

Ein Jahr e-Wärmepumpen: Erfahrungsbericht

In einer neuen Generation von Wärmepumpen, den e-Wärmepumpen, kommen seit 2008 modifizierte Kältekreise mit modernster Elektronik zum Einsatz, ähnlich wie in innovativen Fahrzeugen zur Kraftstoffreduktion und Fahrunterstützung. Digitale Leistungsregelung (Digital Scroll) und elektronische Expansionsventile (EEV) ermöglichen die Anpassung der momentanen Leistung der Wärmepumpen an den Bedarf der Raumheizung, verbessern den COP durch sehr präzise Steuerung des Kältekreises und erhöhen die max. erzielbare Warmwassertemperatur im Boiler um bis zu 5 °C durch Leistungsregulierung.

Von Hansueli Bruderer/Hans Hohl*

Im Kältekreis der e-Wärmepumpen werden zudem erstmals elektronische Hoch- und Niederdrucksensoren eingesetzt, die zusammen mit Mini-Tauchtemperatursensoren im Kältekreis eine voll-elektronische Kältekreisregelung mit RCD (Refrigerant Cycle Diagnostic) ermöglichen.

Die so gebauten Wärmepumpen, die sog. e-Typen, eignen sich besonders für den Einsatz in Niedrigenergiehäusern mit prozentual hohem Warmwasser-Anteil und eröffnen für Luft/Wasser-Wärmepumpen neue Perspektiven, da die verfügbare Heizleistung im Herbst und Frühling mit konventionellen Wärmepumpen stark über dem Heizbedarf liegt.

Ziel und Nutzen

Bisherige Wärmepumpen mit klassischen Komponenten im Käl-

tekreis (Wärmepumpenprozess) sind für einen wichtigen Betriebszustand ausgelegt, z.B. für die Heizung im Januar. Sie erreichen für diesen Betriebspunkt beste Werte. Wegen der beschränkten Anpassungsfähigkeit der Komponenten an die wechselnden Anforderungen für die Heizung und die Warmwasserproduktion war es das Ziel, eine neue, auf elektronisch geregelten Komponenten basierende Wärmepumpen-Generation zu entwickeln, die sogenannten e-Wärmepumpen. Dieses neue Konzept wurde erstmals an der Fachmesse HILSA in Basel im Januar 2008 und mit Bezug auf das elektronische Expansionsventil (EEV) an der 9. Internationalen Wärmepumpen Konferenz der IEA im Mai 2008 einem breiten Publikum vorgestellt. Die e-Wärmepumpen – die wie vor sieben Jahren die H-Wärmepumpen für die Sanierung ein weiteres Kapitel der

Innovation in der Wärmepumpentechnik einleiten – können je nach Anwendung einen vierfachen Nutzen bringen. Erstens kann die Wärmeabgabe durch Leistungsregelung an den Wärmebedarf des Hauses angepasst werden. Dies ist bei Luft/Wasser Wärmepumpen besonders bedeutsam, wie dies aus Bild 1 ersichtlich ist. Zweitens haben die e-Wärmepumpen durch die laufende Anpassung im Kältekreis bessere COP-Werte, welche eine bessere Jahresarbeitszahl (JAZ) ergeben, d.h. sie haben einen geringeren Stromverbrauch. Drittens kann mit der Leistungsmodulation kurz vor Erreichen der oberen Temperaturbegrenzung mit einer kleineren Temperaturdifferenz am Wärmetauscher im Warmwasserboiler eine bis 5 °C höhere Endtemperatur erreicht werden, z.B. 57 statt 52 °C. Viertens erlaubt das Kältekreis Diagnosesystem (RCD) eine

hohe Betriebssicherheit dank Überwachungsmöglichkeit, die Bestimmung der JAZ und die Fernüberwachung über eine standardisierte Kommunikationschnittstelle.

Besonderheit: EEV

Als Lösungsansatz für die neue Generation der e-Wärmepumpen wurden die Digitaltechnik und elektronisch gesteuerte Komponenten, verbunden mit einer systematischen Prozessüberwachung und -diagnose, gewählt. Im Prozess der Wärmepumpe, dem Kältekreis, spielt die Einspritzung durch das Expansionsventil eine wichtige Rolle. Für einen stabilen Betrieb ist in allen Prozesszuständen eine optimale Sauggas-Überhitzung von ca. 5 K nötig. Gegenüber der bisherigen Einspritzung mit einem thermostatischen Expansionsventil weist das elektronische Expansionsventil (EEV) die zwei folgenden wesentlichen Vorteile auf: Das EEV reagiert auf Temperaturveränderungen im Prozess schneller und es ist in der Lage, die Sauggas-Überhitzung von z.B. 5 K konstant zu halten (siehe Bild 2). Mit einem präzisen Drucksensor wird der Niederdruck und mit einem Mini-Tauchtemperatur-

