarthermie Konkurrenten waren: «Heute sind die beiden Technologien verheiratet. Sie ergänzen sich gut.»

«Nicht zu viel erwarten!»

Sowohl Naef als auch Diana warnen aber vor übertriebenen Erwartungen: «Technisch und regulatorisch muss man einige Dinge beachten», sagt Diana. So sei beispielsweise der Spielraum, in dem das Erdreich bewirtschaftet werden könne, relativ klein. Die PE-Leitungen der Erdsonde dürfen wegen des Materials nur bis ca. 40°C erhitzt werden. Auch der Eigenverbrauch der PV-Anlage kann nicht beliebig gesteigert werden. In der 2019 publizierte Studie «Lewasof» [2] haben Ralf Dott und sein Team an der FHNW Muttens die Kombination von Wärmepumpen und Solarenergie im Labor getestet. Wenn der Überschuss der PV-Anlage in den Warmwasserspeicher und in die Fussbodenheizung geleitet wird, steigert sich der Eigendeckungsgrad der getesteten Anlage von 47 auf 50 %.

fi ce fédéral de l'énergie (OFEN). Entre-temps, tous les fabricants proposent des équipements correspondants, permettant soit de régénérer les sondes géothermiques, soit d'utiliser le courant photovoltaïque. Pour Robert Diana, responsable du département Chauffage de l'association Suissetec, les clients sont prêts: «De nombreux propriétaires immobiliers désirent combiner pompe à chaleur et système solaire thermique ou photovoltaïque.» René Naef, ingénieur et planificateur en technique du bâtiment spécialisé dans l'énergie solaire, confirme: «Les maîtres d'ouvrage investissent volontiers dans des installations de chauffage utilisant l'énergie solaire.» Les gens ne veulent pas seulement vivre de manière écologique, mais également le montrer. Le fait que l'installation solaire soit visible de l'extérieur est d'autant plus attractif. Et la situation n'est plus la même qu'il y a dix ans, lorsque les pompes à chaleur et l'énergie solaire thermique se faisaient concurrence: «Aujourd'hui, les deux technologies sont liées. Elles se complètent bien.»

«Ne pas avoir trop d'attentes!»

René Naef et Robert Diana mettent en garde contre de trop grandes attentes: «Il faut être conscient de certaines choses sur les plans technique et réglementaire», explique Robert Diana. Par exemple, la marge de manœuvre concernant la gestion des sols peut être relativement restreinte. La température des conduites en PE de la sonde géothermique ne doit pas trop dépasser les 40°C en raison

Wie gut sich der Überschuss speichern lässt, kommt darauf an, wie die Gebäudehülle isoliert ist: Während die Heizung bei einer durchschnittlichen Dämmung acht Wärmezyklen im Tag durchläuft, sind es bei einer guten Dämmung nur zwei Ladezyklen. Das bedeutet, dass die Steuerung eines gut gedämmten Gebäudes deutlich mehr Freiheiten hat, Heizzyklen auf Zeiten mit PV-Überschuss zu verschieben. Robert Diana von Suissetec ist skeptisch, ob es praktikabel ist, den Beton vom Gebäude als Speicher zu nutzen: «Gerade bei einem gut gedämmten Minergie-Haus bringt man die Wärme kaum mehr heraus.» Naef sagt, dass mit zusätzlichen Wasserspeichern die Wärme vom Tag für die Nacht gespeichert werden könne. «Bei Häusern mit Fussbodenheizung kann die Wärme durch leichte Überhöhung der Raumtemperatur im Unterlagsboden gespeichert werden.»

Intelligente Systeme

Wenn die Ladung des Warmwasserspeichers auf die Nutzung der Bewohner abgestimmt wird, erhöht sich die Eigenutzung auf 61 % in der Lewasef-Studie. Diese Idee unterstützen auch die Resultate der CombiVolt-Studie [3] des Instituts für Solartechnik an der Hochschule für Technik in Rapperswil: Lokale thermische Speicher oder Batterien werden insbesondere dann gut ausgelastet, wenn sie nach dem täglichen Verbrauch dimensioniert werden.

