

Feldtestergebnisse im Rahmen der „Initiative Gaswärmepumpe“

Vorwort

Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Klimaschutz sind aktuelle Herausforderungen unserer Gesellschaft, nicht nur im Hinblick auf die Energiewende. Neben der Industrie betreffen sie vor allem Privathaushalte, das Gewerbe, den Handel und das Dienstleistungswesen – denn in Deutschland entfallen knapp 40 % der für Gebäudebeheizung und Brauchwassererwärmung genutzten Endenergie auf diese Bereiche.

Die Mitglieder der „Initiative Gaswärmepumpe“:



Hier setzt die Technologie Gaswärmepumpe an: Durch sie werden die Vorteile bewährter Gas-Brennwertheizungen mit denen erneuerbarer Energien verknüpft. Um die Entwicklung, Positionierung und Markteinführung von Gaswärmepumpen insbesondere für Ein- und Zweifamilienhäuser in Deutschland voranzutreiben, gründeten führende deutsche Gasgerätehersteller und Energieversorgungsunternehmen bereits Anfang 2008 die „Initiative Gaswärmepumpe“ (IGWP). Als regionaler Energieversorger, der sich seit Jahren umfassend in der Entwicklung und für den Einsatz effizienter Heizungstechnologien engagiert, beteiligte sich die Energie Südbayern GmbH (ESB) mit Hauptsitz in München an den bundesweiten Feldtests der IGWP und investierte bisher über 567.000 Euro.

Im Rahmen der jüngsten Feldteststudie zur technologischen Untersuchung von Zeolith-Gaswärmepumpen hat ESB in ihrem Erdgasgrundversorgungsgebiet acht Standorte mit Einfamilienhäusern ausgewählt und dort jeweils vier aktuelle Gaswärmepumpen des Herstellers Vaillant sowie zurzeit drei Gaswärmepumpen des Herstellers Viessmann installiert. Ziele des Feldtests waren der Nachweis der Betriebssicherheit und die Untersuchung des wirtschaftlichen Betriebsverhaltens ebenso wie die Optimierung der Bedienfreundlichkeit für den Endkunden.

Durch die Kombination wirtschaftlicher, ausgereifter Brennwerttechnik mit nutzbarer Umweltenergie aus thermischen Solaranlagen oder Erdwärme eröffnet die Zeolith-Technologie speziell Einfamilienhausbesitzern neue Perspektiven für eine effiziente Wärmeversorgung. So war die Resonanz der Feldtestteilnehmer durchweg positiv. Zudem konnte den Anlagenkomponenten eine hohe Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit bestätigt werden: Während der gesamten Testphase kam es bis heute zu keiner Störung an den eingesetzten Gaswärmepumpen, die die Wärmeversorgung beeinträchtigte.

Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das Gerät Vitosorp 200-F des Herstellers Viessmann, dessen Markteinführung noch in diesem Jahr vorgesehen ist.

Energie Südbayern GmbH

Andreas Ludeck

Technischer Leiter Neue Technologien am 11.03.2013

Feldtestergebnisse der Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F von Viessmann

Eine zukunftsfähige, das heißt sichere und bezahlbare Energieversorgung sowie die Begrenzung des Klimawandels machen den Einsatz möglichst effizienter Technologien und die verstärkte Nutzung regenerativer Energien unabdingbar. Dies gilt besonders für die Wärmeerzeugung, die in Deutschland mit etwa 40 % den größten Anteil am gesamten Energieverbrauch trägt.

Die bisher effizienteste Technologie zur Wärmeerzeugung, die Brennwertechnik für Gas und Öl, wandelt mit Nutzungsgraden bis 98 % H_2 die im Brennstoff enthaltene Energie beinahe vollständig in nutzbare Wärme um. Weitere Effizienzsteigerungen ermöglichen gasbetriebene Wärmepumpensysteme, die neben Erdgas zusätzlich erneuerbare Energien für Heizzwecke nutzbar machen.

Viessmann hat mit der Vitosorp 200-F eine Gas-Adsorptionswärmepumpe für die Wärmeversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern entwickelt, die die Effizienz der herkömmlichen Brennwertechnik deutlich übertrifft. Die Arbeit wurde in Form von zwei Projekten unter den Förderkennzeichen 0327435A und 0327435B vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unterstützt.

In deutschlandweiten Feldtests unter Federführung der Initiative Gaswärmepumpe (IGWP) wurden in den vergangenen zwei Jahren insgesamt 15 Anlagen auf ihre Praxistauglichkeit geprüft. Dabei wurden die Erwartungen an dieses neue System vollständig erfüllt. Die gesammelten Erfahrungen leisten einen sehr wichtigen Beitrag zur Entwicklung der Serienausführung der Vitosorp 200-F. Die Markteinführung der Gas-Adsorptionswärmepumpe ist für das Jahr 2013 geplant.

1. Technische Beschreibung

Die Vitosorp 200-F besteht aus einem Wärmepumpenmodul (I) und einem gasbetriebenen Brennwertgerät (II); beide Komponenten sind zusammen in einem kompakten Gehäuse untergebracht (Abbildung 1). Das Wärmepumpenmodul trägt mit kostenfrei verfügbarer Wärme aus dem Erdreich die Grundlast der Gebäudebeheizung, während das integrierte Gas-Brennwertgerät den Wärmepumpenprozess antreibt, im Mischbetrieb die Wärmepumpe unterstützt und an besonders kalten Tagen die Bedarfsspitzen deckt. Das Wärmepumpenmodul ist hermetisch geschlossen und läuft somit über die gesamte Nutzungsdauer absolut wartungsfrei.



Abbildung 1: Schnittmodell der Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F von Viessmann

Leistungsdaten Vitosorp 200-F	
Grundlast im WP-Betrieb:	1,6–4,8 kW
Nennheizleistung:	10,0 kW
Boosterleistung WW-Bereitung:	15,0 kW

1.1 Funktionsprinzip

Bei dem Wärmepumpenmodul handelt es sich um eine Adsorptionswärmepumpe, die mit einem Zweistoffsystem aus Zeolith (Sorptionsmittel) und Wasser (Kältemittel) betrieben wird (Abbildung 2). Zeolithe beginnen bei Erwärmung zu sieden und geben dabei Wasser ab (griech. „zein“ und „lithos“ bedeuten zusammen „siedender Stein“).

In der Vitosorp 200-F wird Wärme aus dem Gas-Brennwertgerät genutzt, um den gebundenen Wasserdampf aus dem Zeolith freizusetzen (A). Die bei der anschließenden Kondensation dieses Dampfes frei werdende Wärme wird auf das Heizungssystem übertragen (B). Diesen Vorgang nennt man Desorption. Andererseits können Zeolithe Wasserdampf aufnehmen und an sich binden (Adsorption). Im Wärmepumpenmodul wird hierzu das Kältemittel Wasser unter Vakuum mithilfe der Wärme aus dem Erdreich verdampft (C). Bei der Aufnahme dieses Dampfes durch das Zeolith wird Wärme freigesetzt, die ebenfalls zum Heizen und zur Trinkwassererwärmung genutzt werden kann (D). Der Betrieb des Wärmepumpenmoduls im Vakuum ist erforderlich, damit das Kältemittel Wasser auch bei niedrigem Temperaturniveau verdampfen kann. Aufgrund der Umgebungswärme, die durch Verdampfung des Kältemittels zusätzlich eingebracht wird (C), kann die Effizienz des Wärmepumpenmoduls gegenüber dem reinen Brennwertbetrieb um bis zu 40 % gesteigert werden. Nachdem das Sorptionsmittel gesättigt ist und keinen Wasserdampf mehr aufnehmen kann, erfolgt wieder eine Umschaltung in die Desorptionsphase und der Prozess beginnt von Neuem.

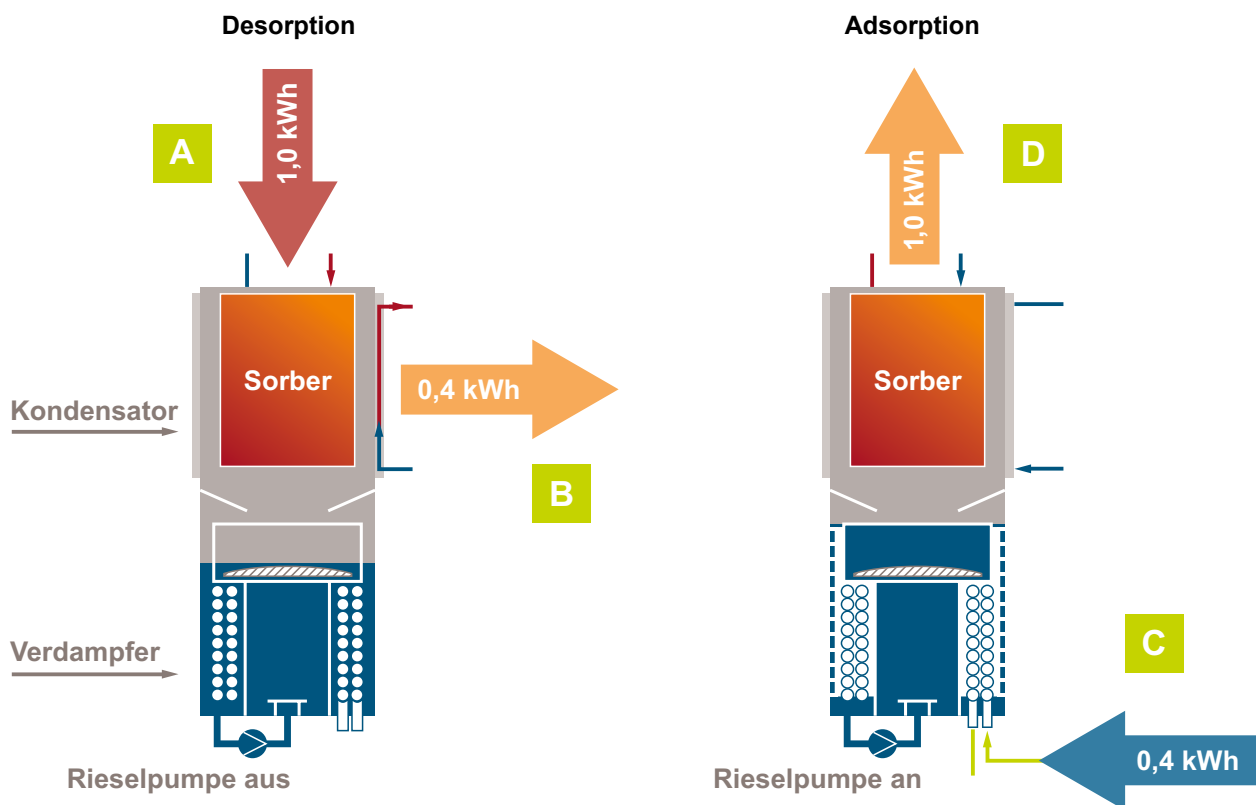


Abbildung 2: Funktionsprinzip des hermetisch geschlossenen und wartungsfreien Wärmepumpenmoduls (A = Wärme vom Gas-Brennwertgerät, B = Wärmeabgabe an das Heizungssystem, C = Wärme aus der Umwelt, D = Wärmeabgabe an das Heizungssystem)

Man kennt heute rund vierzig natürliche mineralische Zeolithe. Für die meisten Anwendungen in der Adsorptionstechnik sind jedoch nur synthetisch hergestellte Zeolithe brauchbar. Ihre Adsorptionsfähigkeit beruht auf der großen inneren Oberfläche sowie den elektrostatischen Adsorptionskräften des Materials.

