

HEIZEN MIT SONNE, LUFT UND EIS

DIE ZUKUNFT DER WÄRMEVERSORGUNG



Quelle: Architekt Schmeider in Tübingen

Bild 1: Ausgezeichnetes Gebäude mit solarer Wärmepumpe

Die Kombination von Solarenergie und Wärmepumpen ist im Grunde nichts Neues. Schon während der ersten Energiekrise, in den 70'er Jahren, gab es Energiezäune und Energiedächer, die Sonnenstrahlung in Verbindung mit Luftwärme und Wärmepumpen genutzt haben. In letzter Zeit sind zudem solar regenerierbaren Erdsonden und mit Wasser-/Eisspeichern als weitere Varianten hinzugekommen. Bei manchen dieser Systeme wird die Effizienz von Experten angezweifelt. Bei anderen konnte jedoch eine wesentlich verbesserte Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden. Heute sind solare Wärmepumpen-Heizsysteme auf dem Markt, die mit teilweise sehr geringen Betriebskosten eine vollständige Warmwasser- und Heizwärmeversorgung in Nord- und Südeuropa ermöglichen und damit eine echte Alternative zu anderen Wärmepumpen darstellen.

Warum bringt die Kombination mit der Sonne Vorteile?

Neben der Nutzung aus Grundwasser bietet sich als Niedertemperatur-Wärmequelle für eine Wärmepumpe das Erdreich über Sondenbohrungen, über Erdreich-Wärmetauscher in der Nähe der Erdoberfläche oder aber die Umgebungsluft an. Da alle Arten dieser Wärmequellen neben Vorteilen auch Einschränkun-

gen und Nachteile haben, kommt mit der Sonne eine sehr interessante zusätzliche Wärmequelle hinzu. Solare Wärmepumpen sind praktisch immer eine Kombination von mehreren Energiequellen, da die Sonne nicht ganzjährig zur Verfügung steht und die saisonale Energiespeicherung sehr kostenintensiv wäre.

Alle Wärmepumpen arbeiten auf Grund der thermodynamischen Gesetze bei tiefen Quellentemperaturen mit geringerer Effizienz was gleichbedeutend ist mit einem erhöhten Stromverbrauch. Wenn die Wärmequellentemperatur (bei Luft-Wärmepumpen die Außentemperatur) unter $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sinkt, ist ein Betrieb vieler Wärmepumpen nicht mehr möglich. Es kann und muss dann direkt und teilweise vollständig mit Strom geheizt werden.

Sehr kalte Tage und Nächte entstehen in der Regel in Verbindung mit einem klarem Himmel, da sich die Erde wegen der fehlenden Wolken über die Wärmestrahlung in das Weltall am stärksten abkühlt. An diesen Tagen scheint dann meist die Sonne und diese liefert als Wärmequelle bei solaren Wärmepumpen wesentlich höhere Temperaturen als die sehr kalte Umgebungsluft. Dies ist ein Grund für die teilweise wesentlich höhere Effizienz und damit den deutlich geringeren Stromverbrauch der solaren Wärmepumpen im Vergleich zu Luftwärmepumpen.

Ist die Biomasse-Heizung nicht die bessere Lösung?

Biomasse-Heizungen, meist mit Holz in Form von Stückholz, Hackschnitzel oder Pellets sind attraktive Lösungen für die Wärmeversorgung. Von der Entstehung bis zur Zersetzung, egal ob über Verrottung oder Verbrennung, sind sie CO_2 -neutral d.h., das beim Wachstum gebundene CO_2 wird bei der späteren Zersetzung 1:1 wieder freigesetzt. Für die Bereitstellung als Brennstoff fallen jedoch in der CO_2 -Bilanz noch der Transport, die Aufbereitung oder die Weiterverarbeitung z.B. zu Pellets und auch beim Anfeuern teilweise noch Strombedarf an, die in der CO_2 -Bilanz berücksichtigt werden müssen.

