

Solarthermie und Wärmepumpe

Erfahrungen aus 3 Heizperioden

Entwicklung einer solaren Systemarbeitszahl

Dipl.-Ing. (FH) Frank Thole, Dipl.-Ing. (FH) Nadine Hanke

Schüco International KG

Karolinenstrasse 1-15, 33609 Bielefeld

0521/783-9133, 0521/783-95-9133

fthole@schueco.com

www.schueco.de

Einleitung

Solarthermieanlagen und Wärmepumpen sind mittlerweile als regenerative Energieerzeuger in der Politik, in den Förderprogrammen und Markt akzeptiert und angekommen. Auch die Kombination findet immer mehr Anhänger, wobei die unterschiedlichsten Konzepte angeboten werden. Insbesondere die hydraulische und regelungstechnische Kombination auf der kalten Quellenseite der Wärmepumpe lassen Effizienzsprünge erwarten.

Seit 3 Jahren wird von der Fa. Schüco International KG ein umfangreicher Feldtest einer Solarthermie – Wärmepumpenkombination getestet.

Nach Konzeptstudien und umfangreichen Simulationen mit Parametervariationen kristallisierte sich ein erfolgsversprechendes System heraus. Aufbauend auf eine heizungsunterstützende Solarthermieanlage mit Kombispeicher wurde die Erdsonde einer Sole-Wasserwärmepumpe wie ein zweiter Speicher an die Kollektoranlagen angeschlossen.

Auf der Wärmesenkenseite wurde die Kombination zwischen Solarkombispeicher und Wärmepumpe nach einer bivalent-regenerativen Betriebsweise gesteuert. Bei Vorliegen von ausreichend Solarwärme wird die Wärmepumpe gesperrt und die Solarwärme vorrangig in das Heizsystem geleitet. Damit werden die Laufzeiten der Wärmepumpe gering gehalten und gleichzeitig stehen die niedrigen Rücklauftemperaturen jederzeit sowohl dem Solarspeicher als auch der Wärmepumpe zur Verfügung.

Für eine Absicherung dieses Konzeptes über eine Simulation hinaus sicherzustellen wurde ein umfangreicher Feldtest durchgeführt. Nach mittlerweile 3 Heizperioden kann nun hiermit dokumentiert werden, dass die hohen Erwartungen in die Vorteile dieser Kombination voll erfüllt wurden.

Systemoptimierung durch Kombination

Es besteht eine gegenseitige Optimierung, wenn man die Kombination einer solarthermischen Anlage und einer erdreichgekoppelten Sole-/Wasser-Wärmepumpe betrachtet. Grundsätzlich gilt, beide Systeme arbeiten besonders effektiv, wenn sie auf niedrigem Temperaturniveau betrieben werden. Darüber hinaus führt eine Kombination des Solarkreises mit dem Solekreis der Wärmepumpe zu einer Ertragssteigerung des Kollektorfeldes bedingt durch geringere Rücklauftemperaturen und zu einer Effizienzsteigerung bei der Wärmepumpe, da höhere Antriebstemperaturen erreicht werden und ein kleinerer Temperaturhub zwischen Wärmequellen- und Wärmesenktemperatur führt zu einer geringeren Stromaufnahme.

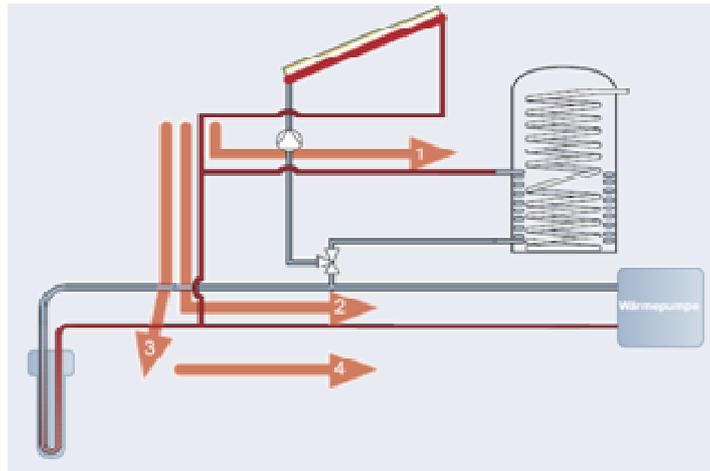
Sole-/Wasserwärmepumpen werden seit Jahren eingesetzt, jedoch hat die korrekte Sondenauslegung einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Systems, so dass unterdimensionierte Sonden zu einer erhöhten Stromaufnahme der Wärmepumpe führen. Die Leistungsfähigkeit der Sonden ist begrenzt durch die Energieströme im Erdreich, das nur durch indirekte Nutzung der Solarenergie in Form von Umgebungstemperatur, Regen, Grundwasser und dem geothermischen Wärmefluss regeneriert werden kann. Durch eine aktive Erdreichregeneration wird dieser Prozess weiter optimiert werden.