René Naef zeigt die Grenzen: «Je nach Bewohner unterscheidet sich der Energieverbrauch eines Hauses um bis zu 100 %. Es ist schwierig, eine Heizungsanlage optimal zu dimensionieren, damit sie auch nach Jahren noch passt.» Zudem seien Steuerungen oft falsch eingestellt: «Da muss es nur einmal zu kalt sein im Haus, schon stellt jemand die Heizkurve/die Vorlauftemperatur hoch, ohne zu kontrollieren, ob ein Ventil blockiert oder ein Radiator schlecht durchströmt ist.»

Bei einem Einfamilienhaus-Neubau oder Heizungsersatz sucht er das Gespräch mit dem Bauherrn: «Wenn ich die Anlage auf die wenigen Tage mit Spitzenverbrauch auslege, ist sie im Alltag überdimensioniert. Wenn nun aber die Spitzentage beispielsweise mit einem Schwedenofen überbrückt werden können, kann man die Anlage optimal dimensionieren.»

Unterkühlte Erdsonden

Naef ist überzeugt, dass vor allem in dicht besiedelten Gebieten die Wärmepumpen in Zukunft mit Solaranlagen kombiniert werden: «Die Wärme, die dem Erdreich über die Sonde entnommen wird, strömt kaum nach. Weniger als 1 % der Energie fliesst aus dem Erdinnern nach.» Wenn nun in einem Quartier viele Erdsonden gebohrt werden, kühlt das genutzte Erdreich langsam und stetig ab. «Sobald Temperaturen von 0 bis 1 °C erreicht werden, sollte eine Sonde regeneriert oder entlastet werden», sagt Naef.

Die Norm SIA 384/6 verlangt eine minimale Temperatur von -1,5 °C im Mittel zwischen Vor- und Rücklauf. Die Sonde sollte so ausgelegt werden, dass diese Temperatur erst nach 50 Jahren erreicht wird. Ruedi Kriesi, Maschinenbauingenieur und langjähriger Experte im Energiebereich, hat im Winter 2016/2017 die Sondentemperaturen von 90 zufällig ausgewählten Anlagen beobachtet. Davon seien etwa 30 % unterkühlt, wie er im Artikel [4] schreibt. 50 % der Sonden

du matériau. Même la consommation propre de l'installation PV ne peut pas être augmentée à volonté. Dans l'étude «Lewasef» [2] publiée en 2019, Ralf Dott et son équipe de la FHNW Muttenz ont testé la combinaison de pompes à chaleur et d'énergie solaire en laboratoire. Lorsque l'excédent de production de l'installation PV est acheminé dans le ballon d'eau chaude et dans le système de chauffage au sol, le degré d'autonomie de l'installation testée passe de 47 à 50 %.

L'isolation du bâtiment joue un rôle essentiel en ce qui concerne le stockage de l'excédent. Tandis qu'avec une isolation moyenne, le système de chauffage effectue 8 cycles thermiques par jour, 2 cycles suffisent avec une bonne isolation. Cela signifie que la commande d'un bâtiment bien isolé dispose de nettement plus de liberté pour décaler les cycles de chauffage sur les périodes présentant un excédent de production PV. Robert Diana, de Suissetec, doute qu'il soit possible d'utiliser le béton d'un bâtiment comme accumulateur de chaleur: «C'est justement avec une maison Minergie bien isolée qu'il est à peine possible d'en retirer la chaleur.» René Naef explique que des réservoirs d'eau supplémentaires permettraient de stocker la chaleur du jour pour la nuit. «Dans les maisons dotées d'un chauffage au sol, la chaleur peut être stockée dans la chape en augmentant légèrement la température ambiante.»

Des systèmes intelligents

Dans l'étude Lewasef, lorsque la charge du ballon d'eau chaude est adaptée à l'utilisation des résidents, l'autonomie passe à 61 %. Les résultats de l'étude CombiVolt [3] de l'Institut de technologie solaire de la Haute école technique de Rapperswil soutiennent aussi cette idée: les accumulateurs thermiques locaux ou les batteries sont particulièrement bien exploités s'ils sont dimensionnés en fonction de la consommation quotidienne.

