

Wärmepumpe aktuell

IZW e.V.  Informationszentrum Wärmepumpen + Kältetechnik

Wärmepumpen zum Einsatz im Gebäudebestand

DKV-Vortrag 2006

von Dr.-Ing. Rainer M. Jakobs

Im Jahre 2005 haben sich mehr als 18.000 bundesdeutsche Bauherren für die energiesparende und umweltfreundliche Wärmepumpe zum Heizen entschieden, wobei der stetig wachsende Markt vor allem auf den Neubau von Ein- und Zweifamilienhäusern konzentriert ist. Da gegenwärtig pro Jahr nur ca. 150.000 Ein- und Zweifamilienhäuser gebaut werden, entspricht dies in etwa einem Wärmepumpenanteil von ca. 10 – 12 %. Im Vergleich zu Schweiz, Schweden und Österreich haben wir in Deutschland nach wie vor einen weit geringeren, auf die Einwohner bezogenen Wärmepumpen-Anteil. Noch wichtiger für die Verbreitung der Wärmepumpen ist jedoch die Tatsache, dass die Wärmepumpen (Ausnahme S und CH) in nahezu allen europäischen Ländern in den wesentlich größeren Sanierungsmarkt nur sehr zögernd Einzug halten.

Die Möglichkeiten werden durch die Statistik verdeutlicht (s. Abb. 1 und Tab. 1): In Deutschland gibt es z. B. mehr als 17,5 Mill. Wohngebäude mit ca. 35 Mill. Wohnungen, davon ca. 14 Mill. Ein- und Zweifamilienhäuser. Ca. 40 % davon werden ölbeheizt und ca. 60 % wurden vor dem 1.10.1978 erstellt. Man kann davon ausgehen, dass in Deutschland pro Jahr ca. 650.000

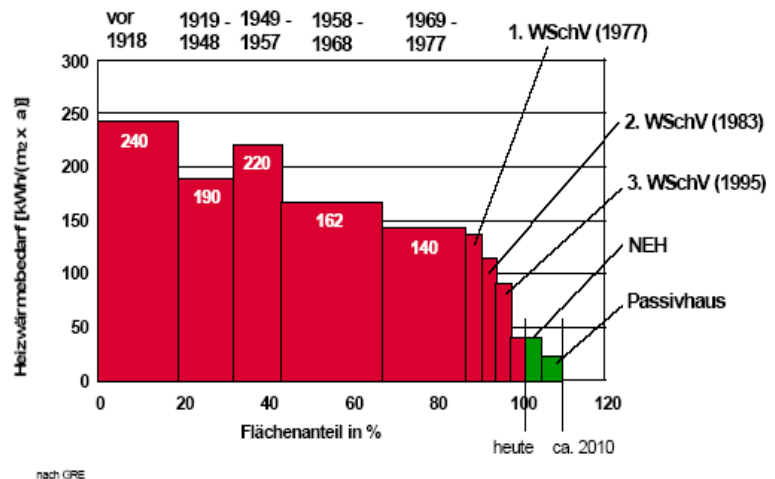


Abb. 1

Heizungsanlagen ausgewechselt werden müssen. Mit dem Einbau von Wärmepumpen in Altbauten könnte vor allem die Forderung der Reduzierung des Primärenergieverbrauchs und der damit verbundenen CO₂-Emissionen beim Heizen erfüllt werden. Wärmepumpen können jedoch nur dann eine entscheidende Rolle bei der Sanierung von Heizungsanlagen spielen, wenn die notwendigen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen erfüllt sind.

Derzeit wird vom IZW e.V. in Zusammenarbeit mit dem Projektträger Energie im Forschungszentrum Jülich im Rahmen des Wärmepumpenprogramms der Internationalen Energie Agentur IEA

(IEA Heat Pump Programme) ein internationales Projekt unter dem Titel "Retrofit Heat Pumps for Buildings" unter Beteiligung der Industrie und Forschungseinrichtungen aus Europa (NL, F, S, D) durchgeführt. Neben einem Überblick über die Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Ökologie und möglichen F&E Trends von Wärmepumpen beim Einsatz in vorhandenen Wohngebäuden soll es einen Beitrag zur Überwindung der wirtschaftlichen und technischen Schwierigkeiten für den Einsatz von Wärmepumpen bei der Gebäudesanierung leisten.