Durch Anheben der Wärmequellentemperatur um 1 K wird die Effizienz der Wärmepumpe, der COP (Coefficient of Performance) um 2,5 % erhöht. Daher haben bereits geringe Temperaturanhebungen auf der Quellenseite einen spürbaren Effekt in der Effizienz. In einem ausgekühlten Bohrloch kann die Solarenergie nahezu verlustlos gespeichert werden, einzig die elektrische Energieaufnahme der Pumpen muss in der Bilanzierung berücksichtigt werden. Seit 2006 entwickelt die Schüco International KG Komponenten für das Nullenergiehauskonzept. Insbesondere die Tieftemperaturgeeigneten Kollektoren, die bivalent-regenerative Betriebsweise und die aktive Erdreichregeneration.

Höchstleistung auch bei tiefen Temperaturen

Nach einer langen Heizperiode können Sondentemperaturen kleiner -5°C erreicht werden. Während des solaren Regenerationsbetriebes bei der die Soletemperatur unterhalb der Außentemperatur liegen kann, führt dies zu Kondensation innerhalb des Kollektors. Hierfür ist ein spezieller Kollektoraufbau notwendig. Der Schüco Wärmepumpenkollektor hat eine

spezielle Wärmedämmung und Entwässerungsöffnungen. Mit der Möglichkeit Solarenergie bei geringer Einstrahlung und niedriger Temperatur nutzen zu können, erhöht sich der spezifische Kollektorsertrag um etwa 10 % und es werden Solarerträge größer 600 kWh/m²a erreicht. Die notwendige Kollektortemperatur zur Speicherbeladung liegt zwischen 25 °C und 110 °C bei einer Einstrahlung größer 250 W/m². Das Erdreich kann mit Temperaturen kleiner 15 °C bei sehr geringer Einstrahlung solar regeneriert werden: Kostenlose Energie die sonst auf dem Dach „verpuffen“ würde.



Vier Wege der Solarenergienutzung:

1. Direkte Nutzung der Solarenergie bei ausreichenden Temperaturen im Kombispeicher zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung.
2. Solare Unterstützung der Wärmepumpe durch Anheben des Temperaturniveaus im Solekreis.
3. Regeneration des Erdreiches bei Wärmepumpenstillstand und Solarertrag (bis zu einer Kollektortemperatur von 12 °C bzw. bis zur ungestörten Erdreichtemperatur)
4. Langfristig höheres Temperaturniveau in der Wärmequelle bei Entzug durch die Wärmepumpe.

Durch die Integration einer passiven Kühlstation kann das System im Sommer das Haus mit geringen Investitions- und Betriebskosten kühlen. Die Wärmepumpe ist im Kühlbetrieb abgeschaltet.

Zur Überprüfung der mittels Simulationen ermittelten Regelstrategie wurden die Solar-Wärmepumpenkombination in ausgewählten Pilotanlagen innerhalb eines Feldtests über drei Heizperioden 2007/2008 , 2008/2009 und 2009/2010 messtechnisch begleitet.

Zur Erfassung der einzelnen Energiemengen, die die Grundlage der Systembilanzierungen bilden, wurden die Anlagen bereits während der Heizungsinstallation mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. Die Messungen umfassen darüber hinaus, Sensoren für:

- Solare Einstrahlung
- Außentemperatur
- Temperaturverläufe im Erdreich
- Verlauf der Wärmequellentemperaturen (Sondenvorlauf)
- Elektrische Leistungsaufnahme des Verdichters
- Pumpenlaufzeiten

Feldtestergebnisse aus 3 Heizperioden

Eine Auskühlung der Erdsonde über die Heizperioden konnte erfolgreich verhindert werden. So betragen die Vorlauftemperaturen zu keinem Zeitpunkt Werte unterhalb von 2°C. Die Sondentemperatur erreicht nach 12 Monaten exakt den gleichen Wert wie zu Beginn der Messung.