René Naef précise: «Selon les résidents, la consommation d'énergie d'une maison peut varier jusqu'à 100 %. Dimensionner une installation de chauffage de manière optimale pour qu'elle reste adaptée des années est une tâche ardue.» En outre, les commandes sont souvent mal réglées: «Il suffit qu'il fasse une fois trop froid dans la maison pour que quelqu'un augmente la courbe de chauffage/la température de départ sans vérifier si une valve est bloquée ou si le flux est insuffisant dans un radiateur.»

Lors de la construction d'une maison individuelle ou du remplacement d'un chauffage, il tient à discuter avec le maître d'ouvrage: «Si je conçois l'installation sur la base des quelques jours présentant une consommation de pointe, elle sera surdimensionnée au quotidien. Mais si les consommations de pointe peuvent être couvertes, par exemple, avec un poêle suédois, l'installation peut être dimensionnée de manière optimale.»

Des sondes géothermiques trop froides

René Naef est convaincu qu'à l'avenir, les pompes à chaleur seront combinées avec des installations solaires surtout dans les zones densément peuplées: «La chaleur extraite du sol par le biais de la sonde n'est qu'à peine com-

seien im normalen Bereich. 20 % seien in einem langzeitstabilen Bereich – sie kühlen sich aufgrund von Wasserbewegungen im Untergrund kaum ab. Bei diesen Erdsonden lohnt sich eine Regeneration oder saisonale Speicherung sowieso nicht, weil die Wärme vom Wasser weggetragen würde.

Erdsonde regenerieren

Suissetec hat ein Merkblatt [5] erstellt, wie Erdsonden entlastet oder regeneriert werden können. Naef setzt gerne unverglaste Sonnenkollektoren ein, um im Sommer mit 20 bis 30 °C warmem Wasser die Sonde zu regenerieren. Diese Kollektoren seien günstig und robust. Suissetec rechnet dafür mit Investitionen von 4000 bis 8000 CHF.

Wohnung kühlen

Eine reversible Heizungsanlage, die Wärme in den Boden leiten kann, hat einen Vorteil: Die Kälte aus dem Boden kann genutzt werden, um an heissen Sommertagen das Haus zu kühlen. Wer nochmals rund 2500 CHF investiert, kann kühles Wasser durch die Bodenheizung leiten. Auch hier warnen Diana und Naef allerdings vor zu grossen Erwartungen: Wenn der Boden zu kalt wird, bildet sich Kondenswasser. «Die Raumtemperatur lässt sich nur um ca. 2 °C senken», sagt Naef. Gutensohn erklärt, dass im Notfall ein Feuchteüberwachungsschalter das Kondenswasser verhindert – wobei idealerweise die Kennwerte so gewählt würden, dass dies gar nicht eintreten könne.

Und wer nun denkt, er könne sich die Solarkollektoren sparen und die Erdsonde nur über die Fussbodenheizung regenerieren, liegt falsch. «Die Anzahl Tage mit hohen Temperaturen ist bei uns in der Schweiz schlicht zu klein, um genug Wärme im Boden zu speichern», sagt Naef. Dieses sogenannte «Free Cooling» reiche nur, um die Sonde 10 bis 15 % zu regenerieren bezüglich des Wärmeflusses übers Jahr. Zudem beisse sich das Kühlen der Wohnung mit der Regeneration per Solarthermie – während dem Kühlen ist die Regeneration ausgeschaltet.

Heutige Anlagen seien auf den Heizbetrieb ausgelegt und sollten nicht zum Kühlen missbraucht werden, findet Diana. Auch der Luftaustausch bei einer Minergie-Komfortlüftung sei zu klein, um das Haus zu kühlen. Besser sei ein kleines Kühlnetz. «Kühlung im Haus ist aber bewilligungspflichtig und die Kantone sind zurückhaltend», warnt Diana. Das Thema «Kühlen» wird auch unter Experten kontrovers diskutiert.

