

Luftbasierte Wärmepumpen mit guten Chancen

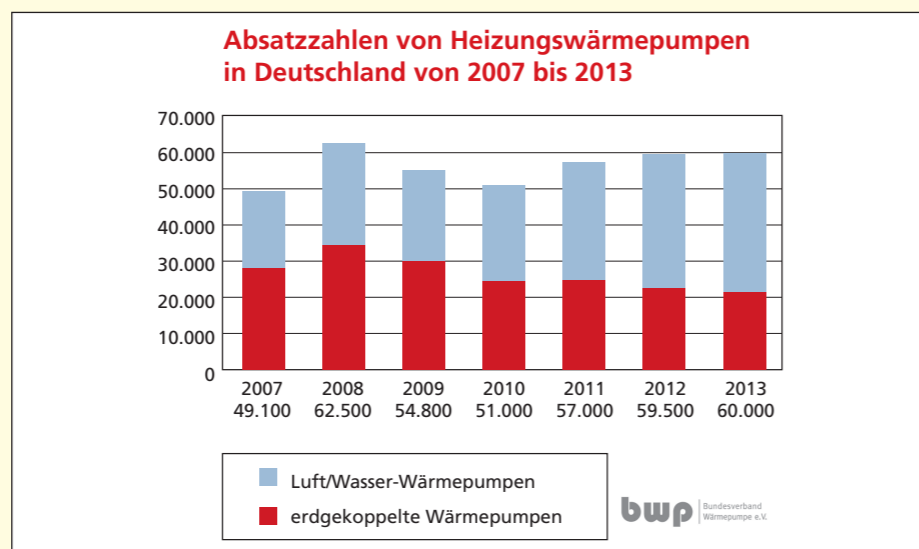
Wilhelm Wilming

Für die Sanierung des Gebäudebestands vor allem im urbanen Bereich sind luftbasierte Wärmepumpen mit hohen Ausgangstemperaturen eine interessante zukunftsweisende Technologie. Auf einem Fachforum des Ostbayerischen Technologie-Transfer-Instituts (OTTI) wurden zu diesem Thema neben Luft/Wasser-Wärmepumpen auch luftbasierte Hybrid- und Gasabsorptions-Wärmepumpen vorgestellt.

Von den 60.000 Wärmepumpen, die im Jahr 2013 insgesamt verkauft wurden, waren 38.000 Geräte für die Wärmequelle Luft ausgelegt. Das entspricht einem Marktanteil von 64,8 %. „Dieser Trend zu Luft/Wasser-Wärmepumpen wird in den kommenden Jahren anhalten“, sagte dazu Karl-Heinz Stawiarski vom Bundesverband Wärmepumpe (BWP) den Teilnehmern des OTTI-Fachforums, das kürzlich in Frankfurt/Main stattfand. Dieses Phänomen sei bereits von Wärmepumpenmärkten in der Schweiz und in Schweden bekannt. Als wichtigsten Grund für den Erfolg der Luft/Wasser-Wärmepumpen sehe er die kostengünstige Nutzung der Wärmequelle Luft. „Aufwändige Installationen von Erdwärmesonden und Erdreichkollektoren, wie sie bei den konkurrierenden Wärmepumpensystemen erforderlich sind, entfallen“, so der Geschäftsführer des BWP weiter.

In der Altbau-Modernisierung haben es Luft/Wasser-Wärmepumpen allerdings etwas schwerer, wie Dr.-Ing. Andreas Bühring von der Viessmann Wärmepumpen GmbH auf derselben Veranstaltung zu bedenken gab: „Meistens sind keine Fußboden- oder anderen Flächenheizungen vorhanden oder nur aufwändig nachzurüsten. Mit der Dämmung der Fassade und weiteren Maßnahmen wie Fensteraustausch, Abdichtung der Gebäudehülle und Nachrüstung einer Lüftungsanlage lässt sich die Vorlauftemperatur des Heizsystems zwar absenken. Sie bleibt aber trotzdem in den meisten Fällen höher als bei Heizsystemen im Neubau“. Diese Vorlauftemperatur müsse die Wärmepumpe auch bei niedriger Außenlufttemperatur liefern können, so Bühring

Der Autor
Wilhelm Wilming, Ahaus



weiter. Außerdem solle sie das häusliche Trinkwasser aufheizen können, ohne dabei einen zusätzlichen Elektroheizstab zuschalten zu müssen.