An dieser Stelle soll die unregelmäßige Verbrennung von Stückholz in Öfen wegen der hohen Emissionen von CO , NO_x und Feinstaub nicht als Zukunftslösung diskutiert werden. Feuerungstechnisch gut geführte Pelletskessel hingegen liegen mittlerweile mit $55\text{ g CO}_2/\text{kWh}_{\text{Nutz}}$ bei einem angenommenen Jahresnutzungsgrad von 75 % auch im Hinblick auf die anderen Emissionswerte in Bereichen, die auch mit Öl- oder Gaskesseln vergleichbar sind.

Über Biomasse werden jährlich etwa 10 % des Heizwärmebedarfs in Deutschland gedeckt. Auch wenn der Anteil durch veränderte Nutzung der Biomasse vergrößert werden kann – z.B. 30 % in Österreich – ist der nachhaltig nutzbare Anteil an jährlich anfallender Biomasse in Deutschland begrenzt. Biomasse in Pelletskesseln zu nutzen ist folglich ein sinnvoller Baustein im Energiemix der Zukunft, kann aber auf keinen Fall als alleinige Lösung der Wärmeversorgung angesehen werden. Wärmepumpen die mit Strom betrieben werden, unterliegen dieser Einschränkung hingegen auf Grund der Vielzahl der Energiequellen, mit denen Strom erzeugt werden kann, nicht.

Wohin geht die Entwicklung bei den Wärmepumpen?

In den letzten Jahren hat sich der Trend zu Luftwärmepumpen verstärkt. Wasser- und Sole-Wärmepumpen die mit

Erdsonden arbeiten, verlieren in Deutschland und anderen europäischen Ländern Marktanteile. Dies hängt mit einer Reihe von Ursachen zusammen. Verschiedene Ereignisse sind durch die Presse gegangen, weil es durch Sondenbohrungen zu Schäden an Gebäuden, teilweise in ganzen Ortschaften (z.B. Staufen in Südbaden) gekommen ist. Darüber hinaus haben auch zunehmend verschärfte Gesetze dazu beigetragen, dass es immer schwieriger wird, Genehmigungen für Wärmepumpen mit Tiefenbohrungen oder mit Sole als Wärmeträger zu erhalten. Als Folge dessen steigen die Investitionskosten für den erhöhten Aufwand, sowie für Gutachten während die öffentliche Akzeptanz sinkt.

Gleichzeitig sind Luft-Wärmepumpen flexibler einsetzbar und durch technische Verbesserungen im Vergleich zu früher zuverlässiger und effizienter geworden. Auch liegen deren Investitionskosten meist deutlich unter denen der Erdsonden-Wärmepumpen.

Warum leisten Luft-Wärmepumpen zu kleine Beiträge für den Klimaschutz?

Trotz technischer Innovationen in den letzten Jahren (z.B. durch leistungsge-regelte Kompressoren, elektronisch ge-regelte Expansionsventile) haben Luft-Wärmepumpen über das Jahr gesehen keine hohe Effizienz. Die mittleren Systemjahresarbeitszahlen, also das über das Jahr gemittelte Verhältnis aus erzeugter Nutzwärme und dem dafür nötigen gesamten Strombedarf liegen bei den meisten Luft-Wärmepumpen in der Praxis nach verschiedenen Untersuchungen ²⁾ ³⁾ ⁴⁾ noch deutlich unter dem Wert 3. In Verbindung mit äquivalenten Treibhausgas-Emissionen die sich nach einem anerkannten Verfahren (GEMIS) berechnen lassen, ergibt sich nach den Vorhersagen der Bundesregierung für Strom der aus dem lokalen Stromnetz deutscher Kraftwerke bezogen wird im Mittel für das Jahr 2015 pro Kilowattstunde Wärme ein voraussichtlicher äquivalenter CO₂-Ausstoß von 500 gCO₂Äq/kWh ⁵⁾. Im Jahre 2020 sollen 400 gCO₂Äq/kWh erreicht werden. Für folgende Betrachtung wurde mit dem Wert für 2015 gerechnet.

