

Steigende Anforderungen an Energieeinsparung und Umweltverträglichkeit

# Heute Brennwertkessel – morgen Wärmepumpen?

Gerold Wenisch\*

Die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit von Heizsystemen werden jedoch auch zukünftig weiter ansteigen. Es stellt sich somit die Frage, welche Technologie sich diesbezüglich als zielführend erweisen wird, da die Brennwerttechnik das physikalische Ende der Energieausnutzung von fossilen Energieerträgen durch Nutzung der Kondensationswärme darstellt. Als eine mögliche Antwort wird der Einsatz von Wärmepumpen genannt.

Die Gas-Brennwerttechnik setzt sich derzeit flächendeckend am Heizkesselmarkt in Deutschland durch. Die Verkaufszahlen der Hersteller belegen, daß diese Technik den aktuellen Kundenforderungen nach sparsamen und umweltfreundlichen Heizsystemen in besonderer Weise entspricht. Brennwertkessel nutzen die zur Verfügung stehende Primärenergie optimal aus und leisten einen effektiven Beitrag zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Anforderungen an die Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit von Heizsystemen werden jedoch auch zukünftig weiter ansteigen. Es stellt sich somit die Frage, welche Technologie sich diesbezüglich als zielführend

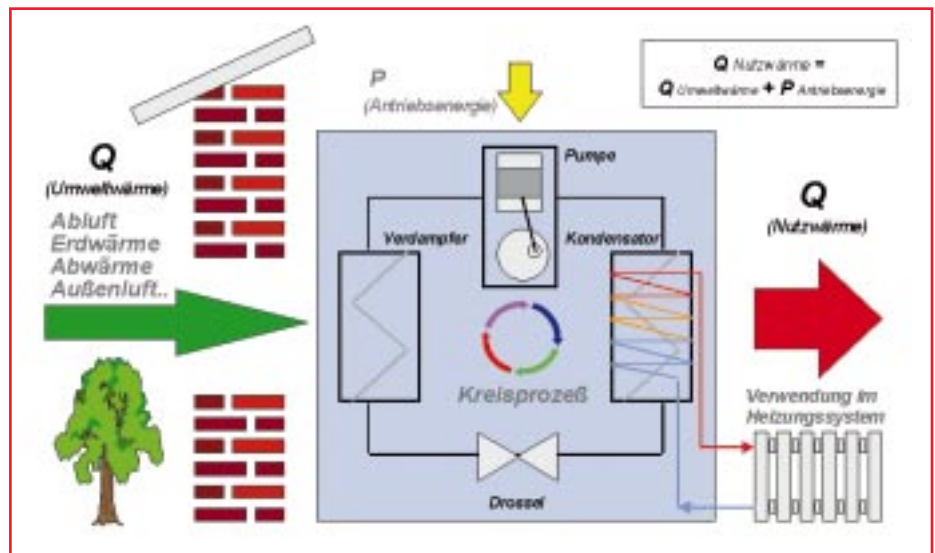


Bild 1 Funktionsprinzip Wärmepumpe am Beispiel der Elektro-WP

erweisen wird, da die Brennwerttechnik das physikalische Ende der Energieausnutzung von fossilen Energieerträgen durch Nutzung der Kondensationswärme darstellt.

## Wiederentdeckung der Wärmepumpe?

Als eine mögliche Antwort wird der Einsatz von Wärmepumpen genannt. Eine Technologie, die Anfang der achtziger Jahre unter dem Eindruck der damaligen Ölkrise eine durchaus nennenswerte Bedeutung zu erreichen schien, sich aber im Anschluß an die dann wieder stark fallenden Ölpreise und einer gründlichen Diversifizierung bei den Öl-Lieferländern nicht gegen die preiswertere, konventionelle Heiztechnik durchsetzen konnte.

