

# Feldtestergebnisse im Rahmen der „Initiative Gaswärmepumpe“

## Vorwort

Im Februar 2008 wurde die „Initiative Gaswärmepumpe“ (IGWP) gegründet. Die IGWP ist ein Zusammenschluss von vier Gasgeräteherstellern und acht deutschen Energieversorgungsunternehmen. Ziel der Plattform ist es, die Entwicklung und Markteinführung von Gas-Wärmepumpen in Deutschland gemeinsam voranzutreiben.

## Die Mitglieder der „Initiative Gaswärmepumpe“:



Die Energie Südbayern GmbH (ESB) mit Hauptsitz in München ist einer der führenden regionalen Energieversorger in Bayern und engagiert sich seit Langem für die Entwicklung und den Einsatz effizienter Heizungs-technologien wie etwa der Gas-Wärmepumpe. Energie Südbayern beteiligte sich als einziges bayerisches Energieunternehmen an den bundesweiten Feldtests der IGWP und investierte in diese Grundlagenforschung bis heute bereits 556.000 Euro. Zur genaueren technologischen Untersuchung der Zeolith-Gas-Wärmepumpe hat Energie Südbayern in ihrem Erdgasgrundversorgungsgebiet acht Standorte mit Einfamilienhäusern ausgewählt und dort die Gas-Wärmepumpen der Hersteller Vaillant (4 x) und Viessmann (4 x) installiert. Der Fokus bei diesem umfangreichen Projekt lag vor allem auf der Erprobung, Weiterentwicklung und Markteinführung von Zeolith-Technologien der Hersteller Vaillant und Viessmann.

Ziel des Feldtestes war zum einen der Nachweis der Betriebssicherheit und die Untersuchung des wirtschaftlichen Betriebsverhaltens, zum anderen die Optimierung der Bedienfreundlichkeit beim Endkunden. Speziell für Einfamilienhausbesitzer bietet die Gas-Wärmepumpe, als Kombination von wirtschaftlicher und ausgereifter Brennwerttechnik, Umweltenergie aus thermischen Solaranlagen oder Erdwärme sowie zukunftsweisenden Zeolith-Modulen, neue Perspektiven für eine effiziente und sichere zukünftige Wärmeversorgung.

Die Resonanz der ESB Feldtestkunden auf diese neue Art der Heizungstechnologie war durchweg positiv. Mit den Tests konnte die hohe Zuverlässigkeit der Anlagenkomponenten bestätigt werden. So kam es während der gesamten Testphase bis zum heutigen Tag zu keiner Störung an Gas-Wärmepumpen, bei denen die Wärmeversorgung eines Objektes unterbrochen wurde.

Als Ergebnis dieses bundesweiten Feldtestes startete Vaillant bereits 2010 mit der Markteinführung. Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das Gerät zeoTHERM der Firma Vaillant.

**Energie Südbayern GmbH**

**Andreas Ludeck**

Technischer Leiter Neue Technologien am 01.08.2012

## **Ergebnisse aus dem Feldtest mit der Gas-Wärmepumpe zeoTHERM VAS 106/3 und 106/4 der Firma Vaillant**

Die Firma Vaillant entwickelte eine Gas-Wärmepumpe unter dem Namen zeoTHERM. Seit 2010 wird diese in Serie hergestellt und ist seitdem im Handel frei verkäuflich.

Für die Beurteilung der Vaillant zeoTHERM Gas-Wärmepumpe wurde im Rahmen der „Initiative Gaswärmepumpe“ (IGWP) ein Feldtest mit 29 Testgeräten durchgeführt.

Bei der zeoTHERM handelt es sich um eine Adsorptionswärmepumpe mit dem Stoffsystem Zeolith (Sorptionsmittel) und Wasser (Kältemittel).

Zeolithe sind poröse Keramikwerkstoffe, die synthetisch hergestellt werden. Die Adsorptionseigenschaften eines Zeolithen können durch seine Zusammensetzung und seine Porenstruktur weitgehend eingestellt werden. Der bei Vaillant eingesetzte Zeolith ist stark hygroskopisch, also wasseranziehend. Zeolithe werden bereits seit Jahrzehnten in der Gastrennung und -reinigung als sogenannte Molekularsiebe eingesetzt. Seit Beginn der Achtzigerjahre ersetzen sie die Polyphosphate in herkömmlichen Haushaltswaschmitteln. Sie dienen hier zur umweltschonenden Wasserenthärtung.

So bietet diese neue Heizungstechnologie maximale Sicherheit, da die eingesetzten Arbeitsstoffe Zeolith und Wasser ungiftig, nicht brennbar und in jeder Hinsicht umweltverträglich sind.

### **Funktionsprinzip der Gas-Wärmepumpe zeoTHERM**

Der Sorptionsprozess läuft in zwei wesentlichen Schritten ab: Zunächst wird der Wasserdampf aus dem Zeolith ausgetrieben. Durch den Adsorber/Desorber strömt der Wärmeträger Wasser, der von einer Gasbrennwertwärmezelle auf ca. 110 °C erhitzt wird. Der erwärmte Zeolith gibt das gespeicherte Wasser ab – er desorbiert. Der so entstandene, heiße Dampf verteilt sich im Modul, kühlt am unteren Teil ab und kondensiert. Die dabei freigesetzte Kondensationsenergie wird als Nutzwärme abgeführt.