Fördergelder

Die meisten Kantone unterstützen den Bau von effizienten Heizungsanlagen. Als Standard für Wärmepumpenanlagen bis 15 kW wurde 2017 von Energie Schweiz und der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) das Wärmepumpen-Systemmodul entwickelt. Darin sind Geräte verschiedener Hersteller mit darauf abgestimmter Hydraulik aufgelistet. Laut Gutensohn ist es auch möglich, kombinierte Anlagen mit Photovoltaik anzumelden. Dann sind grössere Speicher zugelassen und Mischer für den Heizkreis, damit die Pufferspeicher mit höheren Temperaturen geladen werden können.

pensée. Moins de 1 % de l'énergie est récupérée des profondeurs de la Terre ». Si un grand nombre de sondes géothermiques sont installées dans un quartier, le terrain utilisé refroidit de manière lente et régulière. « Une sonde doit être régénérée ou ne plus être exploitée dès que les températures atteignent 0 à 1 °C », explique-t-il.

La norme SIA 384/6 exige une température minimale de -1,5 °C en moyenne entre l'entrée et le retour. La sonde doit être conçue de telle sorte que cette température ne soit pas atteinte avant 50 ans. Ruedi Kriesi, ingénieur en mécanique et expert de longue date dans le secteur de l'énergie, a observé au cours de l'hiver 2016/2017 les températures des sondes géothermiques de 90 installations choisies au hasard. Comme décrit dans son article [4], environ 30 % des sondes présentaient une température trop basse, 50 % se comportaient de manière normale et 20 % bénéficiaient d'une stabilité à long terme – elles ne se refroidissaient pratiquement pas en raison de mouvements d'eau dans le sous-sol. Pour ces dernières, une régénération ou un stockage saisonnier serait inutile puisque la chaleur serait emportée par l'eau.

Régénération d'une sonde géothermique

Suissetec a établi une fiche technique [5] sur la manière de délester ou de régénérer les sondes géothermiques. René Naef aime utiliser des collecteurs solaires non vitrés pour régénérer la sonde en été, avec de l'eau à 20–30 °C. Ces collecteurs sont robustes et économiques: Suissetec prévoit pour ce faire des investissements de 4000 à 8000 CHF.

Refroidir un appartement

Un système de chauffage réversible, qui peut réinjecter de la chaleur dans le sol, présente l'avantage de permettre d'utiliser la fraîcheur du sol pour rafraîchir la maison pendant les chaudes journées d'été. En investissant 2500 CHF supplémentaires, il est possible de faire passer de l'eau froide dans les conduites du chauffage au sol. Une fois encore, Robert Diana et René Naef mettent en garde contre de trop grandes attentes: si le sol devient trop froid, de la condensation se forme. «La température ambiante ne peut être abaissée que d'environ 2 °C », prévient René Naef. Rainer Gutensohn explique qu'en cas d'urgence, un interrupteur de contrôle de l'humidité empêche la formation de condensation, quoiqu'idéalement, les paramètres devraient être choisis de telle sorte que celle-ci ne puisse pas se former.

Celui qui pense pouvoir économiser sur les capteurs solaires et régénérer la sonde géothermique uniquement par le biais du chauffage au sol se trompe. « En Suisse, le nombre de jours avec des températures élevées est trop faible pour stocker assez de chaleur dans le sol », explique René Naef. Ce « free cooling » est juste suffisant pour régénérer la sonde de 10 à 15 % en matière de flux de chaleur sur l'année. De plus, le refroidissement du logement et la régénération solaire thermique s'excluent mutuellement, la régénération s'arrêtant pendant le refroidissement.

Selon Robert Diana, les installations actuelles sont conçues pour le chauffage et ne devraient pas être utilisées pour le refroidissement. Le renouvellement d'air de



Nützliche Zusatzfunktion

Im Winter lässt sich mit dem thermischen Teil des PVT-Moduls der Schnee abtauen.

Une fonction supplémentaire utile

En hiver, la partie thermique du module PVT peut être utilisée pour faire fondre la neige.