Bei Berücksichtigung der entsprechenden Systemjahresarbeitszahlen und einem Kessel-Nutzungsgrad von 85 % lassen sich für fossil befeuerte Kessel ⁶⁾ bzw. für Wärmepumpen folgende Werte ermitteln:

- Systemjahresarbeitszahl einer solaren Wärmepumpe: 5,0 ergeben 100 gCO₂Äq/kWh Nutzwärme (über Simulation ermittelte Systemjahres-

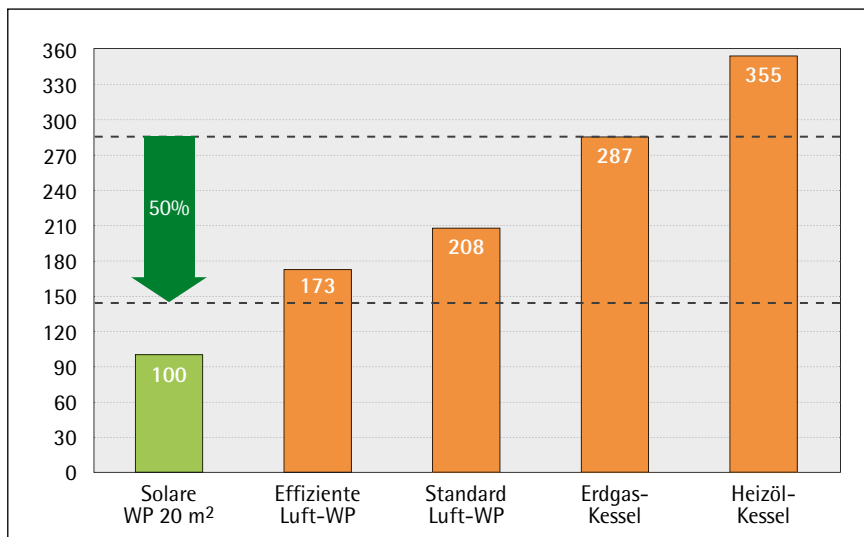


Bild 2: CO₂ Äquivalente in g/kWh Heizwärme für verschiedene Wärmeerzeugungssysteme

arbeitszahl von 5,0 ⁷⁾, im Feldtest der Agenda-Gruppe Lahr wurde eine Systemjahresarbeitszahl von 5,6 gemessen ⁸⁾)

- Systemjahresarbeitszahl einer effizienten Luftwärmepumpe: 2,89 ergeben 173 gCO₂Äq/kWh Nutzwärme ⁹⁾
- Systemjahresarbeitszahl einer Standard Luft-Wärmepumpe: 2,4 ergeben 208 gCO₂Äq/kWh Nutzwärme ¹⁰⁾
- Gas-Brennwertgeräte haben einen CO₂ Ausstoß von 287 gCO₂/kWh Nutzwärme und Öl-Brennwertgeräte haben einen CO₂ Ausstoß von 355 gCO₂ /kWh Nutzwärme ¹⁾

Um im Mittel auch über die Heiztechnik die angestrebten Klimaziele der Bundesregierung einer CO₂-Reduktion von 40 % bis 2020 im Vergleich zu 1990 zu erreichen, bedarf es für einzelne Maßnahmen deutlich effizienterer Lösungen als die 40 % Einsparung. Als Orientierung sind in Bild 1 50 % im Vergleich zu den Emissionen eines Gas-Brennwertkessels dargestellt. Es wird deutlich, dass Luft-Wärmepumpen für den Klimaschutz keine ausreichenden Beiträge liefern, das Ziel über heiztechnische Maßnahmen zu erreichen.

Warum haben solare Wärmepumpen deutliche Vorteile?

Da solare Wärmepumpen sich mehrerer Wärmequellen bedienen, haben sie das Potenzial, deutlich effizienter eine Haus-Wärmeversorgung d.h. mit positiven Beiträgen zum Klimaschutz und einem geringeren Stromverbrauch bzw. sehr geringen jährliche Wärmekosten sicherzustellen. Die Folge sind darüber hinaus auch geringere Kraftwerks-Kapazitäten zu Spitzenlastzeiten.