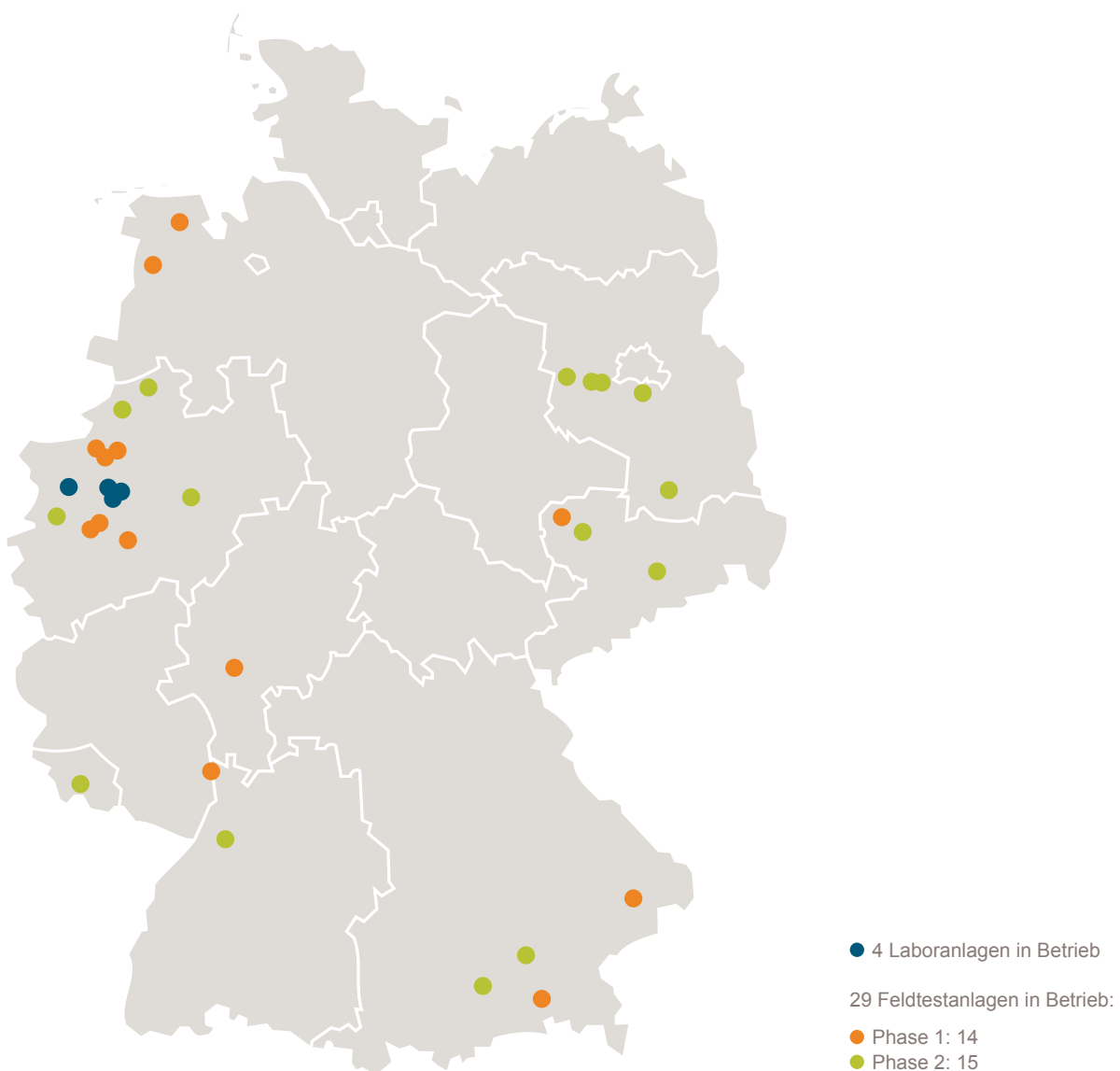
Am Ende der Desorptionsphase wird der Umweltkreis hydraulisch umgeschaltet. Die Wärmezufuhr zum Adsorber/Desorber wird unterbrochen. Druck und Temperatur im Modul sinken dadurch ab. Sobald die Temperatur des Verdampfers/Kondensators unter das Temperaturniveau der Umgebungswärmequelle gesunken ist, wird die Solepumpe eingeschaltet. Damit wird dem Verdampfer „kalte“ Energie zugeführt. Das Kältemittel im unteren Teil des Moduls verdampft, der Kaltdampf strömt nach oben und wird vom Zeolith adsorbiert. Die dabei freiwerdende Adsorptionswärme wird dann ebenfalls als Nutzwärme abgeführt. Die Verdampfung des Kältemittels bei niedriger Temperatur erfolgt mit Umweltwärme aus einem herkömmlichen Solarkollektor. Da für eine Anlage von 10 bis 15 kW nur eine Umweltleistung von bis zu 2 kW benötigt wird, reichen bereits vier Quadratmeter Flachkollektoren aus, um den Wärmebedarf eines Einfamilienhauses zu decken.

Das Gerät hat ein Leergewicht von 160 kg und misst ca. 80 cm in der Breite, 70 cm in der Länge und 170 cm in der Höhe. Zur leichteren Installation ist es möglich das Gerät zu teilen. In der Brennwert-Unit (oberer Teil) ist neben der Gasarmatur und der Regelung auch die Wärmezelle untergebracht. Sie enthält den Brenner und den Primärwärmetauscher. Die Gasarmatur und die Wärmezelle sowie Komponenten der Hydraulik stammen aus dem Teilebaukasten von Vaillant. Damit sind dem Fachhandwerker alle servicerelevanten Komponenten bereits bekannt.

Das Zeolith-Modul und die Hydraulik des Gerätes befinden sich unten in der Zeolith-Unit (unterer Teil). Das Zeolith-Modul arbeitet völlig wartungsfrei. Der Umfang der Wartungsarbeiten ist identisch mit dem bei herkömmlichen Vaillant Gas-Brennwertgeräten. Die Beladung eines bivalenten Solarspeichers zur Brauchwasserbereitung mit Hilfe einer zeoTHERM ist problemlos möglich. Die maximale Vorlauftemperatur beträgt dabei 75 °C.