1.2 Aufbau des Wärmepumpenmoduls

Im Gegensatz zum Wettbewerb setzt Viessmann eine selbst entwickelte und patentierte Zeolithbeschichtung auf der Wärmetauscher-Oberfläche ein, um die höchste Effizienz des Wärmepumpenprozesses zu erzielen. Diese Beschichtung muss folgende Anforderungen erfüllen: Die Zeolithschichten müssen möglichst dünn auf den Wärmetauscher aufgetragen werden, da der Keramikwerkstoff Zeolith sonst wie ein Isolator wirkt. Außerdem ist für eine gute Wasserdampfdiffusion in den Zeolithen eine große Oberfläche notwendig. Aufgrund der großen Berührungsfläche zwischen Zeolith und Wärmetauscher ergibt sich mit der von Viessmann entwickelten Lösung eine besonders effektive Wärmeübertragung. Außerdem resultiert aus dem Einsatz des zeolithbeschichteten Wärmetauschers ein kompakter Systemaufbau. Dies führt zu einem sehr dynamischen Systemverhalten, das ebenfalls zur deutlichen Effizienzsteigerung beiträgt.

Der Kondensator und der Verdampfer des Wärmepumpenmoduls sind als separate Wärmeübertrager gefertigt. Dies hat den Vorteil, dass jedes Bauteil optimal auf seine Funktion ausgelegt und konstruiert werden kann. Außerdem werden durch diese Konstruktion interne Aufheiz- und Abkühlverluste gegenüber dem Einsatz nur eines Wärmeübertragers als Verdampfer und Kondensator gänzlich vermieden. Der Verdampfer der Vitosorp 200-F ist als leistungsstarker Rieselveerdampfer ausgeführt, der Kondensator ist konzentrisch als Ringspaltkondensator um den zeolithbeschichteten Wärmetauscher angeordnet.

Dieser Aufbau des Wärmepumpenmoduls im Zusammenspiel mit einem speziell darauf abgestimmten Hydraulikkonzept gewährleistet höchste Effizienz. Der Rieselveerdampfer, der Ringspaltkondensator und die hydraulische Anbindung des Moduls sind ebenfalls Viessmann Patente.

2. Installation, Inbetriebnahme und Wartung

Installation und Inbetriebnahme der Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F stellen keine besonderen Anforderungen an den Heizungsbauer. Im Vergleich zur Installation eines Brennwertkessels kommen lediglich zwei Anschlussleitungen zur Erschließung der Umgebungswärmequelle hinzu. Wird die Vitosorp 200-F in bestehende Anlagen integriert, ist die Nutzung vorhandener Erdsonden oder Solarkollektoren möglich. Alle an den Feldtests beteiligten Fachhandwerker beurteilten den Aufwand als vergleichbar mit der Montage und Inbetriebnahme eines Gas-Brennwertkessels mit Solaranlage.

Das Gerät hat ein Gesamtgewicht von etwa 170 kg, ist 60 cm breit, 58 cm tief und hat eine Höhe von 187 cm. Da es in zwei Teilen angeliefert wird, kann es problemlos von zwei Personen eingebracht und aufgestellt werden. Der Aufstellort muss keine besonderen Anforderungen erfüllen. Geringe Betriebsgeräusche sowie die ungiftige und in jeder Hinsicht umweltverträgliche Wärmepumpenstoffpaarung Zeolith/Wasser erlauben den Betrieb auch im Wohnbereich.

Die Anschlussleitungen der Vitosorp 200-F können – analog zu den Viessmann Kompaktgeräten – entsprechend den jeweiligen Erfordernissen entweder nach oben oder hinten nach links bzw. rechts aus dem Gerät herausgeführt und angeschlossen werden.

Als hermetisch abgeschlossenes Bauteil läuft das Wärmepumpenmodul über die gesamte Nutzungsdauer des Gerätes absolut wartungsfrei. Der Servicetechniker muss lediglich diejenigen Komponenten warten, die ihm bereits von den Viessmann Gas-Brennwertgeräten her bekannt sind.

3. Feldteststandorte

In der Heizsaison 2010/2011 wurden fünf und in der Heizsaison 2011/2012 fünfzehn Gas-Adsorptionswärmepumpen deutschlandweit in Feldversuchshäusern installiert und unter realen Betriebsbedingungen getestet. Außerdem wurden zwei Gaswärmepumpen zur Wirkungsgradvermessung und für Untersuchungen im Dauerbetrieb in den Laboren des DBI – Gastechnologischen Instituts in Freiberg und bei der E.ON Ruhrgas in Essen installiert. In Abbildung 3 und Abbildung 4 ist die geografische Lage der Feldversuchsanlagen dargestellt.