Sommerbetrieb: Im Sommer arbeitet im Vergleich zu anderen Wärmepumpen bei solaren Wärmepumpen mit leistungsfähigen Kollektoren meist nur die Solar-Umwälzpumpe mit sehr geringem Stromverbrauch. Die Wärmepumpe läuft in dieser Zeit nicht, was sich positiv auf ihre Lebensdauer auswirkt.

Winterbetrieb: Vor allem im Winter spielen solare Wärmepumpen ihre Vorteile aus, da der Strombedarf bei Luftwärmepumpen an sehr kalten Tagen sehr hoch ist. Die solaren Wärmepumpen können hingegen durch die Mitarbeit der Sonne noch effizient arbeiten.

Wie funktionieren solare Wärmepumpen?

Je nach Konstruktion des Kollektors einer solaren Wärmepumpe kann die gewonnene Sonnenwärme direkt für die Heizung verwendet werden oder sie kann über eine Wärmepumpe nutzbar gemacht werden. Manche Systeme sind mit Erdsonden oder Luftgeräten im Garten kombiniert.

Für eine maximale Solarnutzung muss der Kollektor für anfallendes Kondensat aus der Luft und für dessen Frostbildung ausgelegt sein. Ein Beschlagen der Kollektorscheiben und sogar Eisbildung entstehen durch diese ertragssteigernde Betriebsweise. Solche Kollektoren können durch den Betrieb bei wesentlich geringeren Wärmeträger-Temperaturen mit gleicher Fläche in den Wintermonaten wesentlich mehr Solarenergie ernten. Im Vergleich zu gleich großen konventionellen Kollektoren, die höhere direkt nutzbare Temperaturen liefern (und mit konventioneller Speichertechnik betrieben werden), lässt sich aus der winterlichen Solarstrahlung etwa 50 % mehr Wärme gewinnen.

Wird noch ein Lüfter integriert, kann der Wärmeertrag in den Wintermonaten

Quelle: Consolar

Beispiel: Solare Wärmepumpe von Consolar

- Bei Sonnenschein wird die im Kollektor gewonnene Wärme genutzt, um den Wärmespeicher direkt zu erwärmen. Bei genügend Wärmeeintrag kann damit der Bedarf an Warmwasser und Heizwärme vollständig gedeckt werden.
- Wird mehr Energie benötigt, als im Wärmespeicher zur Verfügung steht, schaltet sich die Wärmepumpe ein; sie bezieht dann ihre Niedertemperaturwärme von den Hybridkollektoren, die sie entweder über Solarstrahlung oder – bei bedecktem Himmel – aus der Luftwärme bereit stellen. Die Wärmepumpe wandelt die Niedertempe-
raturenergie in nutzbare Wärme für Heizung und Warmwasser um.
- Wenn die Sonne nicht scheint und die Außentemperaturen sehr tief sind, entzieht die Wärmepumpe dem Wasser-/Eisspeicher Niedertemperaturenergie. Dadurch wird das Wasser im Wasser-/Eisspeicher eingefroren.
- Wenn die Wärmepumpe ausgeschaltet ist oder weniger Niedertemperaturenergie benötigt als die Hybridkollektoren liefern, wird diese in den Wasser-/Eisspeicher geleitet; das Eis taut dabei auf.
- Damit ist das Haus 24 Stunden mit Wärme versorgt – egal ob im Sommer oder Winter.

sogar auf das vierfache erhöht werden, da der Kollektor gleichzeitig auch als Luft-Wärmetauscher arbeitet. Solche sogenannten Hybridkollektoren sind die einzige Wärmequelle der solaren Wärmepumpe und eine Aufstellung von Luft-Wärmetauschern im Garten kann ganz entfallen.