Eine mögliche „Wiederentdeckung“ der Wärmepumpe wird derzeit durch technische Weiterentwicklungen bei den Geräten sowie von geänderten Rahmenbedingungen in der Gebäudestruktur begünstigt. Bedingt durch die anhaltende Diskussion zur Energieeinsparung bzw. CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung zum Schutz der Erdatmosphäre wurde der Wärmebedarf von Neubauten in den zurückliegenden Jahren drastisch verringert. Die geplante Energiesparverordnung 2000 wird nochmals eine deutliche Redu-

zierung des Energie-/Wärmebedarfs von Neubauten bewirken. Diese Entwicklung zur Niedrigenergiebauweise als zukünftige „Standardanforderung“ begünstigt die verschiedenen Wärmepumpen-Bauformen und läßt deren Einsatz neu bewerten, da durch den ohnehin niedrigen Wärmebedarf dieser Gebäude der monovalente Einsatz realisierbar wird. Die Investitionskosten sind somit geringer als in der Vergangenheit, wo die kombinierte, bivalente Betriebsweise einer Wärmepumpe in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel durch den hohen Wärmebedarf im Altbau der Normalfall war.

## Funktionsprinzip der Wärmepumpe

Das Funktionsprinzip von Wärmepumpen unterscheidet sich nicht gravierend von dem seit Jahrzehnten bekannten Kälteprozeß in Kühl- und Gefrierschränken. Die grundlegenden Bauteile von marktüblichen Kältemaschinen und Wärmepumpen sind ähnlich, allerdings sind die jeweiligen Prozesse zur Kälte- oder Wärmeerzeugung verschieden optimiert, da die bei der

\* Dipl. Wirt.-Ing. Gerold Wenisch, Buderus Heiztechnik, Bereich Technische Entwicklung, 35457 Lollar, Fax (0 64 06) 8 95 60

Kälteerzeugung entstehende ungenutzte Abwärme bei einer Wärmepumpe die relevante Nutzenergie zur Erwärmung der Heizungsanlage darstellt. Wie alle Kühl- und Gefrierschränke sind auch Wärmepumpen hermetisch abgeschlossene Systeme mit einer dauerhaften Kältemittelfüllung, die keine separate Wartung benötigen.

### Immer im Kreis

Im Gegensatz zur konventionellen Heiztechnik findet in einer Wärmepumpe keine Verbrennung eines Brennstoffes statt (Bild 1), sondern einem zirkulierenden Kältemittel wird bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck Umgebungswärme (z. B. aus Abluft, Abwärme, Erdwärme, Außenluft . . .) über einen Wärmetauscher (Verdampfer) zugeführt. Das so erwärmte Kältemittel ändert dabei seinen Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig und wird unter geringem Einsatz an Hilfs-/Antriebsenergie verdichtet. Die so im Kältemittel ge-

che Gase (wie z. B. Propan) eingesetzt, deren ausschließliche Zulassung ab dem Jahr 2000 in der Bundesrepublik Deutschland beschlossen ist.

Alle verwendeten Kältemittel sind spezielle Gase mit besonderen physikalischen Eigenschaften. Zu Beginn des Kreisprozesses (bei der Aufnahme von Umgebungswärme) ändern die Kältemittel durch die Wärmezufuhr ihren Aggregatzustand von flüssig zu gasförmig. Während dieses Übergangs ist ein zusätzliches Quantum an Wärmeenergie notwendig, ohne das sich die Temperatur des Arbeitsmediums in dieser Zeit erhöht. Durch den Wechsel des Aggregatzustandes wird demnach eine zusätzliche Wärmemenge gespeichert, die beim späteren Kondensieren vom gasförmigen zum flüssigen Zustand unter Wärmeabgabe wieder vollständig freigesetzt wird. Um diesen „Speichereffekt“ für eine Wärmepumpe auszunutzen, verwendet man Kältemittel mit einem, bei normalen Atmosphärendruck

Für alle Wärmepumpen gilt jedoch, je größer die Temperaturdifferenz zwischen benötigter Heizwasserseite und der Umgebungs-Wärmequelle ist, desto schlechter ist die Leistung. Es ist demnach vorteilhaft, die benötigten Systemtemperaturen der Heizungsanlage so niedrig wie möglich zu wählen und gleichzeitig eine über das Jahr möglichst gleichmäßig temperierte Wärmequelle zu nutzen, um die Verluste des „Pumpens“ von Umgebungswärme in das Heizungssystem zu minimieren.

## Bauformen/Varianten von Wärmepumpen

Die derzeit bekannten Varianten von Wärmepumpen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art des Antriebs zur Druckerhöhung und Zirkulation sowie die konstruktive Ausführung/Anzahl der verwendeten Bauteile und die eingesetzten Kältemittel bzw. deren Zusammensetzung.