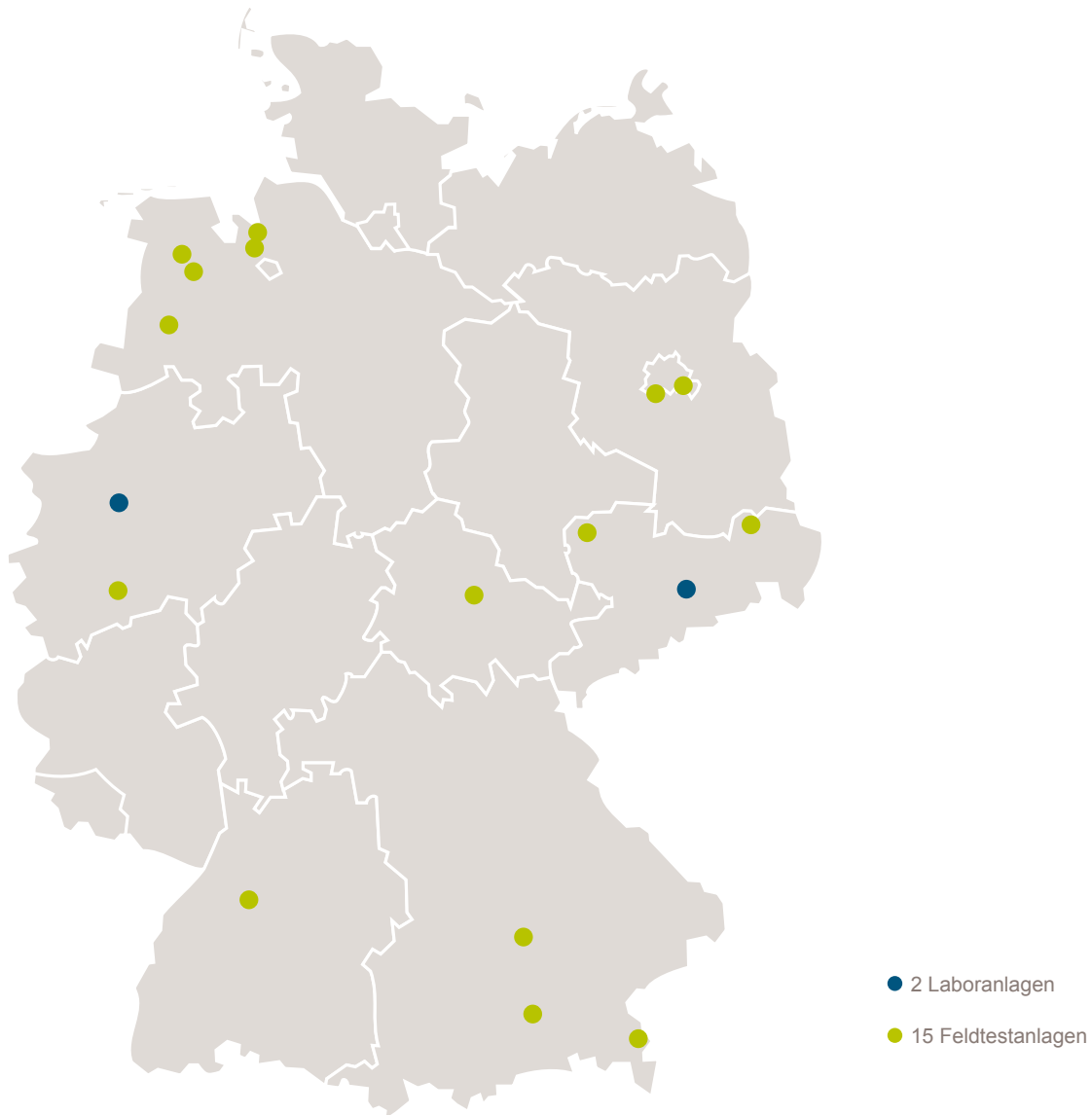


Abbildung 3: Feldtestanlagenverteilung über Deutschland

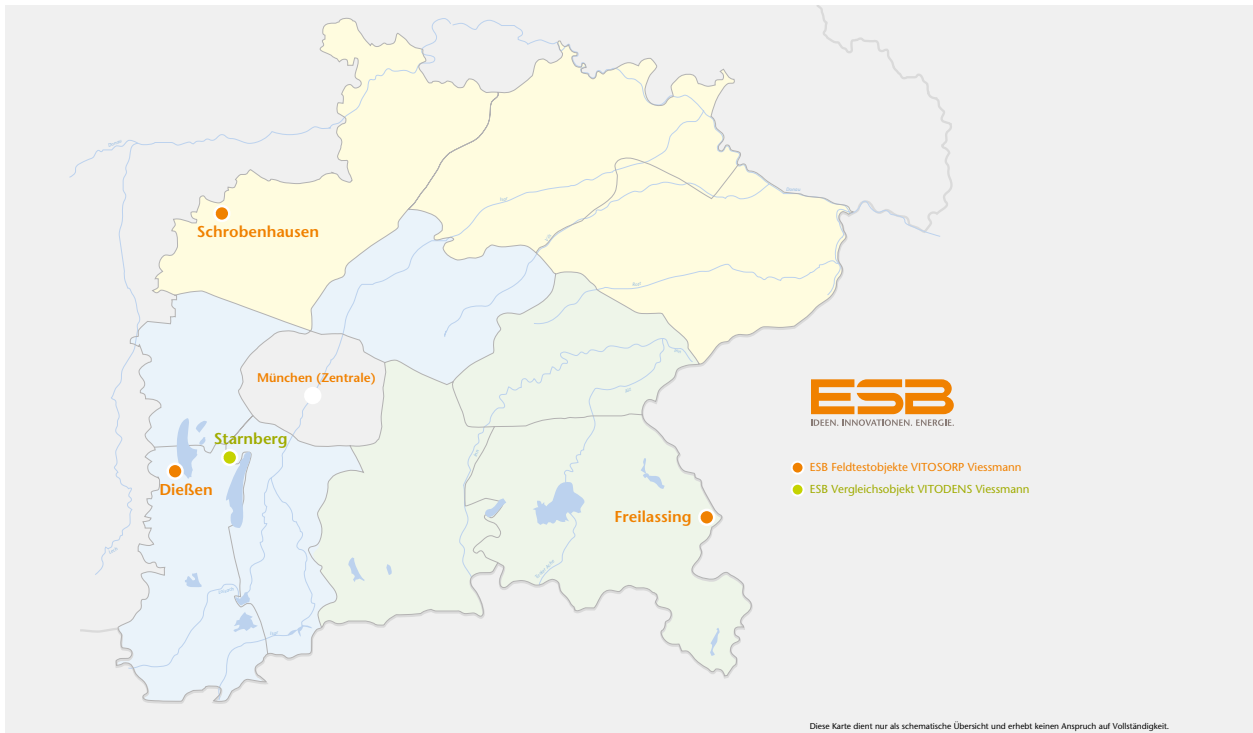


Abbildung 4: Viessmann Vitosorp-Feldtestanlagen im ESB Versorgungsgebiet



ESB Feldtestanlage Fam. Magnus J. in Freilassing
Viessmann Gaswärmepumpe, Wärmequelle (Umwelt) Erdreich



ESB Feldtestanlage Fam. Franz B. in Dießen
Viessmann Gaswärmepumpe, Wärmequelle (Umwelt) Erdreich und solare Warmwasserbereitung



ESB Feldtestanlage Fam. Martin N. in Schrobenhausen
Viessmann Gaswärmepumpe, Wärmequelle (Umwelt) Erdreich und solare Warmwasserbereitung



ESB Feldtestanlage Fam. Jan K. in Starnberg
Zwei DHH mit je einem Viessmann Gas-Brennwertgerät Vitodens als Referenzanlage (2013 geplanter Umbau einer Anlage auf Vitosorp 200-F (Wärmequelle Solar))

4. Ermittlung des Nutzungsgrades

Zur Ermittlung des Nutzungsgrades werden die über das Erdgas zugeführten Energiemengen und die an die Heizung sowie den Speicher-Wassererwärmer abgegebenen Wärmemengen bilanziert. Außerdem wird die aus der Umgebung (Erdreich) zugeführte Wärmemenge und die elektrische Leistungsaufnahme der Vitosorp 200-F mit aufgezeichnet. Die Ermittlung des Nutzungsgrades erfolgt nach der in Abbildung 5 schematisch dargestellten Formel. Hierbei werden die abgeführten Wärmemengen Heizung und Speicherladung in Beziehung zur zugeführten Energiemenge Gas gesetzt. Die Wärmemenge Gas errechnet sich über das gemessene Volumen und den Betriebsheizwert und bezieht sich auf den Heizwert (H_1).

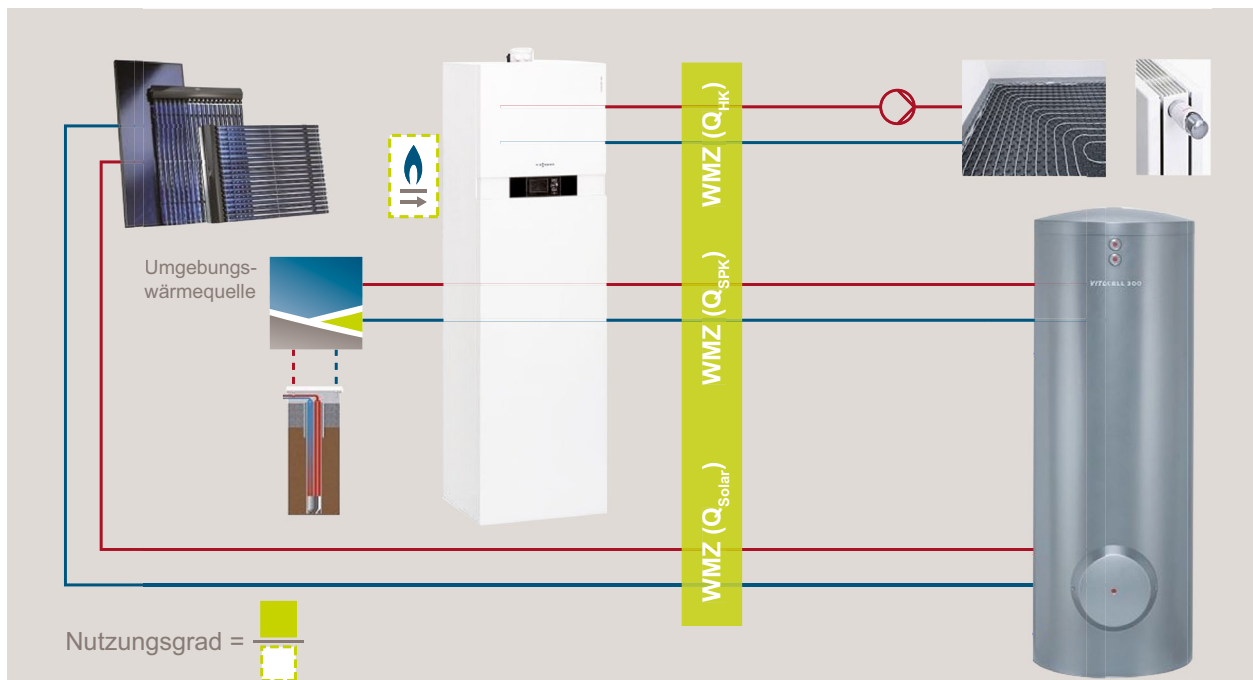


Abbildung 5: Ermittlung des Nutzungsgrades bei Anlagen mit Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F

Die Effizienz der Feldtestanlagen hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bei rein theoretischer Betrachtung ist der Temperaturhub zwischen Wärmequelle (Verdampfer-Eintrittstemperatur) und Wärmesenke (Heizkreis, Speicherladekreis) entscheidend. Dies bedeutet im Prinzip: Wichtige Voraussetzungen für möglichst hohe Nutzungsgrade sind Heizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen, ein korrekt durchgeführter hydraulischer Abgleich der gesamten Heizungsanlage und eine sinnvoll auf den Wärmebedarf des Gebäudes eingestellte Heizkennlinie.

Bei stetig sinkenden Heizwärmebedarfen spielt aber auch das Verhältnis zwischen Heizwärme- und Warmwasserbedarf (WW) im Hinblick auf die Effizienz der Wärmepumpe eine immer größer werdende Rolle. Entscheidend für die Nutzungsgradberechnung sind allerdings die aufzubringenden Wärmemengen zur Speicherladung. Diese können sehr stark vom eigentlichen WW-Verbrauch abweichen. Auf die Wärmemenge Speicherladung haben neben dem WW-Verbrauch die Speicherverluste, die eingestellte WW-Temperatur, die eingestellten Zeiten zur WW-Bereitung und die Zirkulation einen erheblichen Einfluss. Die Wärmemengen der Zirkulationsverluste sind nicht zu vernachlässigen. Sie können, wie die Feldtestergebnisse zeigen, durchaus in der Größenordnung der Wärmemenge des WW-Verbrauchs eines Vier-Personen-Haushaltes liegen.

5. Effizienz der Vitosorp 200-F im Praxisbetrieb

Vor dem Feldversuch wurde die Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F am DBI – Gastecnologischen Institut in Freiberg gemäß der VDI-Richtlinie 4650-2 für die Heiznetze 35/28 °C sowie 55/45 °C und die Wärmequelle Erdreich vermessen.

Die VDI-Richtlinie 4650-2 beinhaltet ein einfach zu handhabendes, aber ausreichend genaues Verfahren zur Berechnung der energetischen Effektivität von Sorptionswärmepumpen für gasförmige Brennstoffe bis zu einer maximalen Wärmebelastung (Brennstoffleistung) von 70 kW. Anlagenplaner erhalten mithilfe dieser Richtlinie realistische Aussagen über den Primärenergieverbrauch und die damit verbundenen CO₂-Emissionen. Die Frage über den zu erwartenden Energieverbrauch und die damit verbundenen Heizkosten für Interessenten und Betreiber von Sorptionswärmepumpenanlagen kann mit dieser Richtlinie ausreichend genau beantwortet werden.

Die nach der VDI 4650-2 am Prüfstand ermittelten Gesamtjahresnutzungsgrade werden nachfolgend mit den unter Praxisbedingungen im Feldtest ermittelten Nutzungsgraden verglichen. Hierzu wurde je eine Feldversuchsanlage mit und ohne solare Trinkwassererwärmung im Versorgungsgebiet von Energie Südbayern (ESB) ausgewählt. Die Ergebnisse der ESB Anlagen sind vergleichbar mit den ermittelten Werten der übrigen deutschlandweit installierten Vitosorp-200-F-Feldtestanlagen.

5.1 Freilassing: Heizungsanlage ohne solare Warmwasserbereitung

Das Einfamilienhaus der Familie Magnus J. in Freilassing (Abbildung 6) hat eine beheizte Fläche von 300 m², wovon 155 m² als Wohnfläche genutzt werden; das Haus wird von vier Personen bewohnt. Die Heizlast wurde im Vorfeld des Feldversuchs mit 10,5 kW angegeben, die Heiznetztemperaturpaarung beträgt 40/30 °C (Fußbodenheizung). Ein hydraulischer Abgleich wurde durchgeführt, eine Trinkwasserzirkulation ist nicht aktiviert.



Abbildung 6: Feldtestanlage Magnus J., Freilassing

Im Zeitraum eines Jahres verteilte sich die insgesamt abgegebene Wärmemenge zu 79% auf die Wohnraumbeheizung und zu 21% auf die Trinkwassererwärmung.

In Abbildung 7 sind die ermittelten Gesamtnutzungsgrade (inklusive der Warmwasserbereitung) aufgetragen. Der im Feld ermittelte Nutzungsgrad der Feldversuchsanlage (FVA) Freilassing ist hierbei als grüne Säule dargestellt. Im Betrachtungszeitraum lag er bei 122 %.