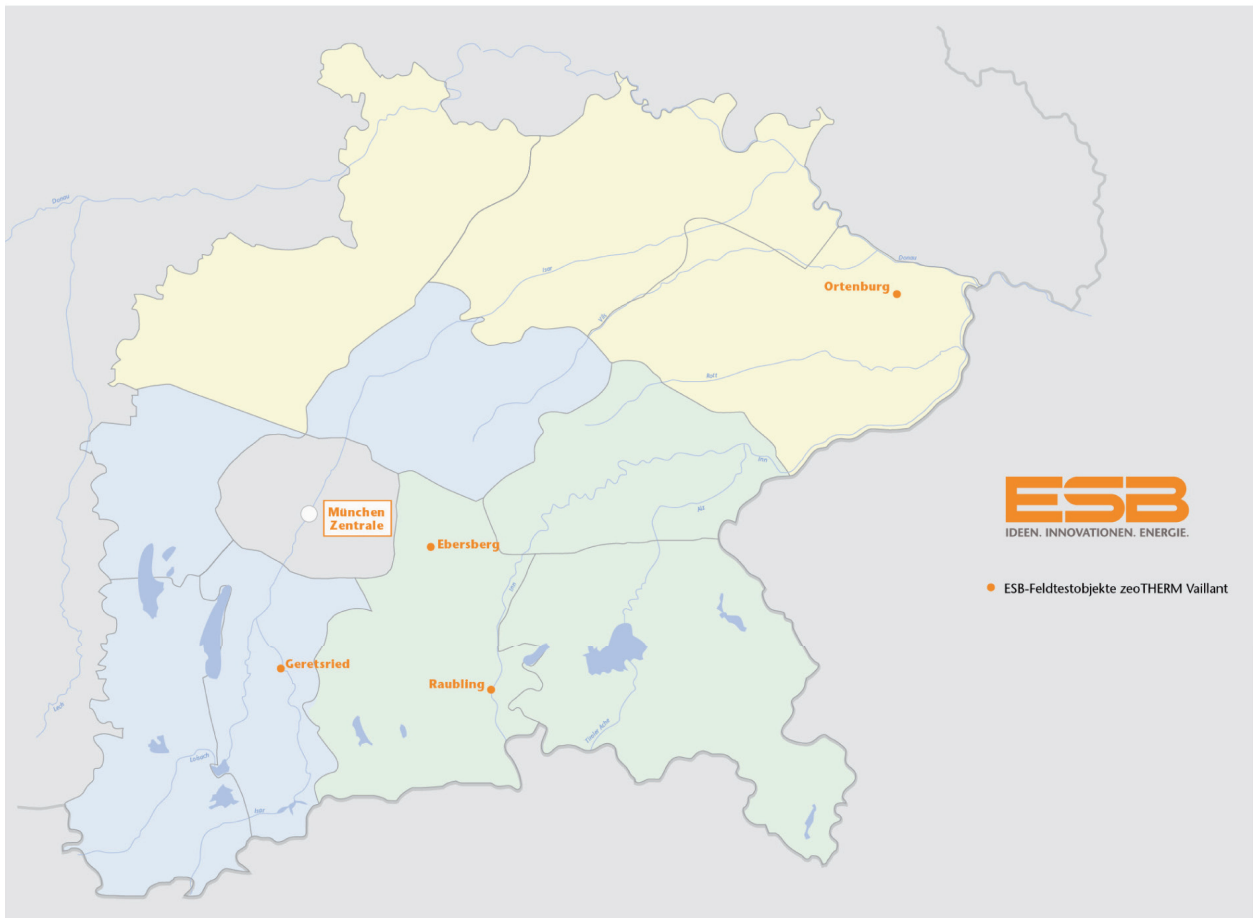
Die zeoTHERM Gas-Wärmepumpe kann entweder im abgestimmten System – bestehend aus Wärmepumpe, bivalentem Solar-Warmwasserspeicher, Solarkollektoren, Solarstation und Hydraulikkomponenten – installiert oder sogar als Einzelgerät in bestehende Solaranlagen integriert werden. Durch die Wahl der Umweltwärmequelle Flachkollektor oder Vakuum-Röhrenkollektor ist auch eine direkte solare Warmwasserbereitung möglich, welche parallel zur Adsorption arbeiten kann. Die kompakte Bauweise der Wärmequellenanlage und die Installation auf dem Dach machen eine Nachrüstung ohne großen Aufwand möglich. Daher kann die zeoTHERM auch im Gebäudebestand eingesetzt werden.

**Für den IGWP Feldtest wurden Geräte der Generation „/3“ und „/4“ deutschlandweit installiert und umfangreich vermessen.**



Übersicht Gerätestandorte zeoTHERM Vaillant (Stand 08.12.2011, Quelle E.ON Ruhrgas)

## Übersicht ESB Feldteststandorte: Vaillant zeoTHERM Gerätegeneration „/3“ und „/4“



ESB Feldtestanlage Fam. Thomas B. in Raubling







ESB Feldtestanlage Fam. Susanne H. in Ortenburg



ESB Feldtestanlage Fam. Matthias T. in Ebersberg

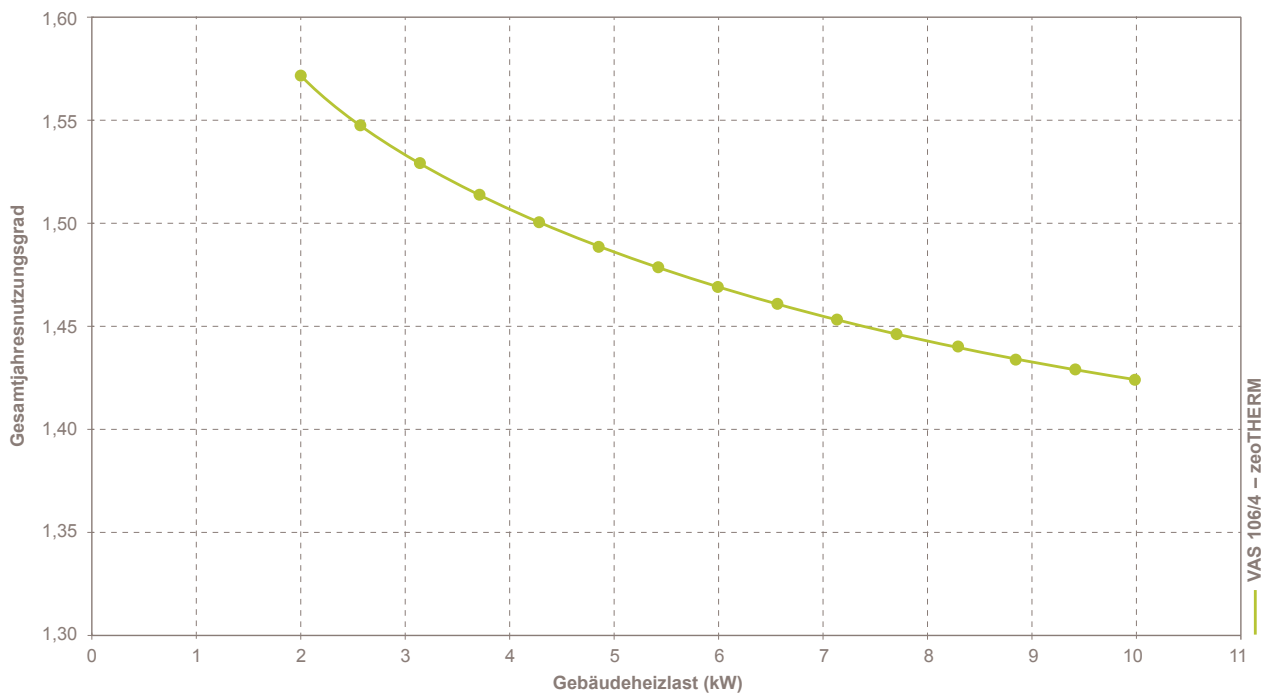


ESB Feldtestanlage Fam. Keno B. in Geretsried



Dabei zeigte sich die erwartete System-Wirkungsgradverbesserung von etwa 25 % im Vergleich zu einem reinen Brennwertgerät mit einer Fußbodenheizungsanlage. Als vorteilhaft erweisen sich in diesem Zusammenhang sonnenreiche Gebiete und ein geringer Gebäudeheizwärmebedarf. Mit diesen Parametern kann der Wirkungsgrad noch deutlich erhöht werden.