Jahr	1998	2001	2002	2003	2004	2005
Baufertigstellungen	429.011	285.003	252.602	235.510	246.600	209.960
Einfamilien	161.231	144.186	135.246	131.818	144.095	120.781
Zweifamilien	59.380	41.186	37.628	33.338	33.118	28.288
Mehrfamilien	208.400	99.631	79.728	70.354	69.387	60.891

Tab. 1



Erfahrungen mit Wärmepumpen im Altbau - ein Beitrag zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz

DKV-Vortrag 2006 von Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Laue

Mit einem Anteil von nahezu 25 % des Primärenergieverbrauchs in Deutschland spielt die Raumheizung und Warmwassererzeugung eine wichtige Rolle bei der geforderten Energieeinsparung und Minderung der CO₂-Emissionen. Durch die Nutzung der Umweltwärme mittels Wärmepumpen können die fossilen Energieimporte und CO₂-Emissionen, aber auch Kosten drastisch gesenkt werden. Am Beispiel eines denkmalgeschützten Einfamilienhauses werden die technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Bedingungen bei der Nutzung einer monovalenten Wasser/Wasser-Wärmepumpe diskutiert.

Es wurde eine Wärmepumpeanlage mit folgenden Parametern ausgewählt:

- Wasser/Wasser-Wärmepumpe mit Förder- und Schluckbrunnen ohne Zwischenkreiswärmetauscher
- 19,7 kW Nenn-Wärmeleistung
- Einstufiger Kältekreislauf
- Kältemittel R 407C
- Scrollverdichter
- Dampfwischeneinspritzung (EVI - Zyklus)
- Kombinations-Edelstahl-Ladespeicher für 300 l Trinkwasser und 650 l Heizungspuffer
- Maximale Heizungsvorlauftemperatur 65 °C

Wärmepumpeneinstellung	Zeit	Arbeitszahl
Probelauf, nur Warmwasser	20.07. - 30.09.06	3,20
Probelauf, Warmwasser, Heizung	20.07. - 31.10.06	3,46
Warmwasser und Heizung	20.07. - 31.12.06	3,55
Warmwasser/Heizung, ohne Umwälzpumpe	20.07. - 31.12.06	3,62

Tab. 1: Arbeitszahlen

- Maximale Trinkwasser-Temperatur 55 °C.

Die Wärmepumpe wurde mit den notwendigen Messgeräten ausgerüstet, mit denen die Jahresarbeitszahl und die Betriebskosten genau ermittelt werden können.

Da die Anlage erst Ende Juli 2006 in Betrieb ging, lassen sich zur Energie-Effizienz und Wirtschaftlichkeit natürlich noch keine endgültigen Aussagen machen.

In einer ersten Einstellphase wurde die Trinkwassertemperatur auf 50 °C (5 °C Spreizung) und die Heizungstemperatur auf 60 °C (-10 °C Außentemperatur) eingestellt. Für weitere Optimierung sind erfahrungsgemäß längere Zeiten erforderlich. Eine genaue Einstellung wird erst nach der ersten Heizungsperiode möglich sein.

Erste Messungen, wobei auf Grund der Jahreszeit die Trinkwassererwärmung Vorrang hatte, ergaben folgende Arbeitszahlen (siehe Tabelle 1).

Nach wie vor sind die Investitionen ein wichtiger Faktor für die Entscheidung pro oder contra Wärmepumpe. Gemäß einer schwedischen Studie, dem einzigen europäischen Land mit dominierendem Altbau-Wärmepumpenmarkt, teilen sich die Investitionskosten wie folgt auf:

- Wärmequelle, erdgekoppelt (senkrecht oder horizontal) 35 - 40 %
- Wärmepumpe 40 %
- Installation 20 - 25 %

Bei der eigenen Anlage ergab sich folgende Aufteilung der Gesamtkosten:

- Wärmepumpenanlage 40 %
- Brunnenanlage, komplett 30 %
- Einbau und Montage einschl. Elektro-Installation (Zähler usw.). 30 %

Es zeigt sich, dass bei einer Wärmepumpenanlage im Altbau und einer erdgekoppelten Wärmequelle nur ca. 40 % der Kosten auf die Anlage und 60 % auf die Wärmequelle und Installation entfallen.

Betriebsweisen von Wärmepumpen im Altbau

DKV-Vortrag 2006 von Dr.-Ing. Peter Görlicke

Hauptziel des Einsatzes von Wärmepumpen ist die Verringerung des Primärenergiebedarfs bei Raumheizung und Warmwasserversorgung. Sie machen Umweltwärme, die ist in der Umgebung, Erdreich und Außenluft, gespeicherte Sonnenenergie, und oberflächennahe Geothermie nutzbar.

Wärmepumpen mit den gebräuchlichen Wärmequellen können erfahrungsgemäß ganzjährig den Wärmebedarf von neuen Gebäuden decken. Bei bestehenden Häusern ist jedoch das Wärmeverteilsystem wegen hoher Temperaturen häufig begrenzender Faktor.

Aus energiewirtschaftlichen und anwendungstechnischen Gründen kann ein zweiter Wärmeerzeuger sinnvoll, sogar notwendig sein.