Luft/Wasser-Wärmepumpe für hohe Vorlauftemperatur

Seit einigen Jahren bauen viele Hersteller in ihre Wärmepumpen Verdichter ein, die eine Vorlauftemperatur von 60 °C ermöglichen, bei einer Temperatur von -10 °C am Verdampfer. Erreicht wird dieser relativ große Temperaturhub mit einer Dampfwischeneinspritzung von Kältemittel, „Enhanced Vapourized Injection“ (EVI) genannt.

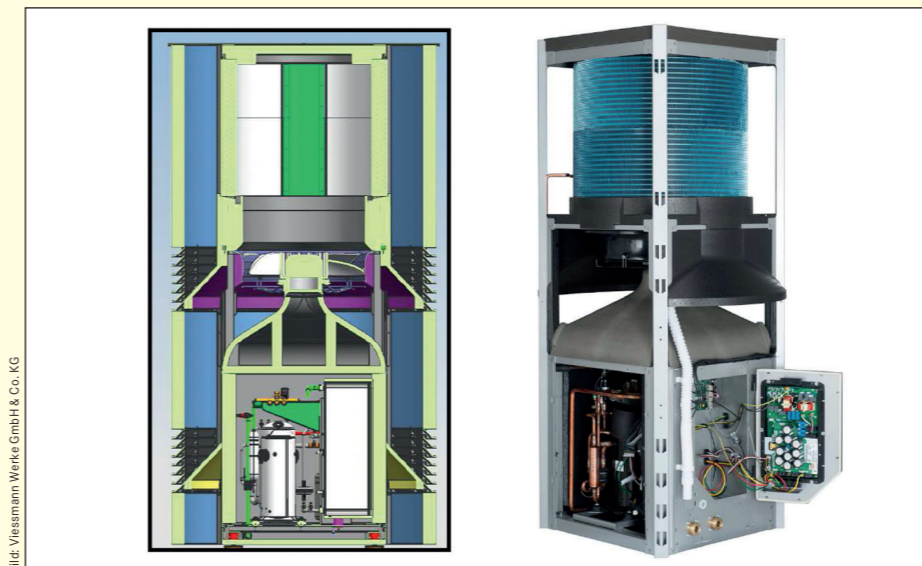
Um eine noch höhere Temperaturdifferenz realisieren und damit eine noch niedrigere Temperatur der Wärmequelle „verkräften“ zu können, hat die Firma Copeland einen Verdichter entwickelt, bei dem nicht dampfförmiges, sondern flüssiges Kältemittel eingespritzt wird, wie Bühring berichtete. Außerdem sei dieser Verdichter über einen Inverter drehzahlregelt, so dass er sich besonders effizient im

modulierenden Teillastbetrieb nutzen lasse, was sich erwiesenermaßen in einer besonders hohen Jahresarbeitszahl niederschlägt.

„Darauf aufbauend“, so Viessmanns Entwicklungsleiter Bühring weiter, „haben wir in einem über drei Jahre dauernden Entwicklungsprojekt eine komplett neue Luft/Wasser-Wärmepumpe entwickelt, die auf der heutigen Tagung erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt wird. In diesem Projekt haben wir besonders hohen Wert auf die maximal erreichbare Effizienz des Kältekreislaufes und auf einen extrem leisen Betrieb im Vergleich zum Stand der Technik gelegt“.