### zeoTHERM Gesamtjahresnutzungsgrad nach VDI 4650 (Blatt2)



Randbedingungen:

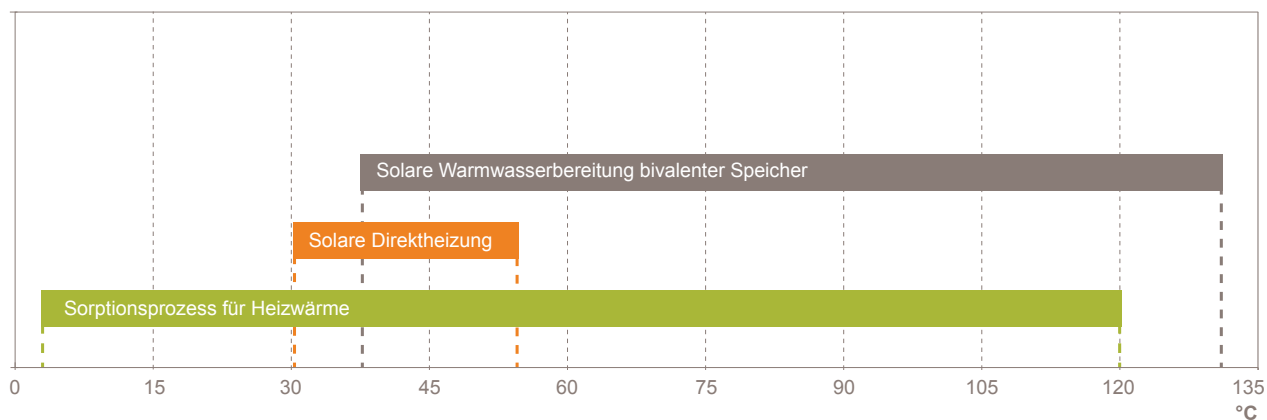
- Systemtemperaturen 35 °C/28 °C
- 18 % Jahresheizwärmebedarf für Warmwasserbereitung
- 60 % solarer Deckungsgrad für Warmwasserbereitung
- 5 % solarer Deckungsgrad für Heizung

Der hohe Wirkungsgrad bei kleinen Gebäudeheizlasten zeigt, dass der Wärmebedarf durch den reinen Wärmepumpenbetrieb gedeckt werden kann. Bei höheren Heizlasten wird der Anteil des Direktheizbetriebes durch Gas stets größer und die Gesamteffizienz fällt ab. Die Darstellung gilt für ein schon verbessertes Gerät der neuen Generation „/4“ mit solarer Direktheizung. Der tendenzielle Verlauf bei der Generation „/3“ ist aber identisch.

Im Jahr 2011 wurde dann die Mehrzahl dieser Wärmepumpen von Stand „/3“ auf den Stand „/4“ mit integrierter solarer Direktheizung umgerüstet, um so auch aussagekräftige Ergebnisse des optimierten Systems zu erhalten.

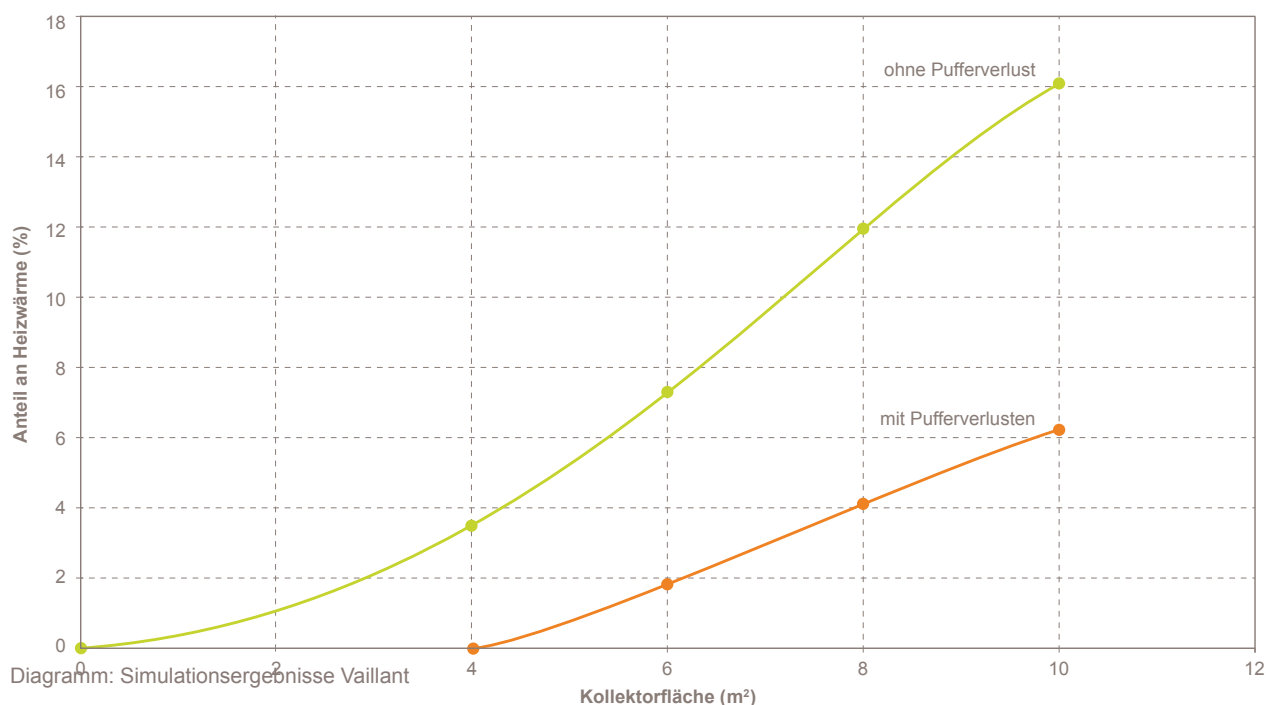
Bei ausreichender solarer Strahlung ist darüber hinaus auch ein Parallelbetrieb von direkter solarer Brauchwasserbereitung und solarer Direktheizung möglich. Durch diese Kombinationen kann der Kollektor über ein Temperaturband von 3 °C bis 130 °C nutzbringend für den Kunden eingesetzt werden.

### Nutzbare Solarkollektortemperatur von 3 °C bis 130 °C



Die solare Direktheizung ohne Pufferspeicher hat keine Speicherverluste und ermöglicht somit in Kombination mit dem Sorptionsprozess der Gas-Wärmepumpe eine Form von solarer Heizungsunterstützung mit nur 7 m<sup>2</sup> Flachkollektoren (bzw. 6 m<sup>2</sup> Vakuum-Röhrenkollektoren).