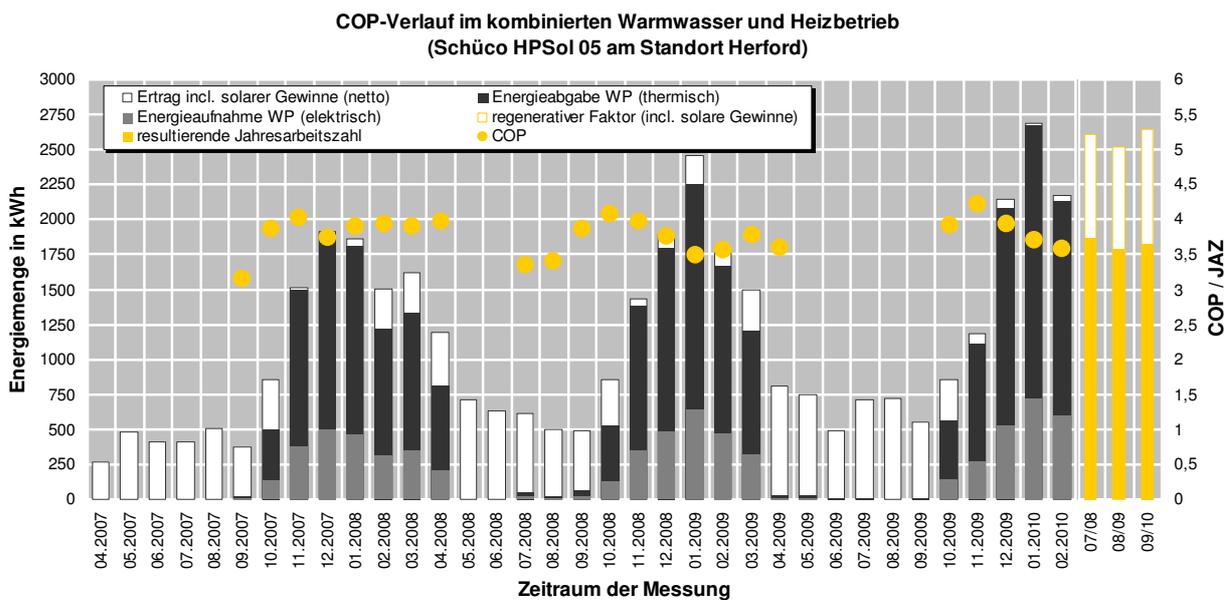
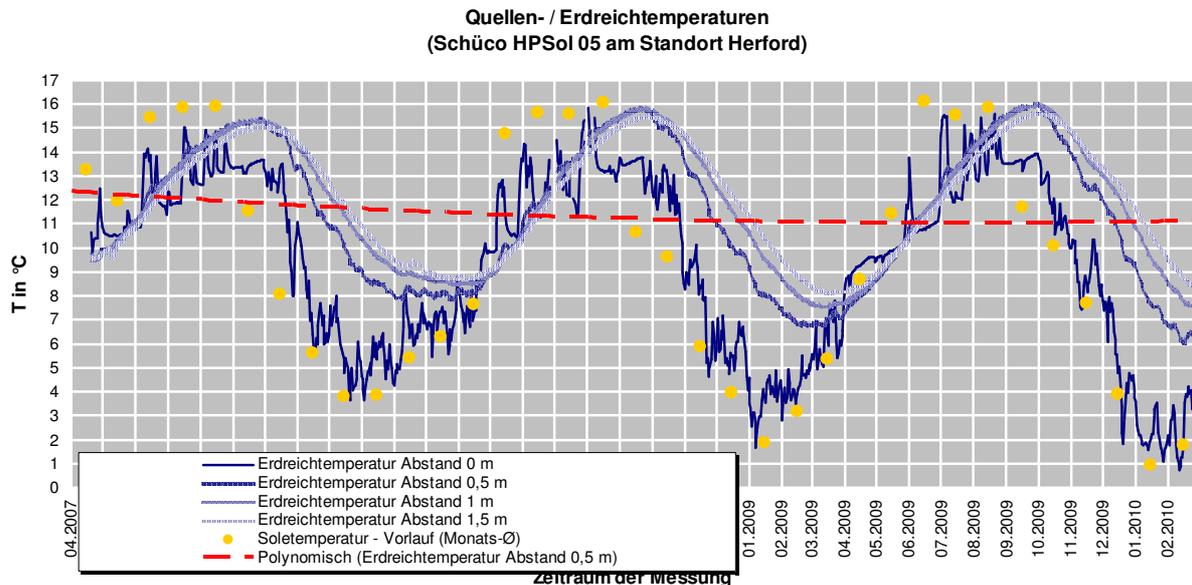
Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe entspricht der Berechnung nach VDI 4650 mit einer durchschnittlichen Sondentemperatur von 5°C. (Grundlage für die Berechnung mit Erdwärmesonden sind 2°C, für Flächenkollektoren 0°C). Die Systemarbeitszahl konnte durch die solaren Gewinne um durchschnittlich 35 % erhöht werden und bestätigt damit die mit den Simulationsergebnissen erstellten Prognosen. Die Jahresarbeitszahl der in dem Niedrigenergiehaus-Neubau eingesetzten 5 kW Wärmepumpe beträgt gemäß Simulation ohne Solarkopplung für den reinen Heizbetrieb 4,1. Die Solar-Wärmepumpenkombination erreicht simuliert wie mess-technisch ermittelt eine Systemarbeitszahl inklusiv solarer Gewinne von über 5 bedingt durch:

- durchschnittlich höherer Soletemperatur im Wärmepumpenkreis
- geringere Wärmepumpenlaufzeit
- direkter Solarenergienutzung im bivalent regenerativen Betrieb, dadurch verringerter elektrischer Energieaufwand der Wärmepumpe (durchschnittlich geringere elektrische Energieaufnahme von 25%).