Neben dem Verdichter haben Bühring und sein Entwicklungsteam weitere neuartige Komponenten in ihrer neuen Luft/Wasser-Wärmepumpe verbaut:

- einen Kältemittelsammler, der den sonst üblichen Zwischenwärmetauscher und das zweite Expansionsventil ersetzt und
- eine im Sammler integrierte Schaltung zur geregelten Flüssigeinspritzung des Kältemittels in den Verdichter.



Schnittzeichnung der Vitocal 300-A: Ein Ventilator saugt über ein Lamellenpaket im Außengehäuse Außenluft an und führt sie durch Luftkanäle mit schallabsorbierendem Material durch den Verdampfer. Anschließend umströmt die Luft als Mantelstrom den Maschinenraum des Verdichters, kapselt diesen ebenfalls gegen die Umwelt ab und verlässt die Wärmepumpe durch das untere Lamellenpaket.

Eine zusätzliche Regelung für die Kältemitteltemperaturen im Bereich von Verdampfer und Verflüssiger (mit Biflow-Expansionsventil) erhöht die Effizienz der Wärmepumpe. „Hierdurch wird der COP der Wärmepumpe bei A7/W35 auf 5,0 gesteigert, bei A2/W35 hat er immer noch den Wert 3,9“, kommentierte Bühring diese technische Neuheit.

Die Anforderungen an den Lärmschutz im Umfeld von Luft/Wasser-Wärmepumpen sind gestiegen. Sie stellen für die Hersteller eine große Herausforderung dar, der sich Viessmann auch bei der Entwicklung der Vitocal 300-A, so die Bezeichnung der neuen Wärmepumpe, gestellt hat. Mit Erfolg, wie der extrem geringe Schallleistungspegel von maximal 50 bis 54 dB(A) erwarten lässt. Erreicht haben die Techniker diesen Wert mit einem völlig neuen Prinzip der Luftführung, das Bühring wie folgt beschreibt: „Der Kältekreislauf ist doppelt körperschallentkoppelt gelagert und hermetisch dicht eingekapselt. Um diesen Maschinenraum und um den Ventilator herum wird die Luft als vollständiger, runder Mantelstrom herumgeführt und isoliert alle internen Komponenten akustisch von der Außenwelt. Dank dieser Ausgestaltung der Luftführung lässt sich die Luft/Wasser-Wärmepumpe in bestehenden Wohngebieten mit einem Abstand von nur fünf Metern zum Schlafzimmerfenster des Nachbarn aufstellen“. Die neue Wärmepumpe ist mittlerweile unter der Bezeichnung Vitocal 300-A im Produktverzeichnis von Viessmann zu finden.

Hybrid-Wärmepumpe als Kompaktgerät

Viele potenzielle Käufer von Wärmepumpen zeigen sich zunehmend durch die kontinuierlich steigenden Strompreise verunsichert und scheuen vor einer Kaufentscheidung zurück.

Diese Zurückhaltung ist auch an den seit geraumer Zeit kaum steigenden Absatzzahlen abzulesen. Das verbliebene Wachstum ist sicher zu einem nicht unerheblichen Teil Käufern zu verdanken, die bei ihren Investitionsentscheidungen die ökologischen Vorteile einer Wärmepumpe im Auge haben.

Wer dann gleichzeitig Verbrauchsspitzen bei der Heizungsanlage abdecken muss – etwa weil die Luft/Wasser-Wärmepumpe ein bestehendes Gebäude ohne Nieder-temperaturheizung auch an kalten Tagen beheizen und die Warmwasserversorgung übernehmen soll –, wird als zusätzlichen Wärmeerzeuger einen Gaskessel und eine intelligente Regelung installieren lassen und die Wärmepumpe bivalent betreiben.