Dass es wichtig ist, die Systeme genau anzuschauen, zeigt die Combi-Volt-Studie: Eines der getesteten Systeme hatte Probleme mit der Schichtung im Warmwasserspeicher. Normalerweise liegt im Boiler das warme Wasser oben. Unten strömt das kalte nach, ohne dass sich die Bereiche vermischen. Wenn nun das Wasser mit Solarenergie am Tag aufgeheizt wird, darf es sich nicht durchmischen – sonst fließt in der Dusche nur noch lauwarmes Wasser. Bei einem weiteren System war der Standby-Verlust einer Speicherbatterie so hoch, dass der Effizienzgewinn gleich wieder zunichte gemacht wurde.

Wärmepumpe mit Inverter

Aktuelle Erkenntnisse aus der Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik fasst der BFE-Bericht von David Zogg [6] zusammen. Darin zeigt er den Unterschied von getakteten zu leistungsgeregelten Wärmepumpen. Getaktete Wärmepumpen sind entweder ein- oder ausgeschaltet. Die Leistung lässt sich nicht an die aktuelle PV-Produktion anpassen. Dazu braucht es Wärmepumpen mit Umrichter/Inverter, welche die Drehzahl des Kompressors kontinuierlich regeln können.

SG-Ready-Schnittstelle

Ein weiterer Punkt ist die Kommunikation zwischen PV-Anlage und Wärmepumpe. Von praktisch allen Geräten wird die SG-Ready-Schnittstelle unterstützt. Über zwei

l'aération double flux Minergie est également trop faible pour refroidir le bâtiment. Un petit réseau de climatisation est préférable. «Le refroidissement d'un bâtiment nécessite toutefois une autorisation et les cantons sont réticents», prévient-il. Le thème de la climatisation fait également l'objet de débats parmi les experts.

Fonds d'encouragement

La plupart des cantons soutiennent la mise en place d'installations de chauffage efficaces. Le PAC système-module a été développé en 2017 par SuisseEnergie et le Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP) en tant que standard pour les installations de pompes à chaleur jusqu'à 15 kW. Il répertorie les équipements de différents fabricants avec le système hydraulique correspondant. Selon Rainer Gutensohn, il est aussi possible de déclarer des installations combinées avec du photovoltaïque. De plus grands ballons et des mélangeurs pour le circuit de chauffage sont ainsi autorisés, afin que les accumulateurs tampons puissent être chargés avec des températures plus élevées.

L'étude Combi-Volt montre qu'il est important d'examiner attentivement les systèmes: l'un de ceux testés présentait des problèmes dans le ballon d'eau chaude. Normalement, dans le chauffe-eau, l'eau chaude se trouve en haut. L'eau froide circule en bas sans qu'elles ne se mélangent. Si l'eau est chauffée à l'énergie solaire au cours de la journée,



Aufbau

Die Rückseite eines PVT-Moduls entspricht einem unverglasten Solarthermiemodul. Die Temperaturen sind niedriger als bei verglasten Modulen und lassen sich nicht direkt für die Warmwasseraufbereitung nutzen.

Structure

La face arrière d'un module PVT correspond à un module solaire thermique non vitré. Les températures sont moins élevées qu'avec un module vitré et ne peuvent pas être directement utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire.

Kontakte können vier Zustände kommuniziert werden: gesperrt, frei (normaler Betrieb), gewünscht und erzwungen. Bei «gewünscht» sollen die Temperaturen angehoben werden, bei «erzwungen» sollen Kompressor oder elektrische Zusatzheizung sofern möglich eingeschaltet werden.

Lebensdauer des Kompressors

Die SG-Ready-Schnittstelle gibt nur rudimentäre Befehle. So besteht die Gefahr, dass die Wärmepumpe wegen vorbeiziehender Wolken oft ein- und ausgeschaltet wird und sich deswegen die Lebensdauer des Kompressors verschlechtert. Viele Hersteller entwickelten zusätzliche, proprietäre Schnittstellen, worüber sich PV und Heizung feiner abstimmen. «Der Kompressor sollte nicht ausschalten, wenn eine Wolke vorbeizieht, sondern nur die Leistung verringern und der PV-Anlage anpassen», erklärt Gutensohn. Ihre Wärmepumpen seien deshalb praktisch durchgängig mit Invertern ausgerüstet. Wegen der Lebensdauer des Kompressors rät er davon ab, die Wärmepumpe über die SG-Ready-Schnittstelle zur PV-Eigenstromnutzung anzu steuern.