Gesamtjahresnutzungsgrade ohne solarunterstützte WW-Bereitung

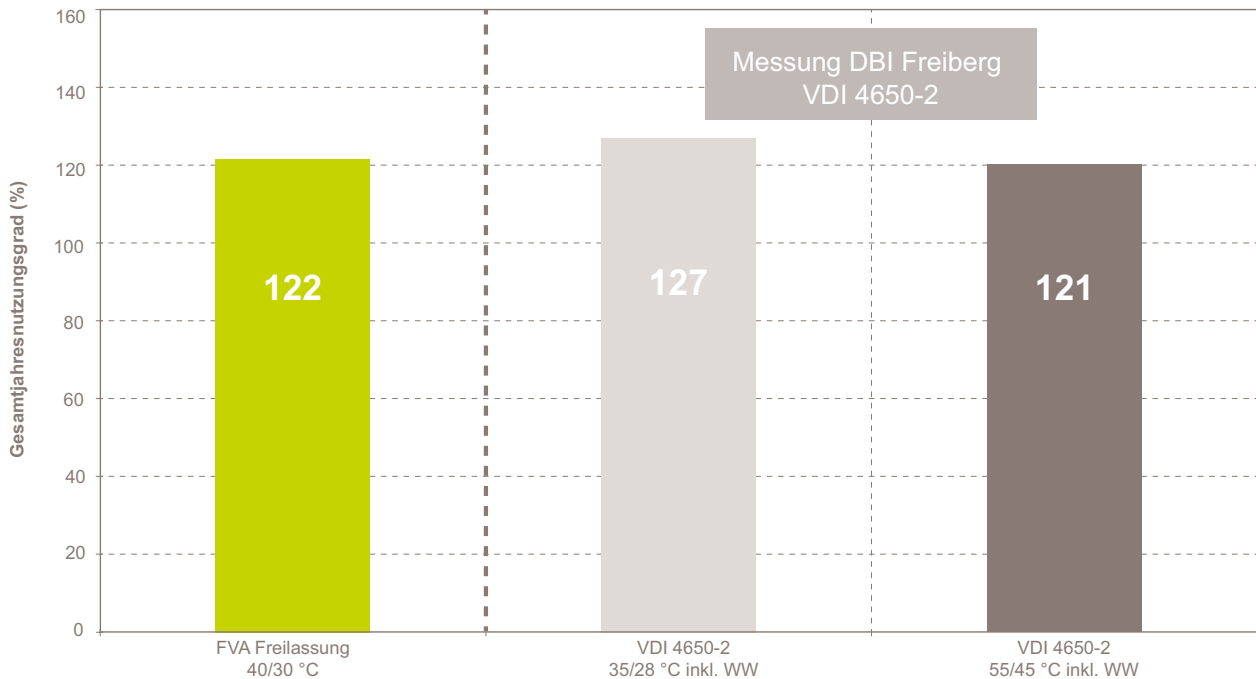


Abbildung 7: Vergleich der im Feldtest mit den auf dem Prüfstand ermittelten Nutzungsgraden der Anlage Freilassing

Die am DBI gemäß der VDI 4650-2 gemessenen Gesamtnutzungsgrade mit einem Warmwasseranteil von 21 % (keine solare Trinkwassererwärmung) werden in Abbildung 7 in Form grauer Säulen dargestellt. Für Heiznetz-Systemtemperaturen von 35/28 °C beträgt er 127 % (hellgraue Säule) und für das Heiznetz 55/45 °C 121 % (dunkelgraue Säule).

Vergleicht man die Prüfstandsmessungen des DBI mit dem im Feldtest gemessenen Nutzungsgrad, kann man eine hohe Übereinstimmung feststellen.

Die Effizienzsteigerung der Anlage Freilassing durch die Nutzung von kostenloser Erdwärme durch das Wärmepumpenmodul der Vitosorp 200-F ist in Abbildung 8 dargestellt. Bezogen auf den Gaseinsatz (H_1) konnte die nutzbare Energie für Heizung und Warmwasser um 22 % gesteigert werden.

FVA Freilassing: Effizienzsteigerung durch Einkopplung kostenloser Umgebungswärme (Betrachtungszeitraum 1 Jahr)

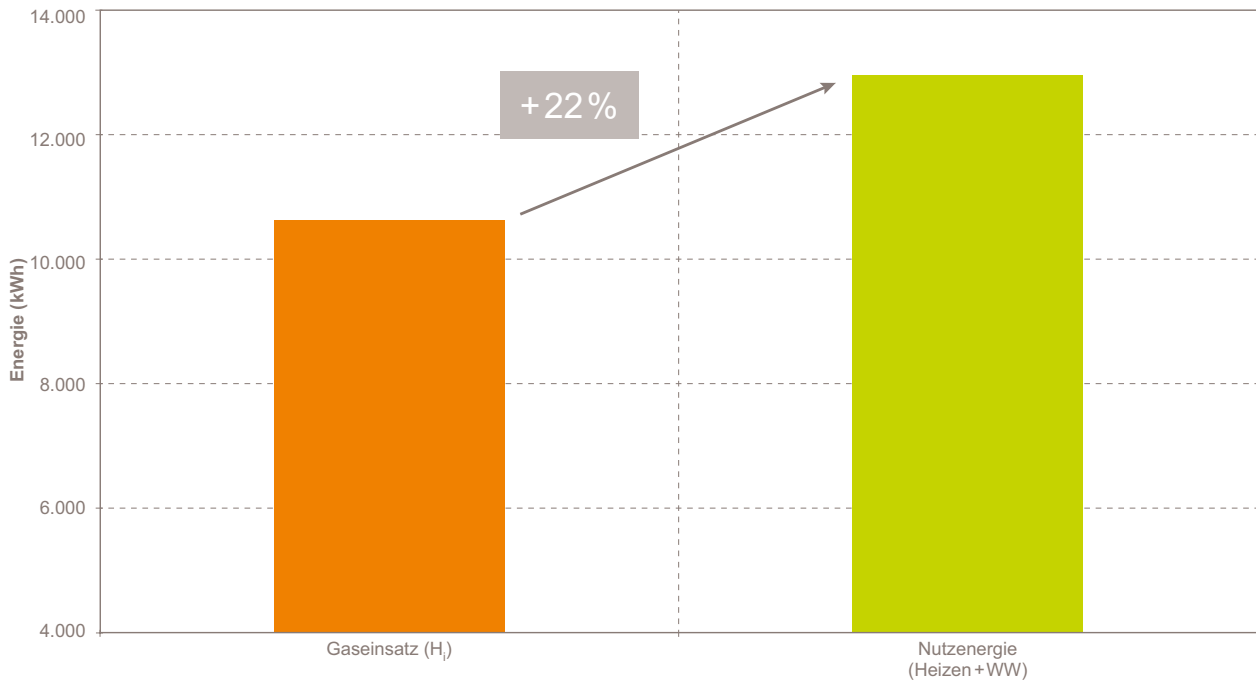


Abbildung 8: Effizienzsteigerung durch Einkopplung der Erdwärme

5.2 Dießen: Anlage mit solarer Warmwasserbereitung

Die Vitosorp 200-F der Feldtestanlage Dießen (Abbildung 9) beheizt ein Haus mit 190 m² Wohnfläche, das ebenfalls von einer vierköpfigen Familie bewohnt wird. Die Heizlast beträgt 10 kW, die Heiznetztemperaturpaarung 40/30 °C. Die Trinkwassererwärmung wird von einer thermischen Solaranlage mit drei Kollektoren in einem bivalenten Speicher-Wassererwärmer mit einem Volumen von 300 l unterstützt. Außerdem ist die Anlage mit einer Trinkwasserzirkulationsleitung ausgestattet. Aufgrund der großen Entfernung zwischen dem Aufstellort der Vitosorp 200-F und dem Badezimmer bzw. der Küche ist diese sehr lang. Es wurde kein hydraulischer Abgleich durchgeführt.



Abbildung 9: Feldtestanlage Franz D., Dießen

Über das betrachtete Jahr wurden für die Wohnraumbeheizung 75 % und für die Trinkwassererwärmung 25 % der insgesamt abgegebenen Wärmemenge beansprucht. Der solare Deckungsgrad für die WW-Bereitung lag bei 50 %.

Abbildung 10 zeigt den Vergleich der Feldtestergebnisse mit den am Prüfstand des DBI ermittelten Werten des Gesamtnutzungsgrades, jeweils mit solarer Trinkwassererwärmung. Die im Feld ermittelten Daten (grüne Säule) stimmen nahezu mit den Prüfstandsergebnissen des DBI (orange Säulen) überein. Die geringe Abweichung kann auf die nutzerspezifische Betriebsweise der Gas-Adsorptionswärmepumpe und den Einfluss der sehr langen Trinkwasserzirkulation zurückgeführt werden. Eine vergleichbare Anlage in Berlin, ebenfalls mit solarer Warmwasserbereitung und Zirkulationsleitung ausgestattet, erreichte einen Nutzungsgrad unter Praxisbedingungen von über 140 %.

Gesamtjahresnutzungsgrade mit solarunterstützter WW-Bereitung

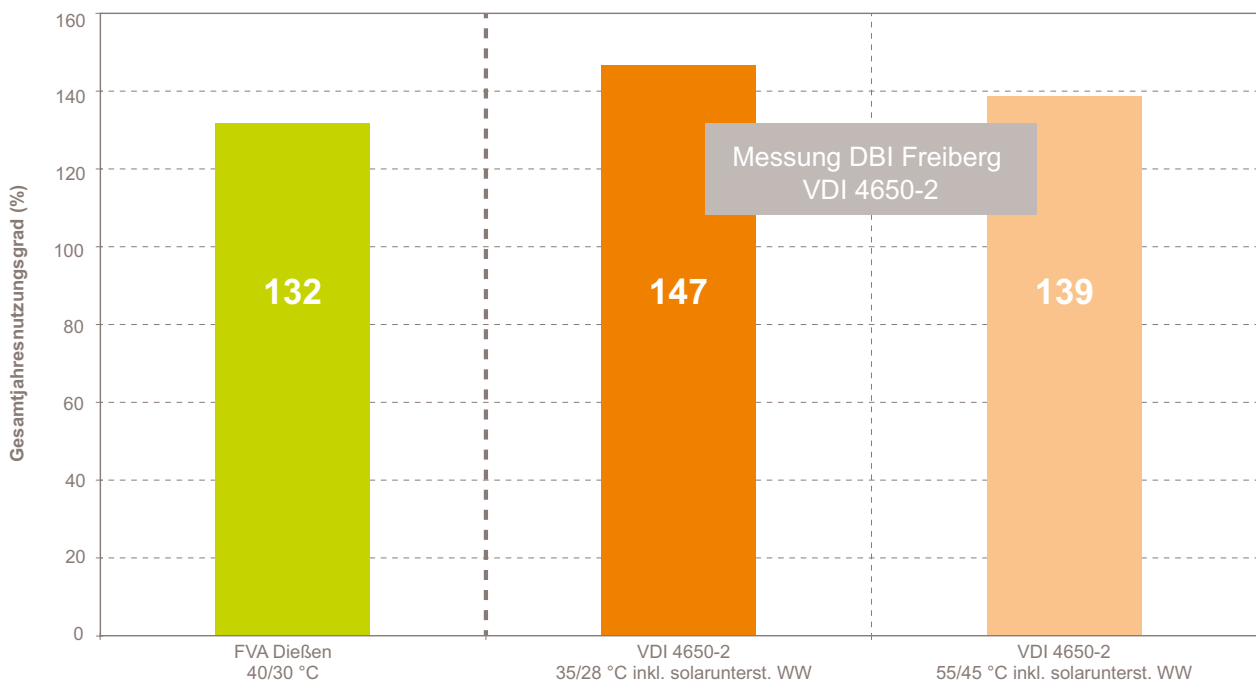


Abbildung 10: Vergleich der im Feld und der auf dem DBI-Prüfstand ermittelten Nutzungsgrade der Feldversuchsanlage in Dießen

Das Diagramm in Abbildung 11 verdeutlicht die Größenordnung der abgeführten Zirkulationsverluste der Anlage in Dießen. Die solaren Erträge zur Warmwasserbereitung (orange Säulen) wurden von März bis September 2011 fast komplett als Zirkulationsverluste (grüne Säulen) wieder abgeführt.