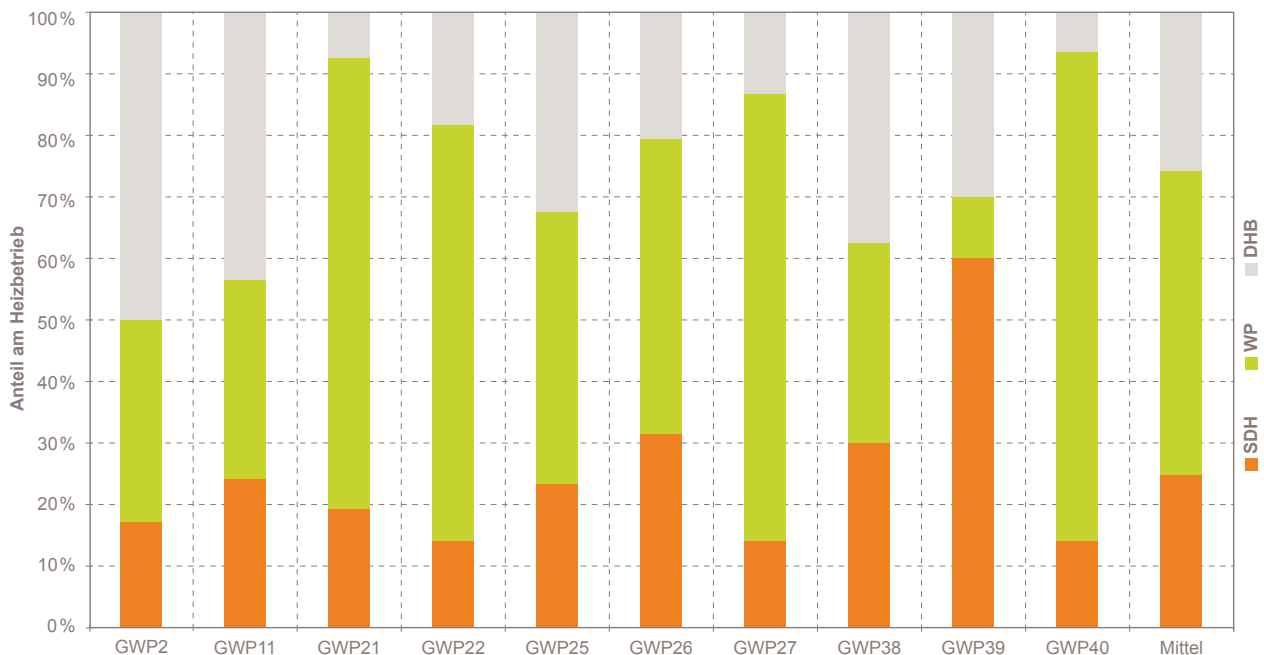
### Direkte solare Heizungsunterstützung am Beispiel VPS 1000 I Pufferspeicher und 300 I Solarspeicher



Die Wirksamkeit der solaren Direktheizung lässt sich anhand der Ergebnisse der installierten Feldtestanlagen einwandfrei nachweisen.

In der folgenden Abbildung werden die zeitlichen Anteile von Brennwertbetrieb (DHB) inkl. Brauchwasserbereitung, von Wärmepumpenbetrieb (WP) und von solarer Direktheizung (SDH) vom 20. bis zum 24.10.2011 an zehn Feldtestgeräten aus ganz Deutschland dargestellt.

### Verteilung der Heizungsanteile 20. – 24.10.2011 bei verschiedenen Zeolithgaswärmepumpen „/4“



Im Mittel wurde der Wärmebedarf im oben genannten Zeitraum in 24 % der Heizzeit über solare Direktheizung gedeckt. Die Umgebungstemperatur lag in diesem Zeitraum bei 3–10 °C bei leichter Bewölkung.

Sogar in den Wintermonaten Januar bis März 2012 konnte ein zeitlicher Anteil von 10 % im Mittel festgehalten werden. Durch die solare Direktheizung ist der Systemwirkungsgrad von Generation „/3“ zu Generation „/4“ um etwa 10 % angestiegen.

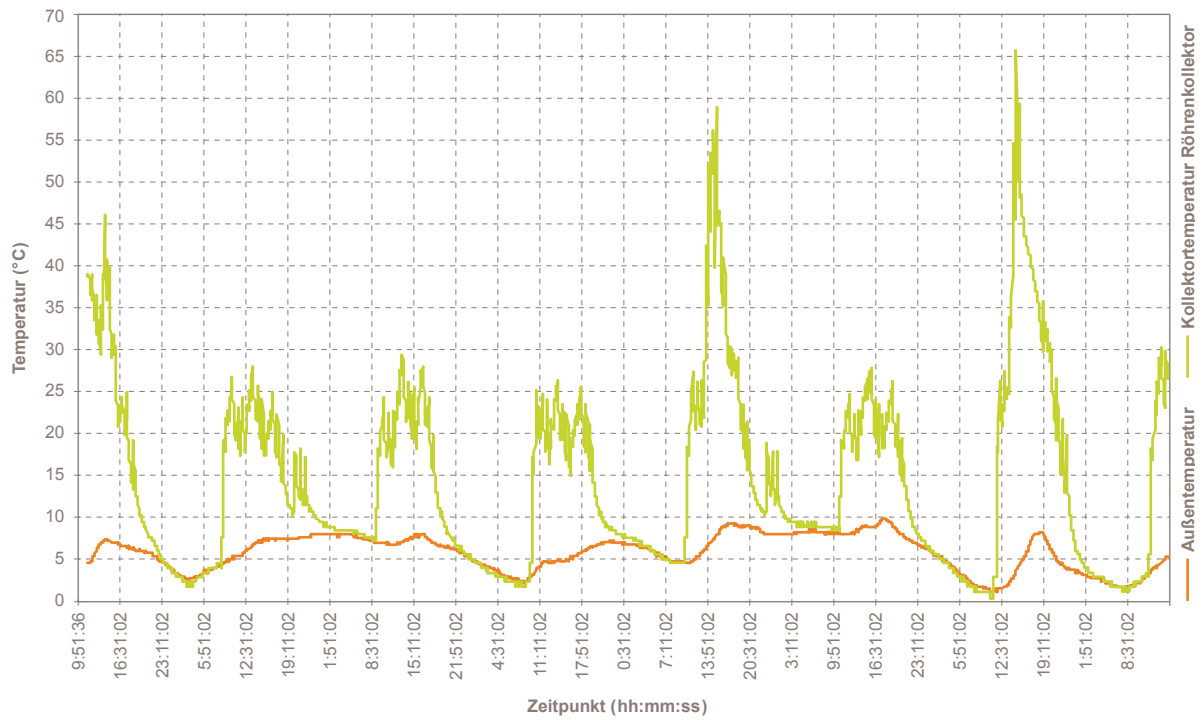
Auch Ergebnisse aus einer Simulation zeigen einen Deckungsanteil zwischen 5 % (bei 4 m<sup>2</sup> Aperturfläche, drei Personen WW-Nutzung) und 16 % (bei 9 m<sup>2</sup> Aperturfläche, sechs Personen WW-Nutzung) solarer Direktheizung im Jahresmittel bei verschiedensten Anlagenkombinationen. Die von Vaillant empfohlene Anlage mit einem 300 l Solarspeicher hat auch laut Simulation bei einem Drei- oder Vier-Personen-Haushalt und 7,05 m<sup>2</sup> Aperturfläche einen solaren Deckungsanteil für die Heizung von 11% mit einem Deckungsanteil für die Brauchwasserbereitung von 60 %. Diese Ergebnisse zeigen, dass das System so abgestimmt ist, dass die Brauchwasserbereitung nicht durch die solare Direktheizung beeinträchtigt wird. Bei höherem Warmwasserbedarf wäre eine solche, in diesem Falle eher wahrscheinliche Beeinträchtigung, leicht durch einen zusätzlichen Kollektor aufzufangen.