Modbus TCP hat sich durchgesetzt

Als Kommunikationsprotokoll hat sich bei allen Herstellern der Modbus TCP etabliert. Die proprietären Systeme sind aber nicht kompatibel. In der Schweiz wurde deshalb der Verein SmartGridReady gegründet, um die Kommunika-

tion nicht zu unterbrechen, sondern nur die Leistung zu reduzieren. In einem anderen System, bei dem die Wärmepumpe in den Standby-Modus geht, wenn die Sonne nicht scheint, würde die Wärmepumpe nicht mehr arbeiten und die Batterie würde entladen. In diesem System, bei dem die Wärmepumpe in den Standby-Modus geht, wenn die Sonne nicht scheint, würde die Wärmepumpe nicht mehr arbeiten und die Batterie würde entladen.

Pompe à chaleur avec onduleur

Le rapport de l'OFEN rédigé par David Zogg [6] résume les constatations actuelles en matière de combinaison pompe à chaleur et photovoltaïque. Il y explique la différence entre les pompes à chaleur on/off et celles à puissance variable. La puissance des premières ne peut pas s'adapter à la production PV instantanée. Cela nécessite des pompes à chaleur avec convertisseur/onduleur qui peuvent régler en permanence le régime du compresseur.

Interface SG Ready

Un autre point: la communication entre l'installation PV et la pompe à chaleur. L'interface SG Ready est prise en charge par presque tous les équipements. Quatre états peuvent être communiqués via deux contacts: verrouillé, libre (fonctionnement normal), souhaité et forcé. Dans l'état «souhaité», les températures doivent être augmentées; dans l'état «forcé», le compresseur ou le chauffage auxiliaire électrique doivent être si possible mis en marche.

L'interface SG Ready ne donne que des ordres rudimentaires. La pompe à chaleur risque donc d'être souvent activée et désactivée en cas de passages nuageux, ce qui peut

tion über Modbus TCP zu standardisieren. Darin enthalten soll auch ein Betriebsmodus sein, der die Prognose von Verbrauch und Meteodaten mit einbezieht.

Meteodaten berücksichtigen

Die Meteodaten in die Steuerung einzubeziehen, ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten, wie Stephan Renz, Programmleiter Wärmepumpen und Kältetechnik beim BFE erklärt: «Wenn die Steuerung weiss, dass die Sonne am Nachmittag scheinen wird, kann sie warten mit Heizen. Und wenn sie weiss, dass niemand anwesend sein wird, muss sie das Warmwasser nicht erwärmen.» Bei Viessman ist man aber vorsichtig: «Was ist, wenn die Sonne nicht scheint? Niemand duscht gerne kalt! Bei uns im Rheintal gibt es bei Föhn grosse Temperatursprünge – und es ist nie sicher, ob er kommt oder nicht», erklärt Gutensohn die Skepsis. Die künftige Einbindung von Wettervorhersagen werde zurzeit geprüft.

Investitionen lohnen sich kaum

Der Entscheid, die Wärmepumpe mit Solarenergie zu kombinieren, wird heute durch den Wunsch der Bauherren getrieben. Finanziell lohnen sich Investitionen in eine Anlage zu den heutigen Energiepreisen nicht, wie die CombiVolt-Studie zeigt. Zumindest nicht für Einfamilienhäuser. Im Beispiel am Anfang des Artikels würde die Stromrechnung durch die 13% effizientere Heizungsanlage von 500 auf 445 CHF sinken für ein typisches Einfamilienhaus.

Robert Diana: «Eine Heizungsanlage mit einer richtig ausgelegten Erdsonde ist bereits eine gute Lösung. Eine Regeneration ist in diesem Fall nicht nötig. Eine effiziente Wärmepumpe holt mehr heraus. Nur wenn eine Sonde überlastet ist, lohnt sich die Regeneration.» Für Mehrfamilienhäuser werde es finanziell interessanter, sagt Michael Geissbühler. Je grösser das Gebäude oder die Überbauung, desto rentabler sei die Kombination von Wärmepumpe und Solarenergie.