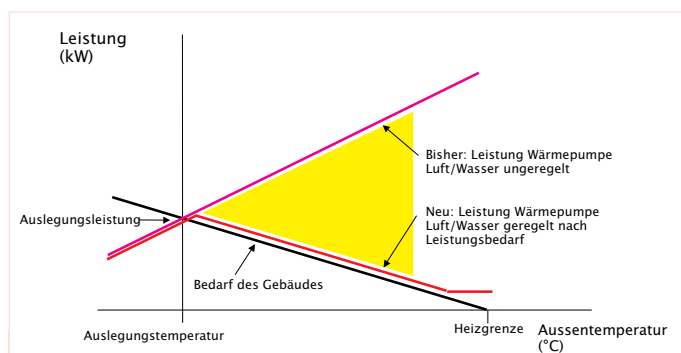


Bild 1: Leistung der Luft/Wasser Wärmepumpe ungeregelt/geregelt in Abhängigkeit der Aussentemperatur

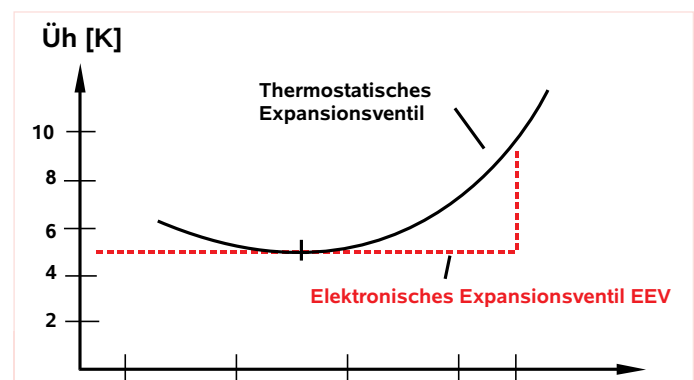


Bild 2: EEV im Vergleich zum konventionellen Expansionsventil

sensor wird die Sauggas-Temperatur erfasst. Mittels eines Schrittmotors wird das Expansionsventil verstellt, bis die Soll-Sauggas-überhitzung genau erreicht ist.

Leistungsmodulation: mit Digital Scroll

Die Anpassung der gelieferten Wärme der Wärmepumpen an den momentanen Bedarf des Gebäudes mit Leistungsregelung war bisher mit den Scroll Kompressoren aus technischen Gründen nicht möglich. Die neue Entwicklung des sog. Digital Scroll überwindet diese Hürde, ohne die Betriebssicherheit und die Charakteristik der Scrolltechnik einzu-

schränken. Anstelle der Drehzahlvariation wird die Leistungsregelung durch Zeitvariation erreicht: Die Kompression erfolgt nicht immer, sondern zeitweise, z.B. zu 50 % bei halbem Wärmebedarf. Die Teillast wird über zeitliche Pulse mit Normalbetrieb und unbelastetem Betrieb erzeugt. Die Pulse sind in Sekundenlänge digital dem Bedarf angepasst, wie dies Bild 3 zeigt. Bei dieser Leistungsregelung mit Pulsweiten-Modulation wird die Soll-Last durch zeitweises Anheben der Scroll-Spirale erreicht. Beispiel bei Pulsweite 10 sec für 50 % Leistung: Die Spirale ist 5 sec normal belastet und 5 sec angehoben (unbelastet). Dank

des Prinzips des Digital Scroll ist die Schmierung des Kompressors immer optimal. Dadurch werden die hohe Lebensdauer und die gleichbleibende Effizienz, selbst nach vielen Betriebsjahren, auch bei Leistungsmodulation mit Digital Scroll gewährleistet.

Optimierte Leistungscharakteristik

Die Leistungsanpassung an den momentanen Bedarf des Hauses durch Modulation ist besonders von Bedeutung für Luft/Wasser Wärmepumpen (siehe Bild 1). Sie geschieht, unter Berücksichtigung der verschiedenen Aspekte des Prozesses, wie folgt: Bei geringer Heizlast wird die voraussichtliche Laufzeit errechnet. Wenn diese zu kurz würde, wird die Leistungsregelung mit dem Digital Scroll eingeleitet und die Wärmeproduktion unter Teillast erbracht. Dadurch wird auch bei geringer Heizlast eine optimale Kompressor-Laufzeit erreicht. Bei Warmwasser Produktion beginnt die Modulation einige Kelvin unter der max. erreichbaren Vorlauftemperatur, das heisst die Leistung wird bis auf 33 % zurückgeregelt. Dadurch wird das Delta T, Heizwasser zu Trinkwasser am Wärmetauscher-Wendel kleiner, womit eine bis zu 5 °C höhere Warmwasser-Temperatur im Boi-

Unterschiede des Kältekreises mit EEV zum klassischen Wärmepumpenprozess

Das EEV regelt die Einspritzung so, dass der Kompressor ausschliesslich und immer mit kontrolliert überhitztem, gasförmigem Kältemittel arbeiten kann → maximaler Wirkungsgrad. In der Praxis wird eine kleine, aber gleichbleibende Überhitzung angewendet, damit der Prozess stabil läuft.