Eine Weiterentwicklung solcher bivalenter Heizungsanlagen sind Hybrid-Wärmepumpen, von denen sich Bühring nachhaltige Vorteile verspricht. Eine Hybridwärmepumpe mit einer guten Regelung gebe dem Anlagenbetreiber die Sicherheit, in den nächsten 15 bis 20 Jahren zu jeder Zeit die jeweils preislich günstigere Endenergie (sei es Gas oder Strom) nutzen zu können,

unabhängig davon wie sich der Gas- und Strompreis in den nächsten Jahren entwickelt.

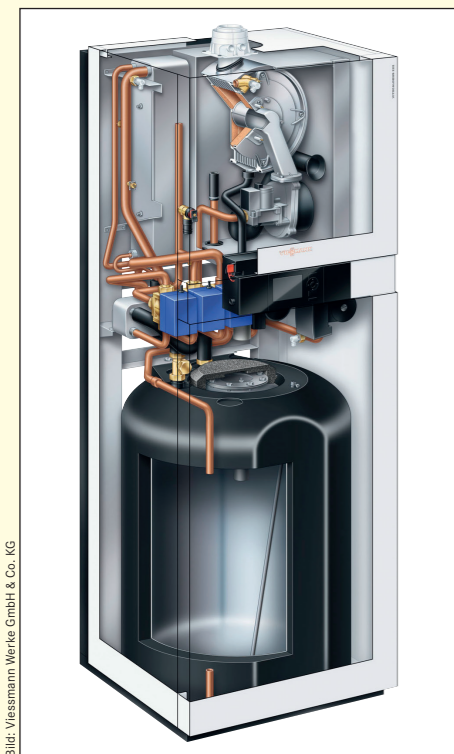
Bühring wies ferner auf eine Option hin, die nach seiner Meinung schon bald Realität werden dürfte: Energieversorgern käme es entgegen, wenn sie – das Einverständnis des Kunden vorausgesetzt – im Winter bei Windstille und fehlendem Sonnenschein elektrische Verbraucher vom Netz nehmen könnten, auch über einen längeren Zeitraum, um ihre Stromnetze zu entlasten. Hybrid-Wärmepumpen würden dann Energie aus dem Gasnetz beziehen. Die Kooperation des Kunden dürften die Energieversorger mit besonders günstigen Stromtarifen honorieren.

Heizungsbauer Viessmann hat mit seiner Hybrid-Wärmepumpe Vitocaldens 222-F eine typische Versorgungssituation untersucht sowie Kosten und Effizienz berechnet, wie Bühring berichtete. Er schickte voraus, dass sich bei der Hybrid-Wärmepumpe die folgenden zwei Betriebsweisen unterscheiden lassen:

- **Der primärenergetisch optimierte Betrieb:** Ihn wählt der Anlagenbetreiber, wenn die Gaszelle die Leistung der Wärmepumpe ergänzt.
- **Der ökonomisch optimierte Betrieb:** Hierfür gibt der Anlagenbetreiber den Gas- und den Strompreis ein. Ein Regler errechnet daraus und aus den Daten der Wärmeerzeuger, der Wärmequelle und des Heizsystems die mögliche Effizienz der beiden Wärmeerzeuger. Der Regler startet dann den Wärmeerzeuger mit den geringsten Kosten. Wenn die Wärmepumpe im optimalen Betriebszustand nicht die ganze Heizlast abdeckt, wird die Gaszelle bivalent-parallel in Reihe nachgeschaltet und modulierend auf die geforderte Vorlauftemperatur geregelt.

Für die folgenden Berechnungen wurde ein modernisiertes Gebäude mit einer Heizlast von 14 kW bei -10 °C Außentemperatur und einer optimierten Radiatorheizung mit 45 °C Vorlauftemperatur angenommen.