Für die nächtliche Beheizung der Häuser bedarf es der Energiespeicherung auf einem für Wärmepumpen günstigen Temperaturniveau. Hier bieten sich Wasser-/Eisspeicher an, da bei dessen Gefrierpunkt noch gute Wärmepumpenwirkungsgrade

erreicht werden. Darüber hinaus kann nicht nur Sonnenenergie sondern auch die in der Luft enthaltene Kondensationsenergie gespeichert werden. Beim Gefrierpunkt von Wasser liegt für beide Aspekte ein Optimum vor. Voraussetzung ist allerdings, dass der Wärmeübergang vom Wasser/Eis zur Wärmeträgerflüssigkeit mit sehr geringen Temperaturdifferenzen funktioniert, damit die Wärmepumpe tatsächlich mit Temperaturen bei ca. 0°C betrieben werden kann und nicht etwa bei -10°C. Dies ist in der Praxis nur bei sehr wenigen Systemen gegeben, da dies

besonders hohe Anforderungen an den Wärmetauscher stellt. Im Vergleich dazu: Die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit bei Erdreich-Wärmepumpen liegt ebenfalls aufgrund des Wärmeübergangs von der Erde zu Flüssigkeit und der Auskühlung der Erde im Bereich 0°C.

Mit einem Wasser-Eisspeicher ist es somit möglich, dass die Wärmepumpe Nutzttemperaturen für die Überbrückung einer kalten Nacht mit geringem Stromverbrauch zur Verfügung stellen kann.

Die notwendige Größe eines Wasser-Eisspeichers hängt von der Kollektorkonstruktion ab. Liefern sie im Mittel täglich genug Energie, um die Wärmepumpe zu versorgen, reicht ein Speichervolumen von ca. 300 l. Damit die Kollektoren im Winter täglich genug Energie liefern, stellen sich besondere Anforderungen an den Kollektoraufbau und die Regelungstechnik z.B. für das automatische Abrutschen von Schnee.

Wichtig für einen stromsparenden Betrieb ist es auch, dass die Wärmepumpe im Extremfall bis zu tiefen Temperaturen (-15 K) arbeitet statt auf E-Heizstabbetrieb umzuschalten.

Ist die tägliche Kollektorente zur Beladung des Wasser-/Eisspeichers aufgrund der Kollektorkonstruktion nicht sichergestellt (z.B. wegen zu geringer Effizienz oder mehrtägiger Bedeckung mit Schnee), werden wesentlich größere Speichervolumina benötigt, mit denen auch Schlechtwetterperioden überbrückt werden können. Solche Systeme sind z.B. als Betonspeicher zum Vergraben im Garten auf dem Markt erhältlich.

Als Wärmeverteilung im Haus bieten sich wie bei allen Wärmepumpen meist Niedertemperatursysteme wie z.B. Fußboden- oder Wandheizungen an, die mit maximal 40 Grad Vorlauftemperatur effizient arbeiten. Manche Systeme lassen unter Inkaufnahme eines höheren Stromverbrauchs oder bei Nutzung einer weiteren Wärmequelle auch höhere Vorlauftemperaturen zu. Möglich ist dies z.B. über die Kombination der Wärmepumpe mit einem Bestandskessel, der nur bei sehr kalten Außentemperaturen zugeschaltet wird.

Zusammenspiel mit Photovoltaik

Es bietet sich an, Strom aus Photovoltaik-Anlagen für solare Wärmepumpen einzusetzen. Dies bringt neben der Möglichkeit der besseren Nutzung des selbst erzeugten Stroms im Vergleich zur Kombination mit Luft-Wärmepumpen Vorteile. In der sonnenarmen Zeit im Winter werden auf Grund der höheren Effizienz der solaren Wärmepumpen weniger Spitzenlast-Stromreserven der Kraftwerke benötigt.