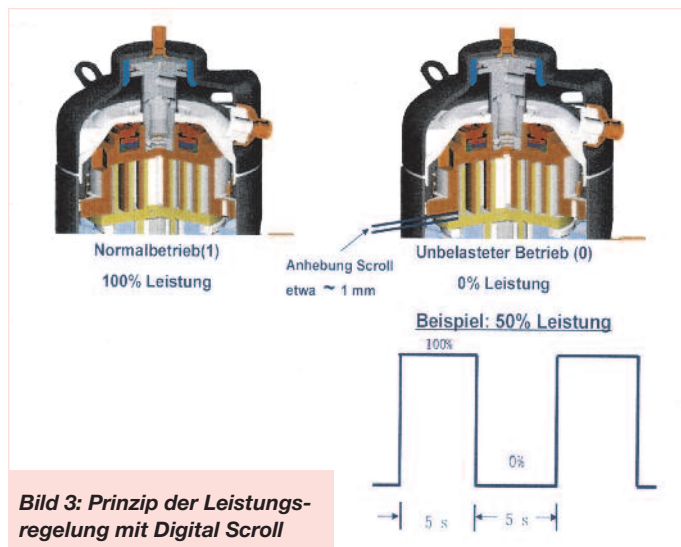


Bild 3: Prinzip der Leistungsregelung mit Digital Scroll

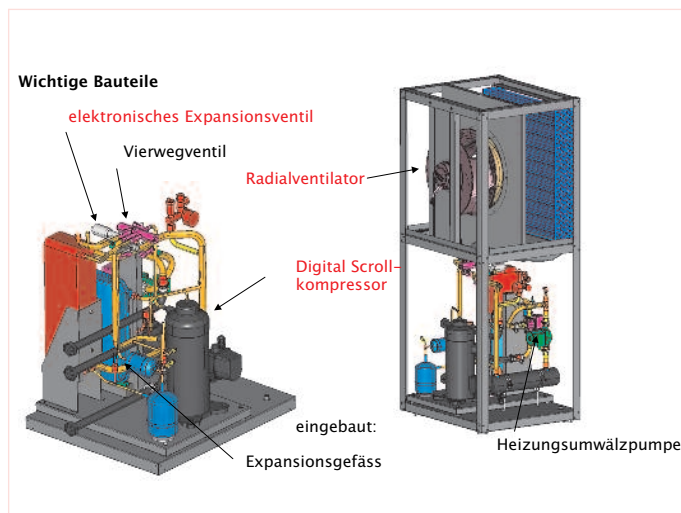


Bild 4: Übersicht über die Verwendung der neuen Techniken in den ersten e-Wärmepumpen

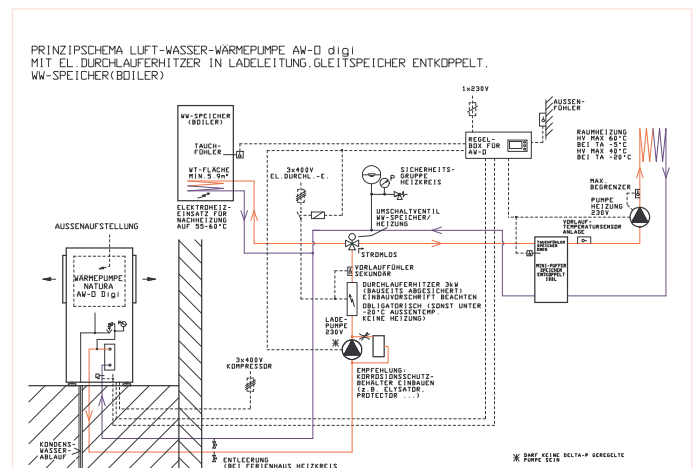


Bild 5: Empfohlene Standardeinbindung für leistungsgeregelte e-Wärmepumpe Luft/Wasser

ler erreicht werden kann. Bei Erdwärme bringt das elektronische Expansionsventil EEV die Verdampfungstemperatur näher an die Soletemperatur und bewirkt dadurch einen besseren COP-Wert bei Erdsonden-Wärmepumpen, d.h. eine bessere Energieeffizienz.