Die Ergebnisse der gemessenen und berechneten Werte zeigt die Grafik auf Seite 46: Die Wärmepumpe wird ab einer Temperatur über -7 °C in optimierter Teillast betrieben (blaue Kurve). Ab 4 °C ist es dann effizienter, auf monovalenten Betrieb umzuschalten. Bei einem Gaspreis von 7 Ct und einem Wärmepumpen-Stromtarif von 19 Ct ist der Wärmepreis bei einer Außentemperatur von -6 °C bei



Split-Hybrid-Wärmepumpe Vitocaldens 222-F von Viessmann. In der Inneneinheit sind Wärmepumpe, Gas-Brennwertkessel und ein 130 l-Trinkwasserspeicher untergebracht.

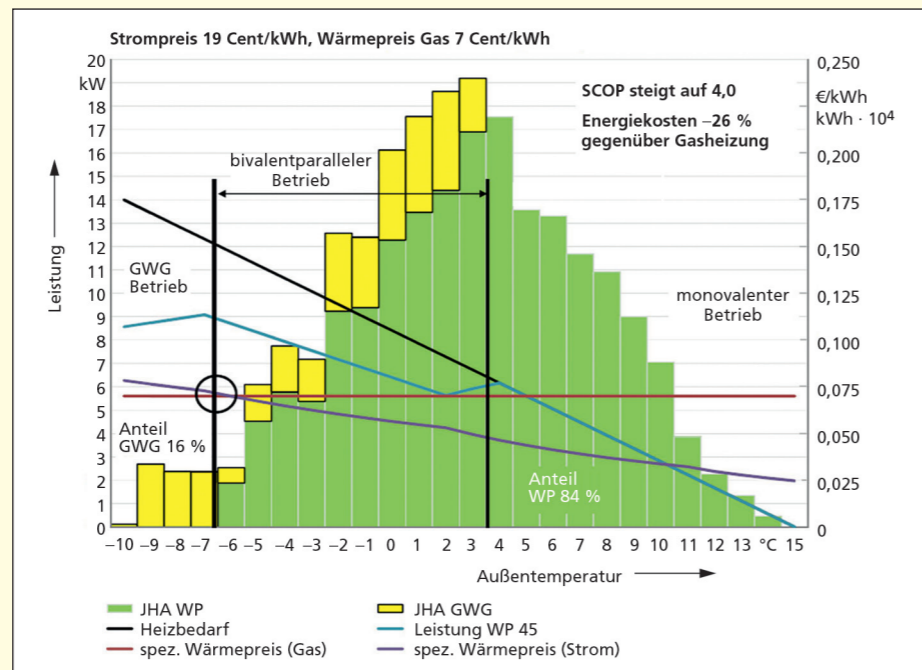
beiden Erzeugern gleich. Zwischen -6 und $+3$ °C sind beide Wärmeerzeuger bivalent-parallel in Betrieb. Die Wärmepumpe deckt 84 % der Heizwärme, die Gaszelle die restlichen 16 %. Zeitvariable Tarife oder verbilligter Nachtstrom sind hierbei nicht berücksichtigt.

In einer weiteren Berechnung wurde davon ausgegangen, dass der Energieversorger keinen Wärmepumpentarif gewährt und der Kunde einen Strompreis von 24 Ct bezahlen muss.

Dann liefert die Wärmepumpe „nur“ noch 62 % der Heizwärme. Der bivalent-parallel Betrieb beschränkt sich auf den Temperaturbereich von 1 bis 3 °C, was aber immer noch 27,5 % der gesamten Heizwärme ausmacht, die zu 4/5 von der Wärmepumpe gedeckt wird.

Durch die Verschiebung des Außentemperaturprofils während der Nutzung der Wärmepumpe steigt deren Jahresarbeitszahl auf 4,33. Trotz des höheren Strompreises und des höheren Anteils der Gas-Heizwärme beträgt die Energiekosteneinsparung immer noch 13 %.

„Die Berechnungen zeigen“, so Bühring zum Schluss, „dass unsere Hybrid-Wärmepumpe hocheffizient ist und langfristig die Möglichkeit bietet, immer automatisch



Automatische Bivalenzpunkt-Adaption bei Stromkosten von 19 Ct/kWh

den günstigeren der zur Verfügung stehenden Energieträger zu nutzen“.