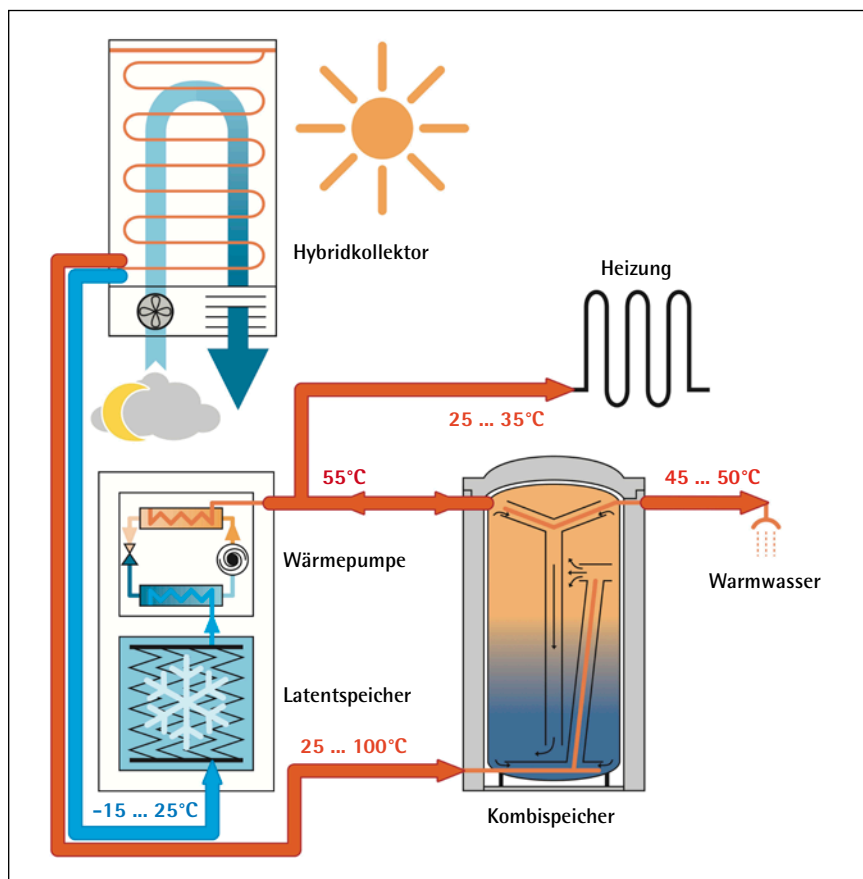


Bild 3: Funktionsgrafik Solare Wärmepumpe zur Warmwasser- und Heizwärme-Versorgung

Quelle: Consolar

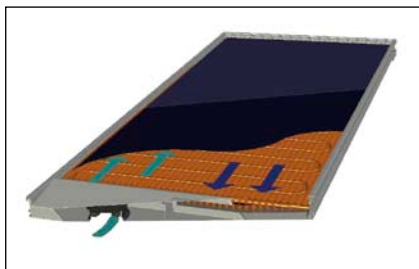


Bild 4: Beispiel für einen kondensatfesten Hybridkollektor mit Lüfter

Quelle: Consolar

Über einen großen Pufferspeicher lässt sich der Eigenverbrauch noch deutlich steigern, da dann mit dem Sonnenstrom auf Vorrat für den Abend und die Nacht geheizt werden kann. Solarstrom wird somit in Form von Wärme gespeichert. Dies ist eine interessante und sehr kostengünstige Alternative zu Stromspeichern. Speziell bei solaren Wärmepumpen ist diese Kombination effektiv: Wenn die Wintersonne scheint, arbeiten sowohl die PV-Module als auch die solare Wärmepumpe sehr effizient, so dass im Vergleich zu einer Luft-Wärmepumpe viel mehr Wärme produziert und gespeichert werden kann.

Solare Wärmepumpen und Solarstrom ergänzen sich perfekt und versprechen bei kleinerer PV-Modulfläche eine bessere jährliche Verteilung der Stromlast und damit geringere Investitionskosten für Infrastruktur und für Spitzenlast-Kraftwerksreserven.