Ein weiterer Untersuchungspunkt des Feldtestes war der Unterschied der Wärmequellen Vakuum-Röhrenkollektor und Flachkollektor.

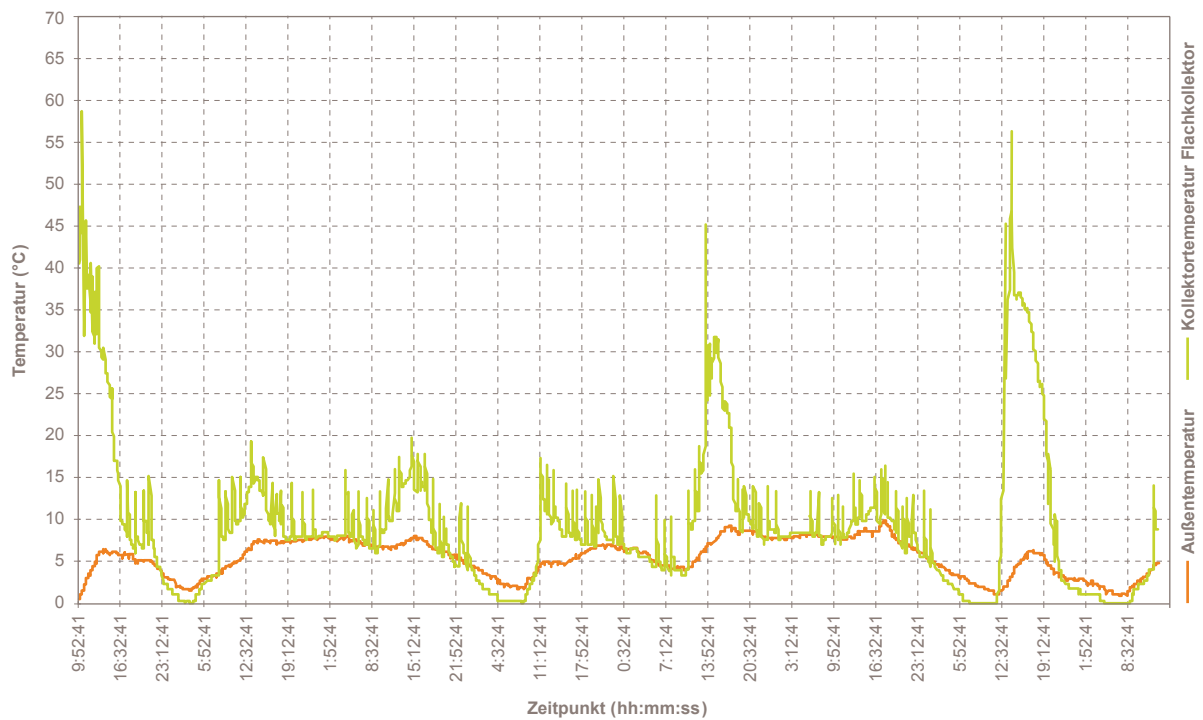
Für diese Untersuchung wurden vier Anlagen mit Vakuum-Röhrenkollektoren ausgestattet (3 x 6 m<sup>2</sup>, 1 x 5 m<sup>2</sup>). Ein Vergleich der Anlagen konnte bestätigen, dass der Vakuum-Röhrenkollektor speziell bei diffusem Licht deutlich höhere Temperaturen zur Verfügung stellt. So hat die Anlage mit den Röhren bei diffusem Licht eine mittlere Temperaturerhöhung zur Umgebungstemperatur von 12,5 °C, während der Flachkollektor in der Nachbarschaft nur 5 °C zur Verfügung stellt. Bei starker Sonneneinstrahlung liegen die Temperaturen in ähnlicher Größenordnung.



**Röhrenkollektor, Messzeitraum 22. – 29.11.2011**



**Flachkollektor, Messzeitraum 22. – 29.11.2011**



Auch die Simulation bestätigt diese Ergebnisse, nach der der Vakuum-Röhrenkollektor im Jahresmittel um 5,3 K höhere Temperaturen aufweist als der Flachkollektor.

Diese erhöhten Quellentemperaturen begünstigen den Betrieb von Anlagen bei höheren Heiztemperaturen (55 °C/45 °C, Radiatoren).

Es wird daher empfohlen derartige Systeme mit Vakuum-Röhrenkollektoren auszustatten.



zeoTHERM System mit Vakuum-Röhrenkollektoren

Wie in der VDI4650 (Blatt 2) beschrieben, bestimmt sich die mittlere Temperaturdifferenz zwischen Kollektortemperatur und Umgebungstemperatur nach:

$$T_{koll,in} - T_U = \Delta T_R \cdot \left[ 1 - e^{-\left(\frac{A}{A_R}\right)} \right]$$