Gasabsorptionswärmepumpen für den Einsatz im Gebäudebestand

Die jüngste Marktübersicht der ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (www.asue.de) zeigt, dass die Mehrzahl der bereits marktreifen Gas-Absorptionswärmepumpen für Ein- und Zweifamilienhäuser weniger geeignet ist, da ihre Heizleistung dafür meistens zu hoch ist.

Umso mehr freuten sich die Teilnehmer des OTTI-Fachforums auf den Beitrag von Andreas Bangheri von der Firma E-Sorp GmbH, die solche Wärmepumpen entwickelt und zur Serienreife führt. Die Funktionsweise von Absorptionswärmepumpen ähnelt der von Elektro-Kompressionswärmepumpen. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, dass Absorptionswärmepumpen üblicherweise mit Gas betrieben werden und anstelle eines mechanischen Kompressors einen so genannten thermischen Verdichter nutzen.

Der Kältemittel-Kreisprozess lässt sich in mehrere Schritte aufteilen:

- Die Beschreibung beginnt (üblicherweise) mit der Verdampfung des flüssigen Kältemittels im Verdampfer, verursacht durch Wärmeenergie, die der Wärmequelle entzogen wird.

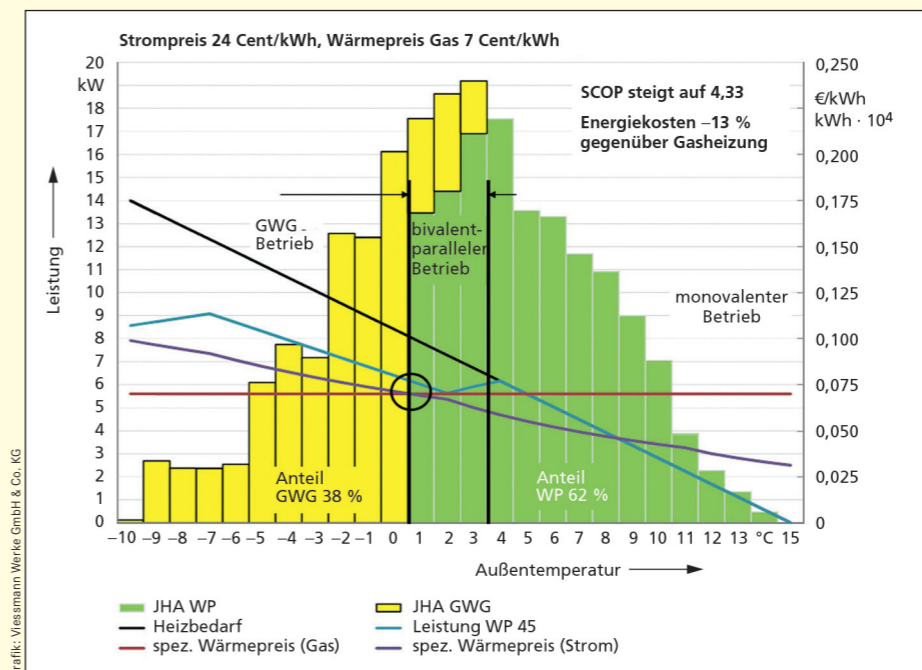
- Das dampfförmige Kältemittel, bei Absorptionswärmepumpen häufig Ammoniak (NH_3), strömt unter geringem Druck zum Absorber und wird dort von einer wässrigen Lösung absorbiert; es entsteht eine „reiche Lösung“. Bei diesem Vorgang wird Wärme frei, die über einen Wärmetauscher dem Heizungssystem zugeführt wird.