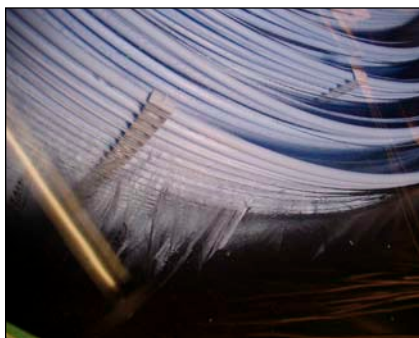


Bild 5: Gefriervorgang im Wasser-/Eisspeicher

Quelle: Consolar

Hohe Förderung für solare Wärmepumpen im Altbau

Im Altbau hat der Gesetzgeber in Deutschland mit der letzten Novelle der Förderinstrumente über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ¹¹⁾ seit März 2013 weiter verbesserte Randbedingungen geschaffen. Das KfW-Programm 167 ermöglicht zusätzlich zum Zuschuss über das BAFA ¹²⁾ ein Darlehen zu Vorzugskonditionen für die Investition mit Planungs-, Installations- und Materialkosten.

Das BAFA gewährt Zuschüsse für besonders effiziente solare Wärmepumpen, die auf Anfrage mitgeteilt werden. Die Systeme werden gleichzeitig als solarthermische Anlage und als Wärmepumpe und somit doppelt gefördert. Im Neubau ist nur in Sonderfällen z.B. ab 3 Wohneinheiten und in Verbindung mit mindestens 20 m² Kollektorfläche eine Förderung möglich. Im Altbau ist die Förderung meist möglich und beginnt je nach System ab 5.400 EUR. Bei einer starken energetischen Sanierung des Gebäudes kann sie bis über 10.000 EUR betragen.

Fußnoten

- 1) IWU, Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen, 2009
- 2) Agenda-Gruppe 21 (normale WP 2006-2008), siehe SONNENENERGIE 5/2009, 5/2010
- 3) Agenda-Gruppe 21 (innovative WP 2008-2013), siehe SONNENENERGIE 2/2011, 6/2011
- 4) Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb, Dipl.-Ing. Marek Miara Dipl.-Wi.-Ing. (FH) Danny Günther Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kramer Dipl.-Ing. Thore Oltersdorf Dipl.-Ing. (FH) Jeannette Wapler, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Mai 2011
- 5) Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2012, IINAS-Kurzbericht, Oktober 2013
- 6) Stiftung Warentest 2009, S. 65 (Annahmen des ITW für die Simulation von kombinierten Solaranlagen)
- 7) ITW-Testbericht 2008, Simulationsstudie Solare Wärmepumpensystem zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung 07SIM109/1.
- 8) Lokale Agenda Gruppe 21 Lahr, B-Nr. 2401, Dr. Falk Auer, Herbert Schote, Juni 2014
- 9) Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb, Dipl.-Ing. Marek Miara Dipl.-Wi.-Ing. (FH) Danny Günther Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kramer Dipl.-Ing. Thore Oltersdorf Dipl.-Ing. (FH) Jeannette Wapler, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Mai 2011
- 10) Agenda-Gruppe 21 (normale WP 2006-2008 und innovative WP 2008-2013), siehe SONNENENERGIE 5/2009, 5/2010, 2/2011, 6/2011
- 11) KfW-Förderprogramm 167 [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Ergaenzungskredit-\(167\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Ergaenzungskredit-(167)/)
- 12) BAFA Förderung Solarthermie http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/solarthermie/ und BAFA Förderung Wärmepumpen http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/waermepumpen/index.html

ZUM AUTOR:

► *Dipl.-Ing. Andreas Siegemund*
Geschäftsführer bei Consolar, verantwortlich für die Bereiche Marketing und Vertrieb

a.siegemund@consolar.de

NUMANN LANG

Rechtsanwälte

Gewerblicher Rechtsschutz.
Grüne Energie.

green-energy.nuemann-lang.de

Berlin
Askanischer Platz 4, D-10963 Berlin

Karlsruhe
Kriegsstraße 45, D-76133 Karlsruhe

T + 49 721 - 570 40 93-0
F + 49 721 - 570 40 93-11

www.nuemann-lang.de
info@nuemann-lang.de

Inhouse-Workshops zur EEG-Reform:



- Änderungen für Bestands- und Neuanlagen
- neue Geschäftsmodelle
- PV-Mieten statt Stromverkauf
- Ausschreibungsverfahren für Freiflächenanlagen