**FVA Dießen: März 2011 bis September 2011
Solarerträge und Zirkulationsverluste**

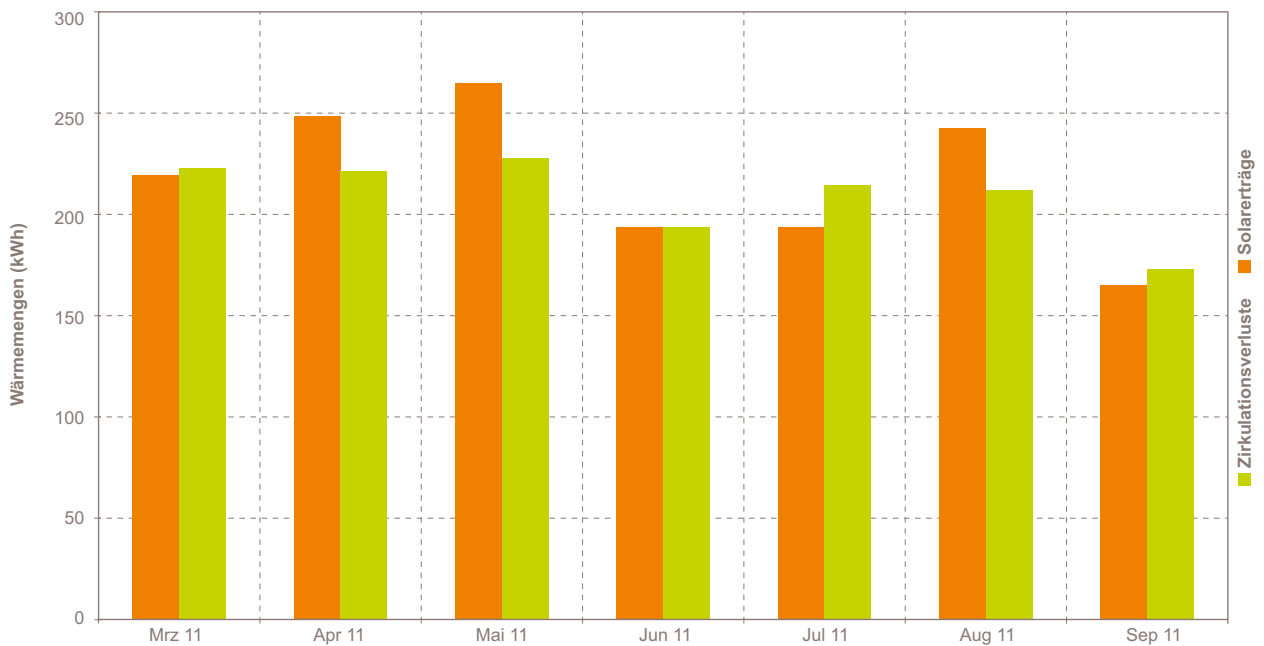


Abbildung 11: Zirkulationsverluste der Feldversuchsanlage in Dießen

Allerdings kann man die Zirkulationsverluste durch sinnvoll eingestellte Zirkulationszeiten durchaus minimieren, ohne Komforteinbußen in Kauf nehmen zu müssen.

Abbildung 12 zeigt beispielhaft eine Minimierung der Zirkulationsverluste der Anlage Dießen durch Anpassung der Zirkulationszeiten. Die Zirkulationszeiten wurden von den Nutzern zunächst auf 12 h/d Dauerbetrieb der Pumpe eingestellt. Die Verluste der Anlage lagen deshalb – sowie aufgrund der großen Länge der Zirkulationsleitung – mit ca. 7,7 kWh/d weit über dem eigentlichen Wärmemengenverbrauch für das Warmwasser mit 4,8 kWh/d.

Durchschnittliche Tageswerte der Wärmemengen Brauchwasser und Zirkulation FVA Dießen

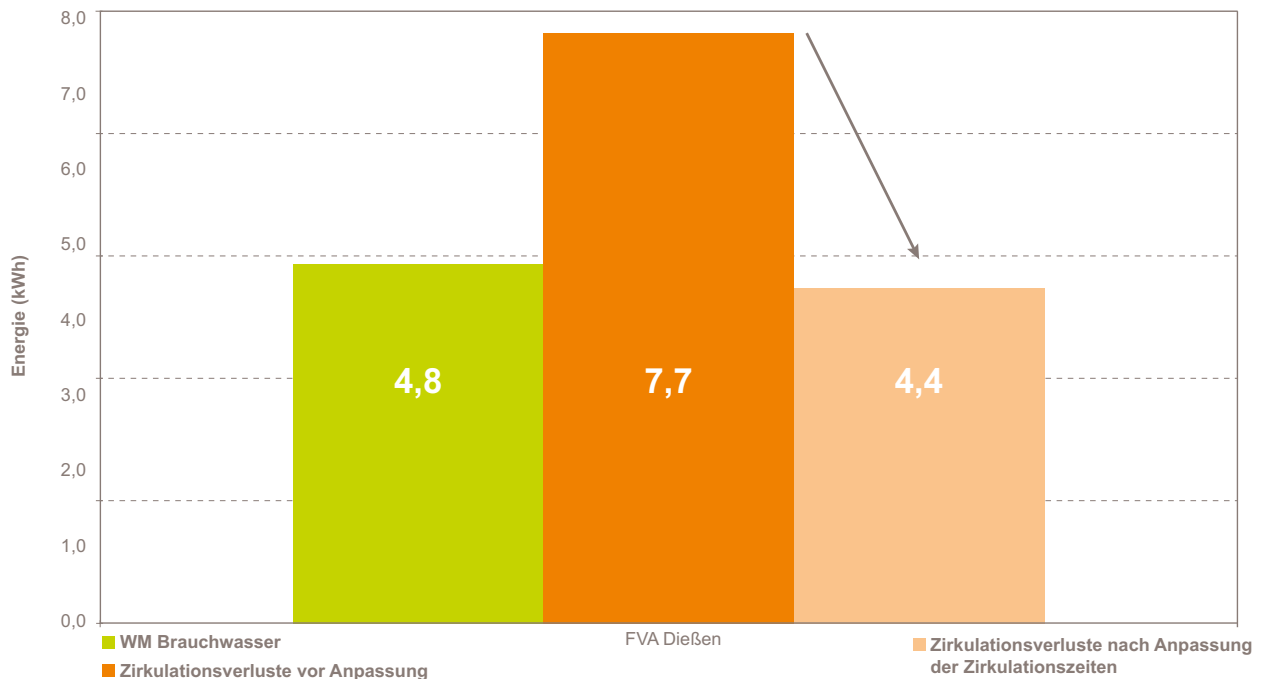


Abbildung 12: Zirkulationsverluste und deren Minimierung in der Feldversuchsanlage Dießen

Nach Gesprächen mit den Bewohnern wurden die Zirkulationszeiten von den Nutzern nochmals überdacht und dem Bedarf entsprechend sinnvoll angepasst. Die Regelung der Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F bietet verschiedene Möglichkeiten, die Pumpenlaufzeiten individuell über Tagesprogramme durch Taktung (z. B. 5 min ein, 10 min aus) in bestimmten Tagesabschnitten – z. B. morgens, mittags und abends – einzustellen.

In der Feldversuchsanlage Dießen konnten so die Verluste von ca. 7,7 auf ca. 4,4 kWh/d reduziert werden, was einer jährlichen Einsparung von ca. 1.200 kWh entspricht. Die Änderungen der Zirkulationszeiten hatten keinerlei Komforteinbußen für die Bewohner zur Folge. Prinzipiell könnten die Zirkulationsverluste durch nochmaliges Anpassen der Zirkulationszeiten (Verkürzen bzw. Optimieren der Taktung) weiter reduziert werden.

Die Effizienzsteigerung der Anlage in Dießen durch die Nutzung der Erdwärme sowie der solaren Trinkwassererwärmung ist in Abbildung 13 dargestellt. Bezogen auf den Gaseinsatz (H_1) konnte die nutzbare Energie für Heizung und Warmwasser um 32 % gesteigert werden.