Referenzen | Références

- [1] Berechnungsprogramm WPEsti zur Abschätzung der JAZ von Wärmepumpen (Konferenz Kantonalen Energiedirektoren): www.endk.ch/de/fachleute-1/hilfsmittel.
- [2] «Leistungsgeregelte Wärmepumpenanlagen mit Solar-Eisspeicher und Fotovoltaik», Schlussbericht zur LEWASEF-Studie (26. Juni 2019).
- [3] «CombiVolt – Steigerung des Photovoltaik-Eigenverbrauchs durch intelligente Wärmepumpen», Schlussbericht der CombiVolt-Studie (8. Oktober 2019).
- [4] Ruedi Kriesi, «Regeneration für den beachtlichen Anteil unterkühlter Erdwärmesonden», HK-Gebäudetechnik 5/2018.
- [5] «Erdwärmesonden: Entlastung oder Regeneration?», Suissetec-Merkblatt 5/2020.
- [6] David Zogg, «Wärmepumpen und PV – die clevere Kombination. Erkenntnisse aus der Praxis für interessierte Kunden und Installateure», BFE-Bericht vom 20. August 2020.



Autor | Auteur

Guido Santner ist freier Wissenschaftsjournalist.
Guido Santner est journaliste scientifique indépendant.
 → guido@santner.ch

réduire la durée de vie du compresseur. De nombreux fabricants ont développé des interfaces propriétaires supplémentaires permettant une meilleure harmonisation des systèmes photovoltaïques et de chauffage. «Le compresseur ne devrait pas s'arrêter au passage d'un nuage, mais seulement réduire sa puissance et l'adapter à l'installation PV», explique Rainer Gutensohn. Leurs pompes à chaleur sont donc pratiquement toutes équipées d'onduleurs. Afin de ménager le compresseur, il déconseille de piloter la pompe à chaleur via l'interface SG Ready utilisée pour la consommation propre de l'énergie PV.

Modbus TCP s'est imposé

Modbus TCP s'est établi en tant que protocole de communication chez tous les fabricants. Les systèmes propriétaires ne sont toutefois pas compatibles. En Suisse, l'association SmartGridReady a donc été fondée afin de normaliser la communication via Modbus TCP. Un mode de fonctionnement incluant la prévision de la consommation et les données météorologiques devrait y être aussi intégré.

Prendre en compte les données météorologiques

L'intégration des données météorologiques dans la commande fait actuellement l'objet de travaux de recherche, comme l'explique Stephan Renz, responsable du programme Pompes à chaleur et froid de l'OFEN: «Lorsque la commande sait que le soleil brillera l'après-midi, elle peut attendre pour activer le chauffage. Et lorsqu'elle sait que personne ne sera là, elle n'a pas besoin de produire de l'eau chaude». Chez Viessman, la prudence est toutefois de mise: «Qu'arrive-t-il si le soleil ne brille pas? Personne n'aime les douches froides! Ici, dans la vallée du Rhin, le foehn provoque de rapides changements de température et on ne sait jamais s'il y en aura ou pas», explique Rainer Gutensohn. La future intégration des prévisions météorologiques est actuellement en cours d'étude.

Les investissements ne sont guère rentables

La décision de combiner pompe à chaleur et énergie solaire est de nos jours motivée par les souhaits des propriétaires immobiliers. Comme le montre l'étude CombiVolt, investir dans une telle installation n'est pas rentable avec les prix actuels de l'énergie, du moins pas pour les maisons individuelles. Dans l'exemple cité en début d'article, l'installation de chauffage 13% plus efficace réduirait la facture d'électricité de 500 CHF à 445 CHF pour une maison individuelle typique.

Robert Diana résume: «Une installation de chauffage avec une sonde géothermique bien dimensionnée est déjà une bonne solution. Dans ce cas, une régénération n'est pas utile. Il vaut mieux avoir recours à une pompe à chaleur efficace. La régénération n'est judicieuse que lorsqu'une sonde est surexploitée.» Selon Michael Geissbühler, financièrement, cette solution est plus intéressante pour les immeubles résidentiels. Plus le bâtiment ou le lotissement est grand, plus la combinaison pompe à chaleur et énergie solaire est rentable.