mit

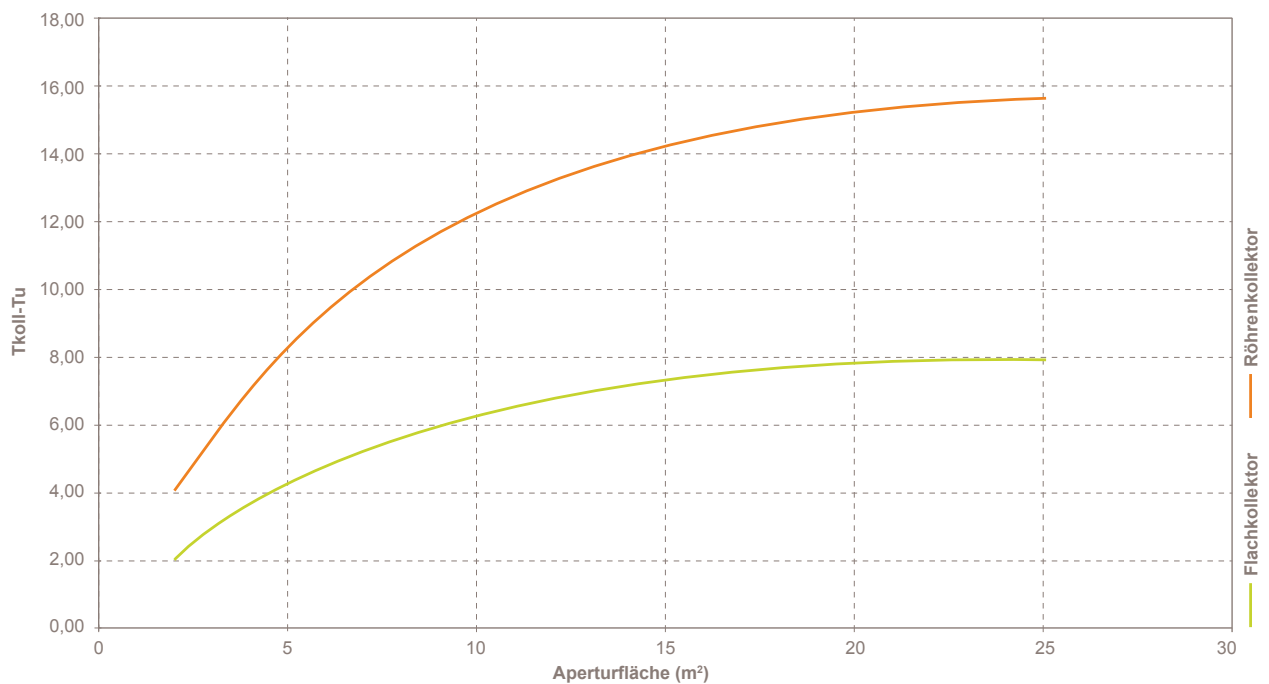
- A Aperturfläche des Kollektors in m<sup>2</sup>
- $\Delta T_R$  Referenztemperaturdifferenz
- $A_R$  Referenzkollektorfläche

mit den Parametern für Flachkollektoren aus der Tabelle.

Für die Vakuumröhre ergeben sich dann, abgeleitet aus Simulationen und den Feldergebnissen, die in der Tabelle beschriebenen Ergebnisse.

Kollektorart	$\Delta T_R$	$A_R$
	[K]	[m <sup>2</sup> ]
Flachkollektor	8.2	6.9
Vakuumröhre	16	6.9

### Differenz zwischen Kollektor- und Umgebungstemperatur bei verschiedenen Kollektortypen



Auch der solare Deckungsanteil zeigt einen ähnlichen Kurvenverlauf, wobei der Einfluss der Aperturfläche quadratisch eingeht.

Somit ergibt sich aus den Simulationen für den Deckungsanteil folgender Zusammenhang:

$$\eta_{sol,Hz} = \frac{\Delta\eta_R}{Qn} \cdot \left[ 1 - e^{-\left(\frac{A^2}{A_R^2}\right)} \right]$$

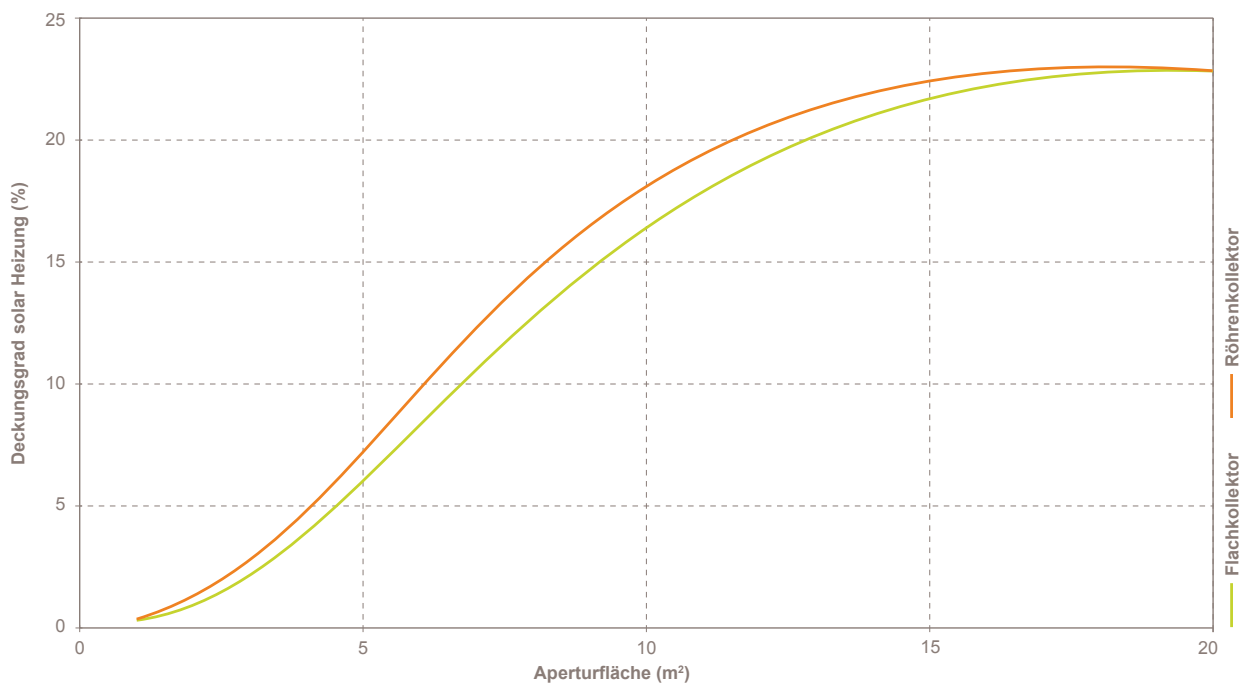
mit

- A Aperturfläche des Kollektors in m<sup>2</sup>
- $\Delta\eta_R$  Referenzanteil
- $A_R^2$  Quadrat der Referenzkollektorfläche
- Qn Geräteleistung

und den folgenden Parametern:

Kollektorart	$\Delta\eta_R$	$A_R^2$
	[kW]	[m <sup>2</sup> ]
Flachkollektor	2,3	80
Vakuurröhre	2,3	65

### Deckungsgrad SDH bei Vakuüm-Röhren- und Flachkollektoren bei einem 10-kW-Gerät



Ein Verbrauchsvergleich bei einem Wechsel von einer Gas-Brennwertanlage mit Fußbodenheizung zu einem zeoTHERM „/3“ Saystem zeigte eine Reduzierung von ca. 30 % im Gasverbrauch und entspricht damit den vorab genannten Ergebnissen.