FVA Dießen: Effizienzsteigerung durch Einkopplung kostenloser Umgebungswärme + solare Unterstützung der WW-Bereitung (Betrachtungszeitraum 1 Jahr)

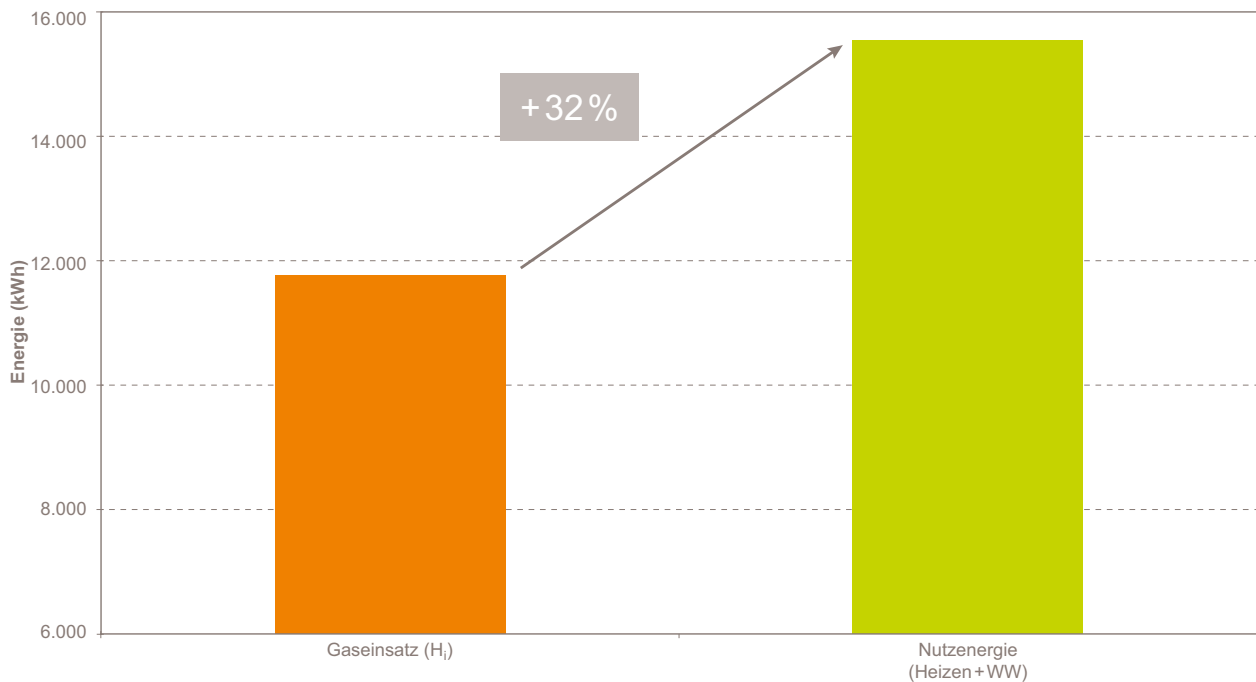


Abbildung 13: Effizienzsteigerung durch Nutzung von Erdwärme und solarthermischer Warmwasserbereitung

Die Erkenntnisse des Feldversuchs zeigen, dass das Nutzerverhalten einen erheblichen Einfluss auf die Effizienz hat.

Das Diagramm in Abbildung 14 zeigt das Nutzungsgradpotenzial für die Wärmequelle Erdreich mit solarunterstützter WW-Bereitung bei sinkenden Gebäudeheizlasten. Der Nutzungsgrad der Anlage steigt mit sinkender Gebäudeheizlast aufgrund des dann höheren Wärmepumpenanteils an der Wärmeerzeugung.

Vitosorp 200-F: Wärmequelle Erdreich mit solarunterstützter WW-Bereitung Gesamtjahresnutzungsgrad nach VDI 4650-2

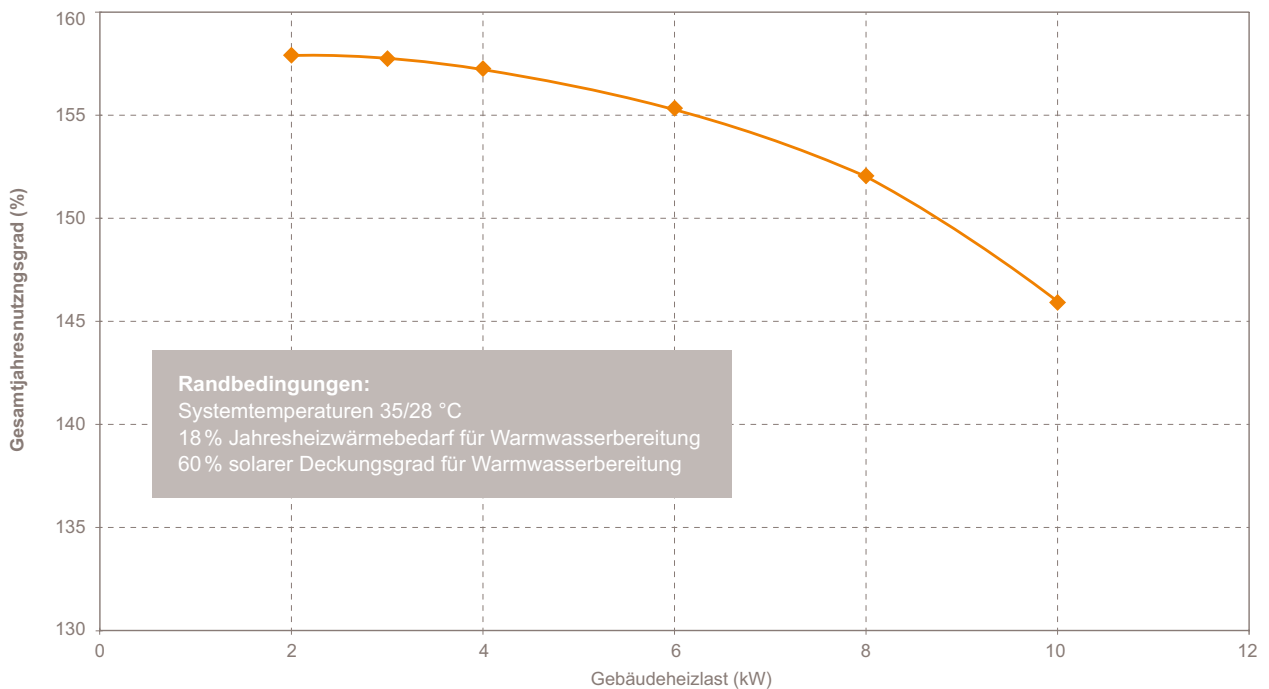


Abbildung 14: Nutzungsgrade in Abhängigkeit von der Gebäudeheizlast

Der effiziente Betrieb von Wärmepumpen setzt eine sorgfältige Planung der Anlagentechnik und eine sinnvolle, verbrauchsorientierte Anlagenparametrisierung voraus. Hierzu können die Anlagenplaner und Installateure durch eine individuelle gebäude- und nutzerbezogene Beratung einen erheblichen Beitrag leisten.

6. Betrachtung der Umgebungswärmequelle Erdreich

Es folgt eine genauere Analyse der Umgebungswärmequelle Erdreich. Interessant ist hierbei der jeweilige Verlauf der Austrittstemperatur an der Erdwärmesonde über einen längeren Zeitraum im Praxisbetrieb der Gas-Adsorptionswärmepumpen. Die zur Erstellung der VDI 4650-2 im Vorfeld getroffenen Annahmen bezüglich der Erdsondenauslegung konnten durch den Praxisbetrieb bestätigt werden.

Da im Gegensatz zu elektrisch angetriebenen Wärmepumpen bei thermisch betriebenen Wärmepumpen zum Teil Wasser als Kältemittel eingesetzt wird, sind am Verdampfer Temperaturen über 3 °C anzustreben, um eine Vereisung zu vermeiden. Unter anderem erfolgt deshalb, abweichend von der in der VDI 4640-2 (Thermische Nutzung des Untergrundes, erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen) angegebenen Vorgehensweise, die Auslegung von Erdwärmesonden in der VDI 4650-2 nicht auf 0 °C, sondern auf mindestens 4 °C nach 25 Jahren Betriebszeit.

Diese Vorgehensweise wurde durch entsprechende Simulationen des Bayerischen Zentrums für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern) untermauert. Hier wurde eine Verdampfeintrittstemperatur im Spitzenlastfall von über 4 °C nach 25 Jahren Betriebszeit angestrebt. Variiert wurden die Entzugsleistung und die Sondenlänge. Die Gaswärmepumpe Vitosorp 200-F, nachfolgend GWP1 genannt, wurde in der Simulationsberechnung über eine vorgegebene Kennlinie charakterisiert, welche die Entzugsleistung der Erdsonde als eine Funktion der bereitzustellenden Heizleistung darstellt. Als Rahmenbedingungen für die Simulation wurde ein Neubau nach EnEV-2009-Standard mit Fußbodenheizung, einem Jahresheizenergiebedarf von 10.582 kWh/a, einer maximalen Heizlast von 10 kW und 4.109 Heizlaststunden zugrunde gelegt. Die Daten beziehen sich auf die Klimabedingungen am Standort Würzburg. Die Sondenlänge zur Simulation wurde für die GWP1 auf 48 m festgelegt.

Bei den zum Vergleich herangezogenen Anlagen in Dießen und Freilassing sowie einer weiteren Feldversuchsanlage in Schrobenhausen liegen diese Rahmenbedingungen in etwa vor. Die tatsächliche Sondenlänge der Anlage in Dießen mit 57 m weicht allerdings von der in der Simulation verwendeten Länge etwas ab. Zur Bestimmung der zugeführten Umgebungswärmemengen der Feldtestanlagen werden die Ein- und Austrittstemperaturen der Sole direkt am Geräteeingang und der Solevolumenstrom erfasst.

Abbildung 15 zeigt den Vergleich des simulierten monatlichen Bedarfs der Heizenergie (grüne Säulen) mit den tatsächlich im Feld ermittelten Verbrauchswerten der Wärmemengen für die Heizung (orange Säulen).