Erfahrungen/Objektbeispiele

Aufgrund der Gegenüberstellung des Heizbedarfs und der Leistungscharakteristik (siehe Bild 1) wurde die Leistungsmodulation bei Kleinwärmepumpen (< 100 kW) bisher auf Luft/Wasser Wärmepumpen fokussiert. Das elektronische Expansionsventil EEV und die vollelektronische Kältekreisüberwachung mit RCD (Refrigerant Cycle Diagnostic) werden auch in den Sole/Wasser Wärmepumpen angewendet. In der Übersicht in Bild 4 ist das Grundkon-

Standort	e-Wärmepumpe Typ	Anwendung
Gommiswald SG	Luft/Wasser AWC-O aussenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
Rafz SH	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser, kombiniert mit Solar thermisch
Dübendorf ZH	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
Siebnen SZ	Luft/Wasser AWC-O aussenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
Dagmersellen LU	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
Zuchwil SO	Luft/Wasser AWC-O aussenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
Brislach BL	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser, kombiniert mit Solar thermisch
Neuenegg BE	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
La Joux FR	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser in Kombination mit Solarkollektor
Lonay VD	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser in Kombination mit Solarkollektor
Vouvry VS	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser
Turtmann VS	Luft/Wasser AWC-I innenaufgestellt	Heizen, Warmwasser

Bild 6: Beispiele ausgeführter e-Wärmepumpen in verschiedenen Regionen der Schweiz

zept der modulierenden e-Wärmepumpe Luft/Wasser dargestellt. Für die leistungsgeregelten e-Wärmepumpen Luft/Wasser hat sich für den schweizerischen Einsatz das Standardeinbindungsschema gemäss Bild 5 bewährt. Bei mildem Klima und mit speicherfähiger Fussbodenheizung kann ggf. auf den Minipufferspeicher, der zum Anfahren im kalten Zustand des Hauses und

zur Vermeidung des (geringen) Abkühlens von Heizkörpern beim Abtauen dient, verzichtet werden. Die e-Wärmepumpen kommen seit einem Jahr zum Einsatz und haben teilweise den ersten, langen Winter 2008/09 hinter sich gebracht. Die Einsatzorte sind in der ganzen Schweiz und in Deutschland verteilt.

In Bild 6 sind erste Anlagen aus 2008 quer durch die Schweiz aufgelistet. Bild 7 und 8 zeigen bei-

Hohe COP-Werte nach EN 14511 für e-Wärmepumpe Luft/Wasser

Volllast:

- COP 3.8 bei A 2 °C/W 35 °C
- COP 4.7 bei A 7 °C/W 35 °C

Teillast 60%:

- COP 3.6 bei A 2 °C/W 35 °C

Bessere Anpassung an Bedarf von Niedrigenergiehäusern dank Leistungsregulierung mit Digital Scroll und Effizienz-Steigerung dank elektronischem Expansionsventil EEV.



Bild 7: Technikraum mit e-Wärmepumpe Luft/Wasser: für Raumheizung und Warmwasser, kombiniert mit Solarkollektor. Kompakte Eckaufstellung.

spielhaft Bilder realisierter Installationen.

Ausblick

Die neue Generation der e-Wärmepumpen hat einen positiven Effekt ausgelöst, da sie dem Benutzer die Menge der erneuerbaren Energie bzw. die Einsparung an Strom mittels der JAZ auf dem Wärmepumpenregler direkt anzeigt und die Installation auf die bewährte Weise, bei der Luft/Wasser Version sogar noch raumsparender als bisher, erfolgt. Die Elektronik erlaubt weitere Systemoptimierungen, wie Senkung der Ventilatorrehzahl bei Nacht. Dank der biflow Version des elektronischen Expansionsventils EEV werden die e-Wärmepumpen Luft/Wasser demnächst mit der zusätzlichen Funktion aktives Kühlen ergänzt werden. Das Sortiment der e-Wärmepumpen wird

nach den guten Erfahrungen der Startphase schrittweise vergrössert. Zurzeit wird in den Labors von Viessmann/SATAG die e-Wärmepumpe Sole/Wasser in der Version Digital Scroll und EVI (Enhanced Vapour Injection), welche 2001 für die legendären H-Wärmepumpen für Heizungssanierung entwickelt wurde, getestet. Das vorgestellte Konzept erlaubt den Einbezug weiterer elektronisch regelbarer Komponenten. Es besteht deshalb ein erhebliches Potential zur Weiterentwicklung der e-Wärmepumpen in den nächsten Jahren. ■

Autoren:

- Hansueli Bruderer, Dr. sc. techn. ETHZ, Geschäftsleiter Viessmann (Schweiz) AG und des auf Wärmepumpen spezialisierten Geschäftsbereichs SATAG Thermotechnik.
- Hans Hohl, dipl. Ing. FH, Leiter Entwicklung Wärmepumpen SATAG Thermotechnik.



Bild 8: Aussenaufgestellte e-Wärmepumpe Luft/Wasser mit Leistungsmodulation von 3-9 kW