Insbesondere beim Einsatz in bestehenden Gebäuden und bei Luft als Wärmequelle ist zusätzlich zur Wärmepumpe häufig eine elektrische Direktheizung in den Anlagenkonzepten enthalten. Über deren Auswirkungen auf den Energieverbrauch wird heftig gestritten. Die theoretische Untersuchung, über die hier berichtet wird, wurde zwar am Beispiel des Neubaus

Fortsetzung auf Seite III



Fortsetzung von Seite II

eines Einfamilienhauses durchgeführt, die Ergebnisse sind jedoch weitgehend auf bestehende Gebäude übertragbar. Es zeigt sich unerwarteterweise, dass der gesamte Strombedarf einer Wärmepumpe, deren Wärmeleistung kleiner als der Wärmebedarf des Gebäudes ist,

und der elektrischen Zusatzheizung im monoenergetischen Betrieb über einen bestimmten Bereich sogar geringer ist als bei monovalentem Betrieb.

Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass insbesondere bei Luft-Wärmepumpen, aber auch bei Erdreichanlagen, ungünstige Be-

triebszustände insbesondere bei großer erforderlicher Heizleistung, also tiefen Außentemperaturen, verringert werden.

Die ausführliche Version dieses Vortrags wurde in der „Wärmepumpe aktuell“, Ausgabe 2, Juni 2006 abgedruckt.

Supermarktkälte auf dem Weg zur Nachhaltigkeit

DKV-Vortrag 2006

von Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse

Ausgehend von den umwelttechnischen Herausforderungen an die Kältetechnik, nämlich der Ozonzerstörung und den Treibhausgasemissionen, die zum Montreal Protokoll 1987 einerseits und zum Kyoto Protokoll 1997 andererseits führten, ergab sich für die Kältetechnik bereits in Überprüfung des Montreal Protokolls 1990 die Aufgabe, Ersatzstoffe mit geringem Einfluss auf die globale Erwärmung zu definieren. Dies führte bereits sehr früh auch zu einer energetischen Betrachtung des Einflusses der Ersatzstoffe infolge der dadurch verursachten CO₂-Emission in Kraftwerken, bei der die natürlichen Kältemittel in den

Vordergrund der Betrachtung rückten, da das stoffliche Treibhauspotenzial bei diesen Stoffen gering ist.

Während der stoffliche Einfluss bei der Kälteerzeugung mit H-FKW- oder P-FKW-Kältemitteln in Deutschland insgesamt nur 11 % und der energetisch bedingte Einfluss 89 % ausmachen, ist eine Betrachtung des Primärenergiebedarfs zur technischen Erzeugung von Kälte in Deutschland von wesentlich größerer Bedeutung.

Hier stellen die Bereiche der Nahrungsmittelproduktion und -kühlung sowie der Klimatisierung die größten Anteile am Energiebedarf dar. Bei der Nahrungsmittelkette dominieren die Supermärkte im Energiebedarf.

Im Vortrag wird die bisherige technische Entwicklung im Bereich Supermarkt basierend auf oben aufgezeigten umwelttechnischen Herausforderungen dargestellt. Hierbei werden die unterschiedlichen Systeme, die eingesetzten Kältemittel und die Auswirkungen auf den Energiebedarf bzw. die CO₂-Emissionen dargestellt. In einem Ausblick werden die notwendigen Abschätzungen der Systeme und der eingesetzten Stoffe mit Hilfe der Ökoeffizienz-Betrachtung angesprochen, um den tatsächlichen Fortschritt auf dem Weg zur Nachhaltigkeit der Supermarktkälte aufzuzeigen.

Der vollständige Vortrag ist auf Anfrage beim IZW e. V. erhältlich.

Entwicklung von CO₂-Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser

4. Forum Wärmepumpe 2006

Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Kruse

Es soll deshalb anhand von in der Literatur der vergangenen beiden Jahre berichteten Entwicklungen Bilanz gezogen werden, inwieweit durch eine solche kombinierte Heizwasser- und Brauchwassererwärmung die CO₂-Wärmepumpe auf einen energetischen Stand gebracht werden kann, der vergleichbar ist mit dem von HFKW-Heizungswärmepumpen.

In einer sehr gründlichen Studie wurde am United Technology Research Center (UTRC) mit Kenntnis des neuesten Standes der Gütegrade für Verdichter und Wärmeübertragungskoeffizienten für Wärmeübertrager eine theoretische Kreislaufanalyse von Luft-Wasser-CO₂-Heizungs- als auch Brauchwasser-

Wärmepumpen durchgeführt, und zwar mit Hubkolbenverdichtern für 15 verschiedene Schaltungen in ein- und zweistufiger Bauart.