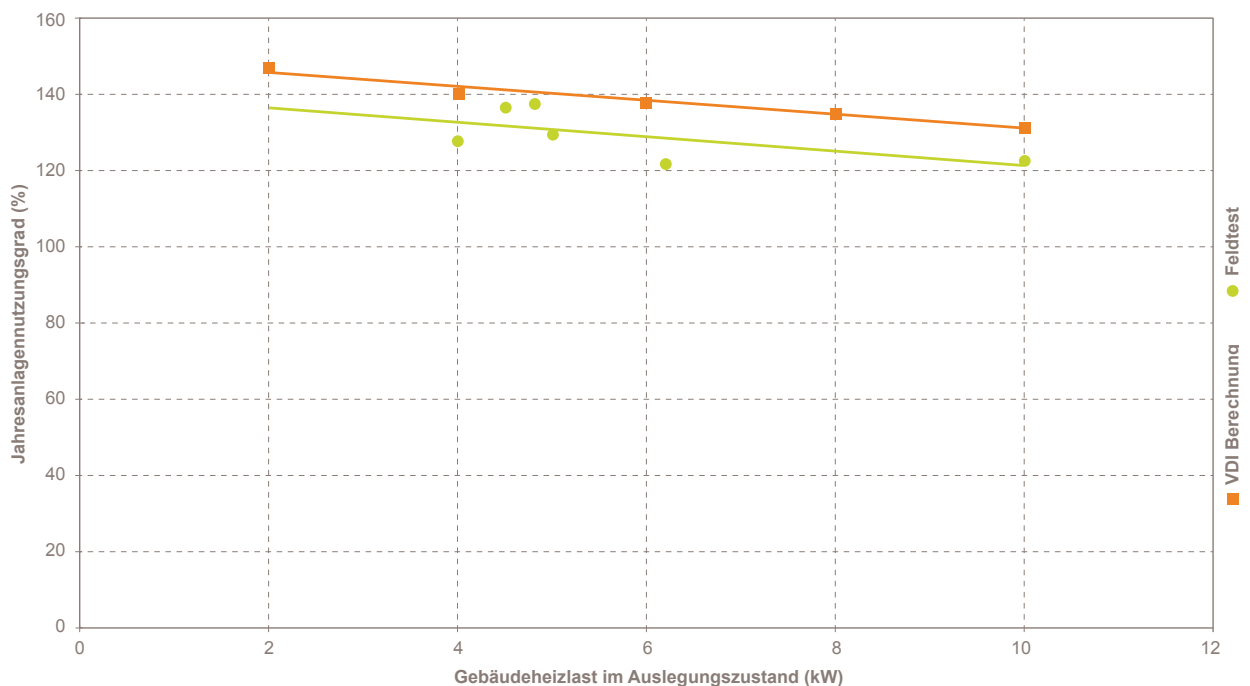
Bei einer Radiatorenanlage „Gas-Heizwert mit solarer Brauchwasserbereitung“ reduzierte ein Wechsel zu einem zeoTHERM „/4“ System (5 m<sup>2</sup> Aperturfläche) den Gasverbrauch um gute 30 % im Vergleich zum Vorjahr.

Eine dritte Anlage der Berliner Gaswerke (GASAG) zeigte eine Einsparung von 19 % bei einem Wechsel von einer Gas-Brennwertanlage mit Fußbodenheizung zu einem zeoTHERM „/3“ System.

Ein Vergleich der Jahresnutzungsgrade der Feldtestanlagen mit den erwarteten Nutzungsgraden nach VDI 4650 (Blatt 2) bei einem Heizsystem 35 °C/28 °C zeigte trotz nicht idealer Bedingungen vieler Feldtestanlagen eine Differenz unter 10 %.

Dieses Ergebnis, welches vom Gas- und Wärmeinstitut ausgearbeitet wurde, zeigt, dass die VDI-Richtlinie das Zeolith-System sehr gut beschreibt.

### Vergleich Feldtest/VDI-Berechnung



Randbedingungen für die VDI 4650 Blatt 2

- Systemtemperaturen 35 °C/28 °C
- 18 % Jahresheizwärmebedarf für Warmwasserbereitung
- keine solare Heizungsunterstützung

Abbildung: Gegenüberstellung der Feldtestdaten (ohne solare Heizungsunterstützung) und der Erwartungswerte (VDI 4650 Blatt 2, ohne solare Heizungsunterstützung), Quelle GWI Essen

## Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Zeolith-Wärmepumpen von Vaillant im Vergleich zu einer Brennwertanlage eine Effizienzverbesserung von etwa 35 % erzielen können. Dabei erweisen sich folgende Parameter als positiv:

- Kleiner Wärmebedarf
- Niedrige Heiztemperaturen
- Hohe Sonneneinstrahlung auf die Kollektoren
- Röhrenkollektoren bei höheren Heiztemperaturen
- Brauchwasserspeicher nicht größer als für den Bedarf notwendig

Alle Feldtestanlagen überzeugten durch eine hohe Zuverlässigkeit.

Das Blatt 2 der VDI 4650 beschreibt das Vaillant Zeolith-System sehr genau. Aufgrund der dort beschriebenen Messung ist die zeoTHERM im Marktanreizprogramm als förderfähig gelistet, so dass der Kunde bei der Modernisierung im Gebäudebestand für die VAS 106/4 2.400 € Förderung\* erhält.

Auch die neuesten ENEC-Anforderungen werden von dem System erfüllt. Durch die Steigerung der Effizienz bei Reduzierung des Wärmebedarfs ist eine Dämmung des Gebäudes auch nach Installation des Gerätes noch sinnvoll. Es ergibt sich keine Überdimensionierung des Gerätes, da sich bei einer Installation ausschließlich der Wärmepumpenanteil vergrößern würde.

Die Zeolith-Gas-Wärmepumpe zeoTHERM VAS 106/4 und die ab August 2012 erhältliche neue Leistungsgröße VAS 156/4 mit 15 kW kann gleichermaßen gut im Neubau mit Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizung) wie auch in der Modernisierung mit Radiatoren eingesetzt werden. Bei der Modernisierung im Gebäudebestand ist eine Förderung\* dieses Gerätes von 3.000 € möglich.

Das Einzelgerät zeoTHERM kann bei Austausch eines Altgerätes zum Beispiel problemlos in eine bestehende Anlage für solare Warmwasserbereitung integriert werden. Die Voraussetzungen sind hier lediglich thermische Solarkollektoren und ein solarer bivalenter Warmwasserspeicher. Das Ergebnis ist eine Effizienzsteigerung, vergleichbar von einer solaren Warmwasserbereitung hin zu einer solaren Heizungsunterstützung ohne zusätzlichen Pufferspeicher oder Vergrößerung der Kollektorfläche.

Die Zeolith-Gas-Wärmepumpe hat als konsequente Weiterentwicklung der etablierten Gas-Brennwerttechnik großes Potenzial und zeigt eindrucksvoll die Zukunftsfähigkeit der Wärmenergie Erdgas. Durch ihre hohen Wirkungsgrade, den hohen Anteil an regenerativer Energie und eine gute CO<sub>2</sub>-Bilanz kann sie einen wichtigen Beitrag zur Erfüllung der Klimaziele leisten.

\* Stand August 2012