Vergleich Simulation Heizlast der im ESB Versorgungsgebiet installierten Anlagen

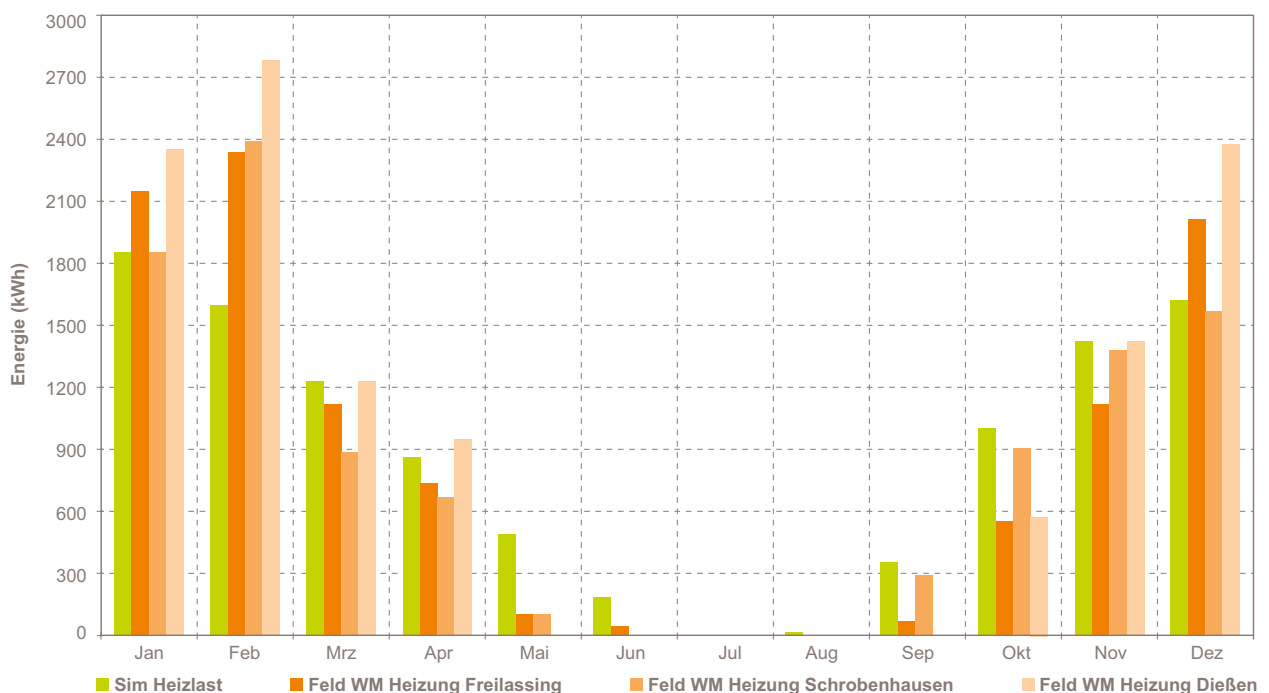


Abbildung 15: Vergleich des monatlichen Heizenergiebedarfs

Man kann eine hohe Übereinstimmung der realen Daten mit den Simulationsergebnissen feststellen. Die größten Abweichungen zwischen den Real- und den Simulationswerten im Februar und Mai 2012 sind auf die klimatischen Verhältnisse zurückzuführen. Der Februar 2012 war mit einer negativen Abweichung von 3 K im Vergleich zur international gültigen Referenzperiode von 1961–1990 sehr kalt, demzufolge liegen die tatsächlichen Wärmemengen der Heizung über dem simulierten Wert. Im Mai hingegen herrschten relativ milde Temperaturen mit viel Sonnenschein. Die Monatsmitteltemperatur lag um 2 K über dem langjährigen Mittel. Aus diesem Grund liegt die simulierte Wärmemenge der Heizung über den tatsächlich verbrauchten Wärmemengen der betrachteten Anlagen.

Ein Vergleich der simulierten monatlichen Entzugsenergie der Erdsonde (grüne Säulen) mit den tatsächlich im Feld ermittelten Entzugswärmemengen (graue Säulen) ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Simulationsdaten und die im Feld ermittelten Daten stimmen auch hier in etwa überein. Die Charakteristik der Gas-Adsorptionswärmepumpe konnte somit gut über die vorgegebene Anlagenkennlinie in der Simulationsberechnung abgebildet werden. Die größeren Abweichungen im Februar resultieren wiederum aus dem relativ kalten Monat und dem damit verbundenen veränderten Anlagenverhalten der Vitosorp 200-F. Der Anteil des Direktheizbetriebs am Gesamtheizbetrieb war aufgrund der sehr niedrigen Außentemperaturen in diesem Monat größer, und demzufolge wurde weniger Umweltwärme eingekoppelt, d. h., es wurde weniger Energie über die Erdsonde entzogen. Im Mai können die größeren Abweichungen mit den geringen tatsächlich verbrauchten Wärmemengen der Heizung aufgrund des relativ warmen Monats erklärt werden.

Vergleich Simulation Erdsondenentzugsenergie der im ESB Versorgungsgebiet installierten Anlagen

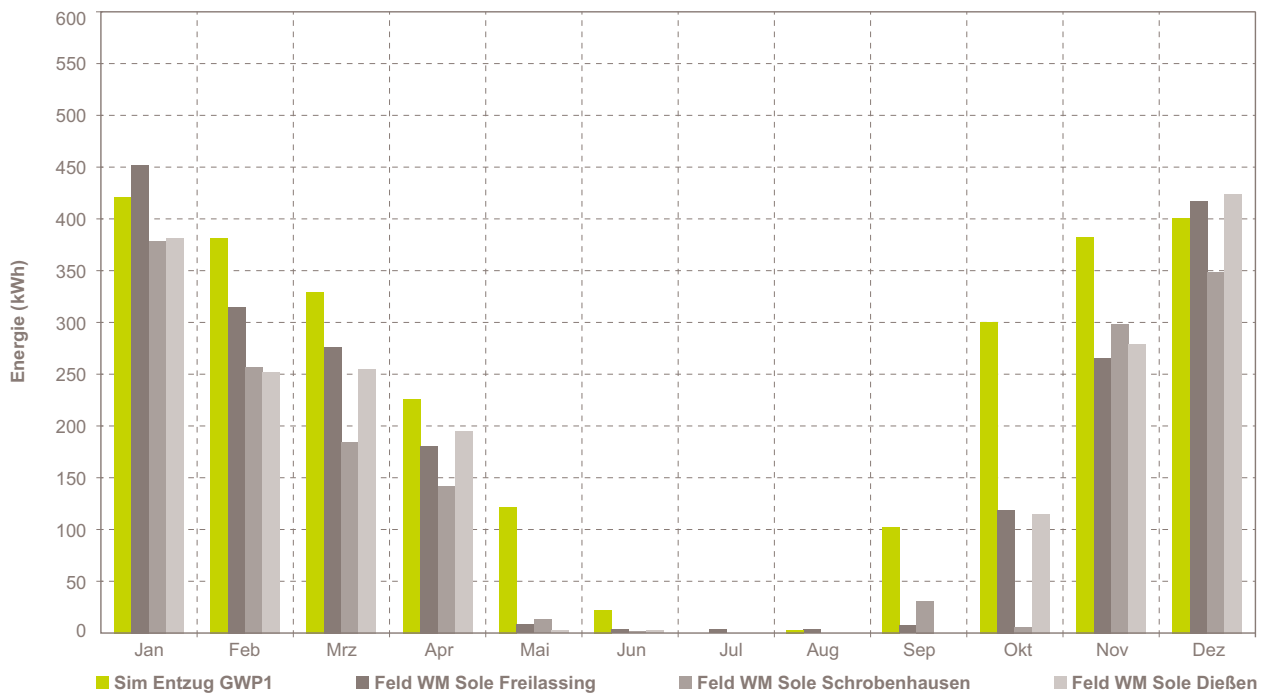


Abbildung 16: Vergleich der simulierten monatlichen Entzugsenergie der Erdsonde mit den im Feldtest ermittelten Werten

Abbildung 17 illustriert den Verlauf der vom ZAE Bayern simulierte Maximal- und Minimaltemperaturen am Sondenaustritt im Monatsmittel des 25. Betriebsjahrs für eine Sondenlänge von 48 m. Die simulierte Monatsminimumtemperatur (graue Kurve) liegt nach 25 Jahren bei mindestens 4 °C.

Simulation: Maximal-, Minimal- und Monatsmitteltemperaturen Jahr 25 GWP1

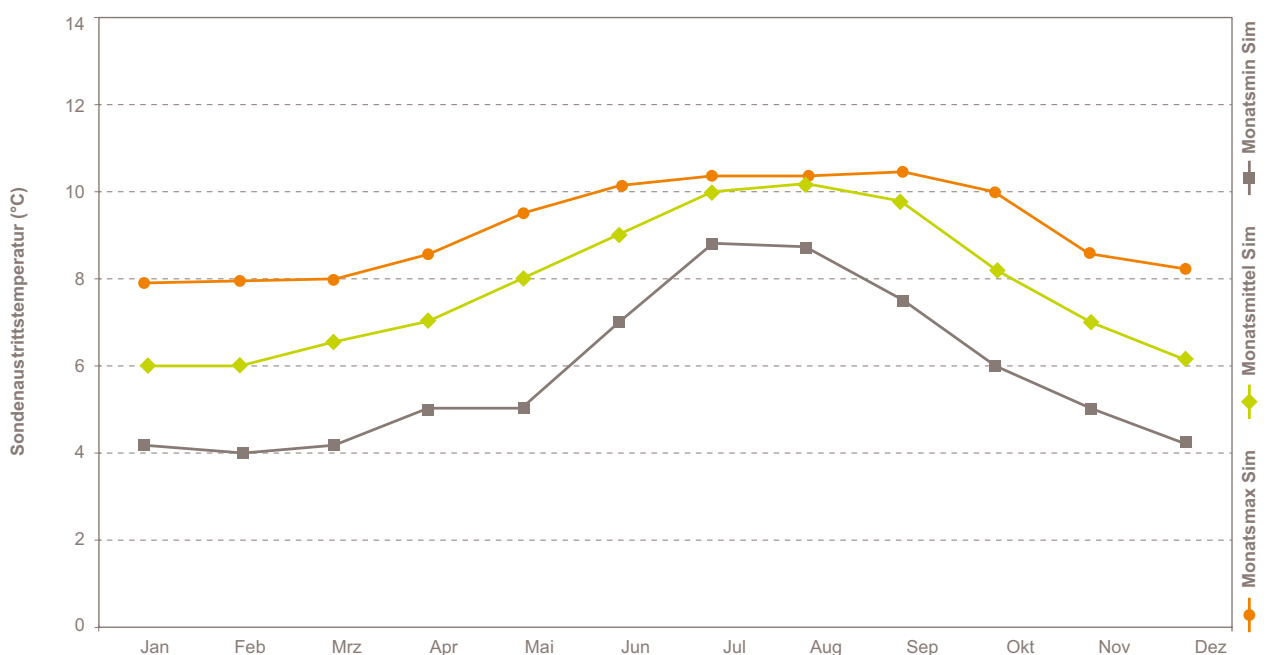


Abbildung 17: Simulation des Temperaturverlaufs am Sondenaustritt nach 25 Betriebsjahren

In Abbildung 18 ist der Verlauf der simulierten Sondenaustrittstemperaturen nach dem ersten Simulationsjahr (T_{min} = violett gestrichelte Linie, T_{max} = orange gestrichelte Linie) gegenüber den real gemessenen Felddaten der betrachteten Anlagen zu sehen. Die Sonde in der Anlage Schrobenhausen befindet sich im ersten Betriebsjahr, die Sonden in den Anlagen Dießen und Freilassing befinden sich im zweiten Betriebsjahr. Die im Feldtest gemessenen Sondenaustrittstemperaturen der betrachteten Anlagen stimmen während der Heizperiode mit den simulierten Minimal- und Maximalwerten mit einer leichten Abweichung nach oben nahezu überein. Da sich die betrachteten Anlagen von Mai bis September nicht im Heizbetrieb, sondern im Warmwasserbetrieb befanden und in diesem Zeitraum keine nennenswerten Wärmemengen über die Erdsonde entzogen wurden, sind die mittleren Soletemperaturen in diesem Zeitraum ausgeblendet worden.