### Kompressions-Wärmepumpen

Wärmepumpen mit einem reinen Kältemittel (ohne Beimischung anderer Substanzen, z. B. Propan) können motorisch betrieben werden, um die notwendige Druckerhöhung des Arbeitsmediums zu erzielen. Man bezeichnet diese auch als „Kompressions-Wärmepumpen“. Erfolgt die Druckerhöhung des Kältemittels durch einen Elektromotor, so nennt man diese Kompressions-Wärmepumpen auch „Elektro-Wärmepumpen“. Im Prinzip ist aber auch jede andere mechanische Antriebsart zur Druckerhöhung denkbar (z. B. Verbrennungsmotoren mit Erdgas oder Diesel . . .).

### Absorptions-Wärmepumpen

Absorptions-Wärmepumpen (AWP) sind konstruktiv und prozentechnisch aufwendiger als Kompressions-Wärmepumpen (Bild 2). Sie verwenden ein Kältemittel (z. B. Ammoniak), das in einem Lösungsmittel (z. B. Wasser) gelöst ist. Durch Wärmezufuhr, z. B. aus einem separaten Brenner, wird das Ammoniak in einem speziellen Bauteil (Austreiber) unter hohem Druck (20–25 bar/180 °C) und Temperatur zum Teil aus dem Kältemittelgemisch gasförmig ausgetrieben. Die dabei gespeicherte Wärme wird in einem nachgeschalteten Kondensator vom Ammoniakdampf an das Heizmedium der Heizungsanlage abgegeben. Das Gas kühlt dabei ab (auf ca. 55 °C), verflüssigt sich und wird durch ein Drosselorgan im Druck reduziert (auf ca. 1 bar). Die innere, durch die mech. Lösungspumpe erzeugte Zirkulation fördert das flüssige Ammoniak/Wasser-Gemisch dann in einen separaten Verdampfer, wo es bei niedrigem Druck expandiert/abkühlt und nun die Umweltwärme über den Verdampfer aufnehmen

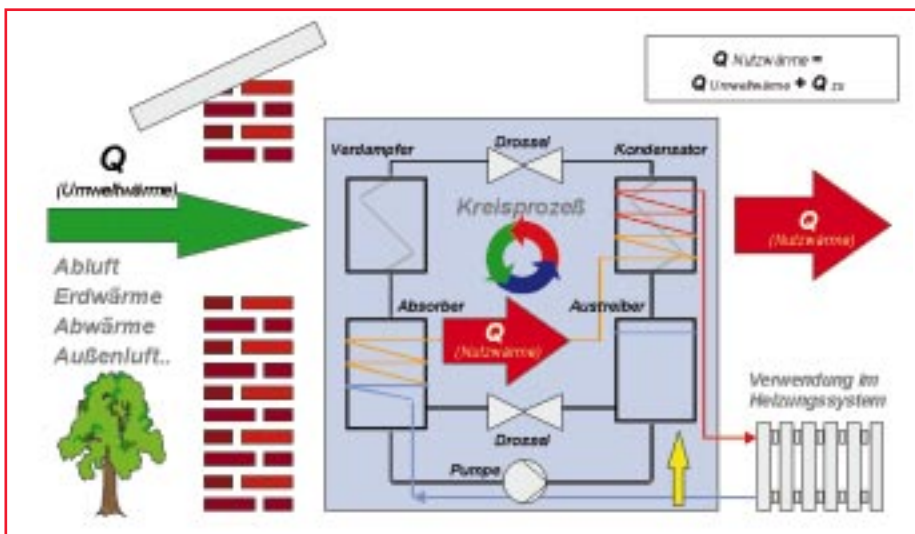


Bild 2 Funktionsprinzip Wärmepumpe am Beispiel der Absorptions-WP

speicherte Wärmeenergie wird anschließend bei höherem Druck und Temperatur über einen zweiten Wärmetauscher (Kondensator) an das Heizmedium der Heizungsanlage abgegeben. Diese Wärmeabgabe an das Heizungssystem führt dann wieder zu einer Verflüssigung des Kältemittels und der „thermodynamische Kreisprozess“ kann nach einer abschließenden Druckreduzierung durch ein Drosselorgan erneut beginnen.