Die Systemarbeitszahl wurde als Quotient aus den Energieträgern von Wärmepumpe und Solaranlage (Nettosolarertrag) und dem Energieaufwand des Wärmepumpen- und Solarpumpenbetriebs ermittelt.

Der Verlauf der Sondentemperatur bestätigt die konstante solare Erdreichregeneration bei geringen solaren Einstrahlungen auch im Winter und Frühjahr. Die Kollektortemperatur für die Regeneration im Sommer wurde in

Abhängigkeit von der ungestörten Erdreichtemperatur und für einen optimierten Pumpenstrombedarf auf 12°C begrenzt.



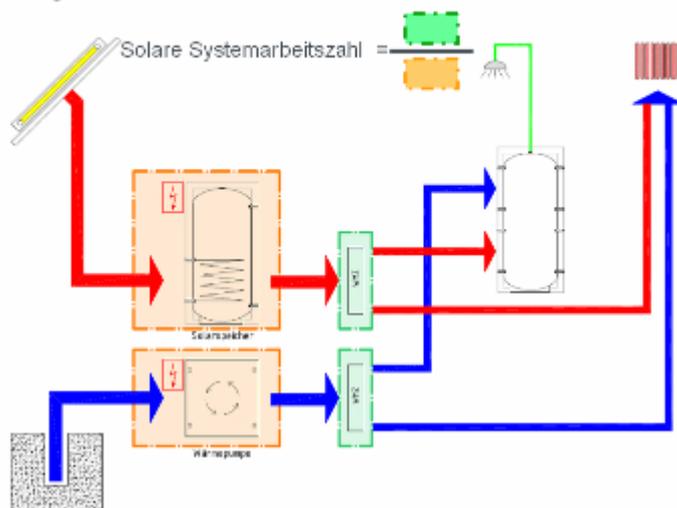
Definition einer solaren Systemarbeitszahl

Für eine ganzheitliche Bewertung des Systems wurde die Methodik zur Berechnung der solaren Systemarbeitszahl ($\beta_{WP+Solar}$) entwickelt. Grundlage dieses Bewertungsansatzes ist die Berechnung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (β_{WP}) und der Jahresarbeitszahl für die solare Energiebereitstellung (β_{Solar}) sowie einer anschließenden anteiligen Gewichtung beider Kennwerte an der Gesamtenergiebereitstellung (a und b). Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (β_{WP}) wird aufgrund der nachweislich höheren durchschnittlichen Sondentemperatur durch die aktive

Erdreichregeneration gemäß VDI 4650 mit einer Sondentemperatur von 5°C berechnet. Die Jahresarbeitszahl der solaren Energiebereitstellung ergibt sich ausgehend von der Berechnung des Nettosolarertrages gemäß DIN V 4701-10 und der ebenfalls aus der DIN V 4701-10 abgeleiteter Berechnung zur Bestimmung der elektrischen Energieaufnahme der Solarkreispumpe. Zur Gewichtung beider Kennwerte wird der relative Anteil (a und b) der beiden Energiequellen an der Gesamtenergiebereitstellung ermittelt.

Solare Systemarbeitszahl

Berechnungsansatz



Das erfolgt für die Wärmepumpe aus der Berechnung der aufgenommenen elektrischen Energie ermittelt aus der Jahresarbeitszahl und der insgesamt von der Wärmepumpe bereit gestellten Energie (Gesamtenergiebedarf z.B. aus dem Wärmeschutznachweis beim Neubau oder aus dem Gebäudeenergiepass beim Altbau abzüglich des Nettosolarertrages). Der relative Anteil der solaren Energiebereitstellung ergibt sich aus dem Quotienten aus Nettosolarertrag und der ermittelten solaren Jahresarbeitszahl.

Referenzen:

- [1] Thole, Frank, "Combination of Solar Thermal Energy, Heat Pump and Photovoltaics", 4th European Solar Thermal Energy Konferenz 2009, München
- [2] Thole, Frank, "Solare Systemarbeitszahl für Solarthermie – Wärmepumpen – Kombinationen, 2. Solarthermieteknikerkonferenz, Berlin 2010
- [3] Thole, Frank, „Das Nullenergiehaus, Kombination aus Solarthermie, Wärmepumpe und Photovoltaik, 1. Symposium Solar-Aktivhaus, Krems 2009