Vergleich Simulation Jahr 1 – Felddaten Monatsmitteltemperaturen im Sondenaustritt

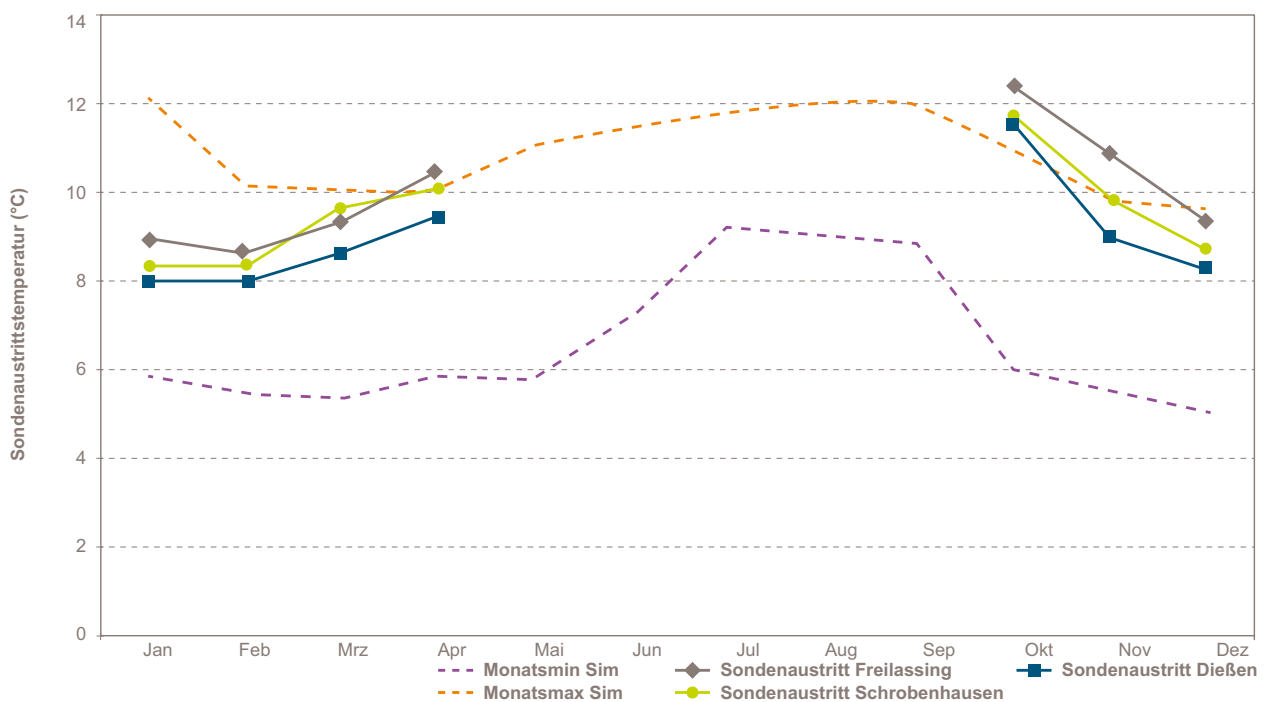


Abbildung 18: Temperaturverlauf am Sondenaustritt

Zusammenfassend kann zum Vergleich der im Vorfeld durchgeführten Simulation mit den tatsächlichen Felddaten festgehalten werden, dass der berechnete Wärmebedarf des Gebäudes ebenso wie der über die Kennliniencharakteristik der Gas-Adsorptionswärmepumpe ermittelte Energieentzug der Erdsonde und der Verlauf der simulierten Sondenaustrittstemperaturen nahezu mit den tatsächlich ermittelten Felddaten übereinstimmen. Somit können die in der VDI 4650-2 getroffenen Annahmen zur Vorgehensweise der Auslegung von Erdwärmesonden für Gaswärmepumpen bestätigt werden.

7. Erfahrungen der Feldtestteilnehmer

Die Meinungen der Feldtestteilnehmer helfen, das zukünftige Produkt Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F zur Serienreife zu entwickeln. Aus diesem Grund wurden nach der Heizsaison 2011/2012 Umfragen mit allen am Feldtest beteiligten Personen bzw. Unternehmen durchgeführt.

Die Fragen an die Anlagenbetreiber zielten in Richtung Nutzerfreundlichkeit und beinhalteten Themen wie z. B. die Bedienbarkeit der Regelung, Platzbedarf, Geräuschpegel, Störungsanfälligkeit und Effizienz des Gerätes. Alle befragten Anlagenbetreiber würden die Anlage nach der Markteinführung im Bekanntenkreis weiterempfehlen.

An die Installationsunternehmen wurden Fragen bezüglich Einbringung, Installation, Platzbedarf, Anschlussmöglichkeiten und Inbetriebnahme gestellt. Der Aufwand für Montage und Inbetriebnahme der Vitosorp 200-F entspricht nach allgemeiner Aussage der Handwerker dem für eine Anlage mit Brennwertkessel und thermischer Solaranlage. Die Teilbarkeit des Gerätes wurde als sehr positiv bewertet.

Aus Sicht des Energieversorgungsunternehmens Energie Südbayern (ESB) wurde die hohe Zufriedenheit der Anlagenbetreiber bestätigt. Auch mit den Aussagen der Installationsunternehmen zum Montage- und Inbetriebnahmeaufwand stimmen die Erfahrungen von ESB überein. Die Erwartungen zur Effizienz der Anlagen, die auf Grundlage der von Viessmann vor den Feldtests gemachten Angaben entstanden waren, wurden erfüllt und positiv bewertet.

8. Ausblick auf das Potenzial thermischer Solarenergie als Wärmequelle

Die Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F wurde im Vorfeld des Feldversuchs am DBI gemäß der VDI 4650-2 für die Heiznetze 35/28 °C und 55/45 °C vermessen. Dabei wurde auch – statt der in den Feldtests genutzten Wärmequelle Erdreich – thermische Solarenergie aus einer Kollektoranlage als mögliche Wärmequelle betrachtet.

Ausgehend von diesen Messungen können gemäß der VDI 4650-2 die Jahresnutzungsgrade mit solarer Warmwasserbereitung und solarunterstützter Heizung berechnet werden. Dabei wurden folgende Parameter aus der VDI 4650-2 übernommen: Warmwasseranteil 18 %, solarer Deckungsgrad für Warmwasserbereitung 60 % und solarer Deckungsgrad für die Heizungsunterstützung 5 %.

Mit den oben beschriebenen Parametern liegt der Gesamtjahresnutzungsgrad der Vitosorp 200-F für die Wärmequelle Solar mit solarunterstützter Warmwasserbereitung ca. 10 % über dem Gesamtjahresnutzungsgrad einer vergleichbaren Anlage mit der Wärmequelle Erdreich. Wird die Solaranlage sowohl zur Unterstützung der Warmwasserbereitung als auch zur direkten Heizungsunterstützung genutzt, steigt der Gesamtjahresnutzungsgrad um ca. 20 % im Vergleich zu einer Anlage mit der Wärmequelle Erdreich.

Viessmann wird die Vitosorp 200-F auch in der Ausführung für die Wärmequelle Solar in das Lieferprogramm aufnehmen, sobald die aktuell laufende Feldtestphase mit Solarenergie als Wärmequelle abgeschlossen ist.

Hiermit wird eine deutliche Ausweitung dieser Technik am Markt, unabhängig von den Liegenschaften und verbunden mit erheblichen Einspar- und Nutzenpotenzialen, erreicht.

9. Zusammenfassung

Durch die Zusammenarbeit mit dem Energieversorgungsunternehmen Energie Südbayern (ESB) im Rahmen der Initiative Gaswärmepumpe (IGWP) konnten sehr gute Voraussetzungen für die Felderprobung geschaffen werden. Diese erstreckten sich von der Objektauswahl über die Vermittlung der Anlagen und die eigentliche Installation bis hin zur Messdatenerfassung vor Ort.

Der Feldtest lieferte wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Praxistauglichkeit der Gas-Adsorptionswärmepumpe Vitosorp 200-F im Alltagsbetrieb. Hierzu zählen die hohe Zuverlässigkeit und Montagefreundlichkeit sowie der geringe Installations- und Wartungsaufwand. Die bei einer Anlagenmodernisierung gegebenenfalls bereits vorhandenen Erdsondenanlagen können weiter genutzt werden. Da das Wärmepumpenmodul über die gesamte Nutzungsdauer komplett wartungsfrei ausgeführt ist, müssen lediglich die dem Heizungsbauer bekannten, wartungsarmen Bauteile des integrierten Gas-Brennwertgerätes gewartet werden. Außerdem überzeugte die Vitosorp 200-F im Feldtest durch einen sehr leisen Betrieb. Durch den Einsatz der ungiftigen und umweltverträglichen Stoffpaarung Zeolith/Wasser bestehen keine Einschränkungen hinsichtlich des Aufstellortes. Das bedeutet, dass das Gerät problemlos auch in der Nähe von Wohnräumen betrieben werden kann.

Die in den Feldtests ermittelte höhere Effizienz einer Anlage mit Vitosorp 200-F und Erdwärmesonden (ohne thermische Solaranlage) gegenüber einer Heizungsanlage mit einem Brennwertkessel beträgt bis zu 25 %. Die CO₂-Emissionen können um ca. 20 % gesenkt werden. Bei Anlagen mit der Wärmequelle Erdreich und einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung wurde eine Effizienzsteigerung von bis zu 40 % gegenüber einem Brennwertkessel erzielt.

Die unter Praxisbedingungen im Feld ermittelten Effizienzkennwerte stimmen nahezu mit den im Vorfeld des Feldversuchs am DBI Freiberg gemäß den nach VDI 4650-2 ermittelten Werten überein. Somit beschreibt diese Richtlinie sehr gut die Vitosorp 200-F mit einer Sonde zur Erschließung der Erdwärme.

Aus dem hohen Modulationsbereich (1,6–10 kW) der Vitosorp 200-F resultiert ein breiter Anwendungsbereich. Ein sehr effizienter Einsatz ist deshalb sowohl im Neubau als auch im sanierten Gebäudebestand gegeben. Ein hoher Warmwasserkomfort wird durch die Boosterleistung von 15 kW gewährleistet.

Die Gas-Adsorptionswärmepumpe wird nach den Ergebnissen der Laboruntersuchungen des DBI in Freiberg gemäß der VDI 4650-2 für die Umgebungswärmequelle Erdreich in die BAFA-Liste aufgenommen und für den Einsatz im Gebäudebestand durch die BAFA, entsprechend Tabelle 1, gefördert.

Energie Südbayern fördert im Grundversorgungsgebiet die Markteinführung der Gaswärmepumpe Vitosorp 200-F bis zum 31.12.2013 mit einem Zuschuss von 1.500 €*.

* Förderung/Zuschuss der Energie Südbayern GmbH

Mehr Informationen und Bedingungen unter:

<http://www.esb.de/energieeffizienz/neue-technologien/foerderung/>

Tabelle 1: Auszug staatliche Förderung von Wärmepumpen (Gas) im Gebäudebestand (BAFA)

Leistung	Hersteller	Typ	Förderhöhe
10 kW	Viessmann	Vitosorp 200-F	2.800 €

Vorbehaltlich der Änderungen durch den Gesetzgeber