### Funktion des Kältemittels

Die in der Vergangenheit bei Wärmepumpen verwendeten und zumeist FCKW-haltigen Kältemittel (Arbeitsmedium) sind mittlerweile als eine Hauptursache für den Ozonabbau in der Stratosphäre erkannt. Daher werden derzeit nur noch teilhalogenierte Kältemittel (R22) oder klimaunschädli-

niedrigen Siedepunkt von ca.  $-30\text{ °C}$  bis  $-50\text{ °C}$ . Ihr flüssiger oder fester Aggregatzustand liegt somit deutlich unter dem von normalen Wasser und eignet sich damit besonders gut zum effektiven Wärmetransport bei niedrigen Temperaturen.

### Leistungsverhalten

In Abhängigkeit von den Temperaturverhältnissen zwischen vorhandener Umgebung (Wärmezufuhr) und Heizungsanlage (Wärmeabgabe) kann die aus Umweltenergie gewonnene Wärme im Fall einer Kompressions-Wärmepumpe bis zu 5 mal so groß sein wie die benötigte Hilfs-/Antriebsenergie.

kann. Das Ammoniak hat die Umweltwärme somit in gasförmiger Form gespeichert und gibt diese im nachgeschalteten Absorber durch erneute Kondensation an das verbliebene Kältemittelgemisch ab. Diese Temperaturerhöhung des Absorberbauteils durch die Zustandsänderung des Ammoniaks von gasförmig zu flüssig wird ebenfalls als Nutzenergie in das Heizungssystem eingekoppelt. Die Lösungspumpe fördert anschließend das flüssige Kältemittelgemisch aus Ammoniak/Wasser zum Austreiber, wo durch Wärmezufuhr des Brenners ein Teil des Ammoniaks ausgetrieben wird und der Kreisprozeß erneut beginnt.

### Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe

Eine Sondervariante der AWP ist die Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP), die ebenfalls mit einem Gemisch aus Ammoniak und Wasser arbeitet, bei der aber die notwendigen Druckunterschiede durch den Partialdruck eines Inertgases erzeugt werden. Die DAWP ist hermetisch verschlossen und die Zirkulation des Sorptionsmittels erfolgt mit Hilfe einer thermisch angetriebenen Gasblasenpumpe nur zur Überwindung der inneren Reibungswiderstände. Daher ist bei der DAWP kein mechanischer Antrieb erforderlich, die Arbeitsweise ist somit geräuschlos und eine Innenaufstellung in Wohnräumen möglich. Die mögliche Leistungsdichte dieses komplexen Prozesses ist jedoch aufgrund der geringen inneren Druckdifferenzen geringer als bei den vorher aufgeführten WP-Bauformen.

### Energetische Betrachtung

Eine Bewertung der verschiedenen Wärmepumpen untereinander sowie im Vergleich zur Brennwertechnik unter dem Aspekt der jeweiligen CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale kann nur auf Basis der benötigten Primärenergie erfolgen, da nur eine Reduzierung des Verbrauchs an kohlenstoffhaltigen Brennstoffen bis zur Bereitstellung von Heizwärme beim Kunden eine echte CO<sub>2</sub>-Minderung darstellt. Eine endenergetische Betrachtung der anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen nur beim Endkunden in der Heizungsanlage ist nicht zulässig, da dabei die vorgelagerten Prozeßketten der Energiegewinnung und deren Umwandlungsverluste nicht berücksichtigt werden. Speziell für die Endenergie Strom gilt, daß diese eben nicht einfach aus der (schon „sprichwörtlichen“) Steckdose kommt, sondern unter zum Teil erheblichen Verlusten an eingesetzter