- Die „reiche Lösung“ gelangt mit Hilfe einer kleinen elektrischen Pumpe zum thermischen Verdichter, auch Kocher oder Austreiber genannt. Dort bewirkt die Zufuhr von Wärme (mit einem Gasbrenner), dass das Kältemittel verkocht bzw. ausgetrieben wird. Die übrig bleibende nahezu kältemittelfreie wässrige Lösung („arme Lösung“) fließt in den Absorber zurück.

- Der Kältemitteldampf hat nun als Folge des Austreibens ein hohes Druck- und Temperaturniveau. Er gelangt in den Verflüssiger, wo ihm über einen Wärmetauscher Wärme entzogen wird. Dabei ändert sich sein Aggregatzustand, er wird flüssig.

- Das flüssige Kältemittel wird im Expansionsventil entspannt und kehrt damit auf das vorherige Druck- und Temperaturniveau zurück.

Bangheri stellte eine Sole/Wasser-Absorptionswärmepumpe der Alpha-Serie seines Unternehmens vor. Dabei handelt es sich um ein modulierendes gasgetriebenes Vorseriengerät für den Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern mit einem Wärmebedarf von 5 bis 18 kW. Es sei be-



Automatische Bivalenzpunkt-Adaption bei Stromkosten von 24 Ct/kWh

sonders gut geeignet für bestehende Häuser mit Gasanschluss und Kamin, betonte Bangheri. Der Anschluss eines Niedertemperatur-Heizsystems sei von Vorteil.

Weitere Daten:

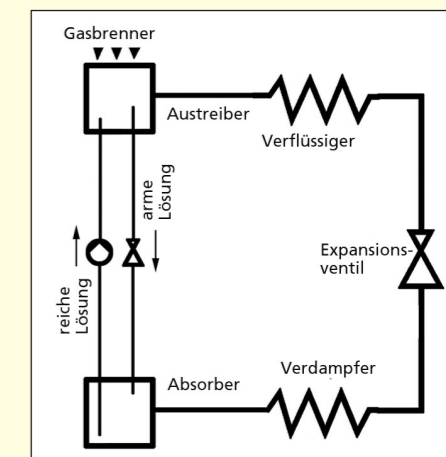
- Betrieb mit Erd- oder Flüssiggas
- nur minimaler Stromverbrauch
- optimierter Wirkungsgrad
- intelligente Regelung
- Hocheffizienzpumpen A++
- ohne Änderungen an Versorgungs- und Netzstrukturen einsetzbar.

Zurzeit wird die Absorptionswärmepumpe nach Auskunft von Bangheri am firmeninternen Prüfstand verschiedenen Leistungstests unterzogen. Man simuliere typische Nutzungsprofile für Ein- und

Zweifamilienhäuser, um die Maschine auf die Anforderungen in der Realität abzustimmen. Der nächste Schritt werde die Überleitung der Absorptionswärmepumpe in ein serienreifes Gerät sein.

Um den stabilen Prozess der Wärmepumpen bestätigen zu können, müssten noch Zertifizierungen, Leistungsmessungen in unabhängigen Prüflaboren, Feldtests mit externer messtechnischer Begleitung in Kooperation mit ausgewählten Partnern und Steuerungsoptimierung absolviert werden. Weitere wichtige Entwicklungsschritte sind laut Bangheri:

- Entwicklung der Luftverdampferinheit (Verdampfer, Ventilator, Gehäuse)
- optimale Systemkonfiguration für hohe Vorlauftemperaturen



Kältemittelkreislauf einer Absorptionswärmepumpe

- Festlegen des Bivalenzpunkts (Umschalten von Wärmepumpen- in reinen Gasbrennerbetrieb)
- Optimieren des Verdampfer-Designs mit verringerten Vereisungs- und verbesserten Enteisungseigenschaften durch entsprechende Lamellengeometrien
- experimentelle Validierung einer optimierten Verdampferinheit mit optimierter Luftführung, Enteisungsstrategie und reduzierter Schallemission.