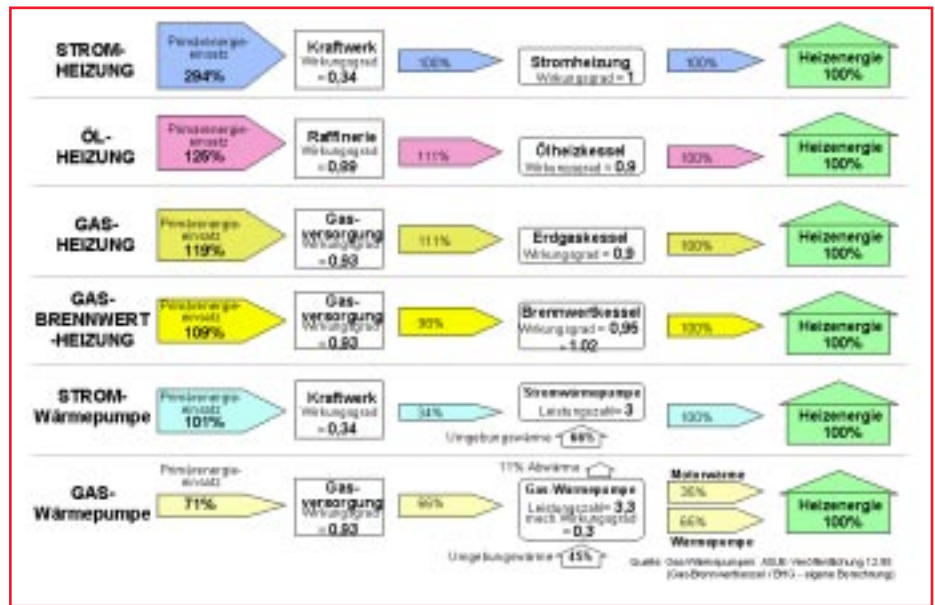


Bild 3 Analyse verschiedener Heizungsanlagen – Vergleich des Primärenergieeinsatzes

Primärenergie (Kohle, Öl, Gas) mit entsprechend hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Kraftwerken erzeugt wird.

Bezieht man im Rahmen eines Systemvergleichs der verschiedenen Heizsysteme (Bild 3) die eingesetzte Primärenergie auf jeweils 100 % Heizenergie beim Kunden, so scheidet dabei die Elektro-Wärmepumpe durch die Nutzung der Umweltwärme sogar geringfügig besser ab als ein Gas-Brennwertsystem. Die Einsparung an Primärenergie wird aber noch deutlicher im Fall von gasbetriebenen Wärmepumpen. Die Vermeidung der hohen Kraftwerksverluste bei der Stromerzeugung durch den direkten Einsatz von Primärenergie zu Antriebszwecken ist bei Gas-Wärmepumpen eine energetisch äußerst wirkungsvolle Kombination zur signifikanten CO<sub>2</sub>-Reduzierung.

### Fazit und Ausblick

Die eingangs gestellte Frage „Heute Brennwertechnik – Morgen Wärmepumpen?“ kann nur differenziert beantwortet werden, da die einzelnen Bauformen der Wärmepumpe unterschiedliche Zukunftspotentiale und Einsatzfelder besitzen. Die Brennwertechnik ist sicher noch für viele Jahre die Richtgröße hinsichtlich der Ausnutzung von eingesetzter Primärenergie bei niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Elektro-Wärmepumpe liegt hinsichtlich der primärenergetisch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen durchaus im Bereich der Brennwertechnik, allerdings zu höheren Kosten. Von einer tatsächlichen Nachfolgetechnologie kann im Fall der Elektro-Wärmepumpe nicht gesprochen werden, da der energetische und ökologische Vorteil zur bestehenden Brennwertechnik einfach nicht deutlich genug aus-

fällt. Ihre Chance am Markt hat die Elektro-WP aber durchaus als Alternative zur konventionellen Ölheizung in zukünftigen Niedrigenergiehäusern, die bedingt durch niedrigen Wärmebedarf bei vergleichsweise kostspieligen Erschließungskosten nicht mehr an die Gasversorgung angeschlossen werden könnten. Da Stromanschlüsse aber in allen Gebäuden verlegt werden, kann die Elektro-Wärmepumpe eine sinnvolle Variante zur Ölheizung in Niedrigenergiehäusern sein, zumal die Kostendifferenz im Fall einer Ölheizung mit ihren entsprechenden Zusatzkosten für Ölbrenner und Öllagerung nicht so deutlich ausfällt wie im Fall der Erdgasheizung.

Als Zukunftstechnologie mit deutlichem CO<sub>2</sub>-Minderungspotential/Einsparungen an Primärenergie können gasbetriebene Wärmepumpen bezeichnet werden. Durch die direkte Verwendung von Primärenergie und Innovationen bei der Gerätetechnik zur weiteren Reduzierung des Anteiles an Antriebsenergie wie im Fall der motorlosen Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe kann von einer „Nachfolgetechnologie der Brennwertechnik“ gesprochen werden. Für die Hersteller wird es zukünftig darum gehen, diese Technik in Form von preiswerten und zuverlässigen Seriengeräten darzustellen, um der Heizungsbranche auch in Zukunft eine entscheidende gestalterische Möglichkeit für den aktiven Beitrag zum Klimaschutz zu sichern. □