Für die zuvor betrachteten einstufigen Kreisläufe für Heizungswärmepumpen ergab sich für eine Leistung von 10 kW eine theoretische Leistungszahl von 2,49 bei einer Umgebungstemperatur von 0 °C und einer Heizkurve von 60/30 °C.

Für einstufige Brauchwasserwärmepumpen mit einer Leistung von 16 kW wurde bei einer Umgebungstemperatur von 10 °C und einer Erwärmung des Wassers von 12 °C auf 60 °C eine theoretische Leistungszahl von 4,37 errechnet. Damit kann erwartet werden, dass eine Brauchwasserwärmepumpe je nach Anteil der Jahresarbeit dazu

beitragen kann, die Jahresarbeitszahl einer kombinierten Heizungs-/Brauchwasserwärmepumpe deutlich günstig zu beeinflussen.

Diese theoretischen Untersuchungen müssen jedoch im Hinblick auf die Realisierung dieser hohen Leistungszahlen bei Brauchwasserwärmepumpen überprüft werden. Dabei kann zunächst eine Wärmepumpe herangezogen werden, die bereits in großer Stückzahl auf dem japanischen Markt eingeführt ist, nämlich die durch die Tokyo Electric Power Company TEPCO zusammen mit verschiedenen japanischen Firmen entwickelte sog. Eco-Cute-Wärmepumpe. Für die Sanyo ECO Heißwasser-Wärmepumpe

Fortsetzung auf Seite IV



Fortsetzung von Seite III

wurde auf der ISH 2006 eine Leistungszahl bis 4,37 angegeben.

Direkte Leistungszahlmessungen dieser Wärmepumpe wurden 2004 von Clodic vorgestellt, für eine Außentemperatur von 6 °C, wobei eine Leistungszahl von nur 2,3 ermittelt wurde bei einer Wassererwärmung von 20 °C auf 85 °C. Das ist wesentlich niedriger als die von UTRC theoretisch ermittelte Leistungszahl von 4,37 bei 10/12/60 °C.

Auch das FKW Hannover hat Auftragsmessungen an einer solchen Eco-Cute-Wärmepumpe durchgeführt. Durch Installation einer direkten Stadtwassererwärmung im Gaskühler von 11 °C auf 65 °C und bei Abschalten der verschiedenen selbsttätigen Regelungen der Eco-Cute-Wärmepumpe (z. B. Inverter-Drehzahlregelung, Mischen von Heiß- und Kaltwasser für die gewünschte Brauchwassertemperatur und zusätzliche Badheizung, etc.) und Messung der erforderlichen elektrischen Leistungen für Kompressor, Verdampferlüfter und Wasserpumpen wurde ohne Abtaubetrieb des Verdampfers bei einer Umgebungstemperatur von +2,6 °C eine Leistungszahl von 3,34 gemessen.

Die Firma Stiebel Eltron führte Messungen an einem Labormuster einer Passivhauswärmepumpe zur kombinierten Heizungs- und Brauchwassererwärmung durch. Hierfür wurde für eine Verdampfungstemperatur von 0 °C bei 17 °C Wasserrücklauf- und 70 °C Wasservorlauf-temperatur experimentell ohne die Antriebsleistung des Verdampferlüf-

ters eine max. Leistungszahl von 3 ermittelt.

Weiterhin liegen Messungen des Instituts für Thermodynamik der TU Braunschweig an einer im Rahmen eines DBU-Auftrags entwickelten CO₂-Brauchwasserwärmepumpe vor, wobei bei einer Verdampfungstemperatur von 3-6 °C, bei einer Wasserzulauf-temperatur von 25 °C für 60 °C eine max. Leistungszahl von 3,04 erreicht wurde. Sekundär-antriebsleistungen wie Pumpenleistungen wurden auch hier nicht berücksichtigt.

Diese vorgenannten Messungen zeigen, dass die hohen theoretischen Leistungszahlen für die Brauchwassererwärmung unter Verwendung von CO₂-Wärmepumpen nicht in der experimentell erwarteten Größenordnung nachgewiesen werden konnten, um die energetische Qualität von CO₂-Heizungswärmepumpen deutlich durch eine Kombination beider Aufgaben zu verbessern.

Aus den vorliegenden Untersuchungen während der letzten beiden Jahre kann daher nur der Schluss gezogen werden, dass CO₂-Wärmepumpen als Heizungswärmepumpen, selbst bei gleichzeitiger Brauchwassererwärmung nicht die energetische Qualität erreichen können, um energetisch mit HFKW-Wärmepumpen konkurrieren zu können. Das wäre nur möglich, wenn die Spreizung des Heizungssystems wesentlich größer als 20 K, z. B. mit 70/30 °C auf 40 K eingeregelt werden könnte.

Jede energetische Verbesserung einzelner Komponenten, z. B. durch bessere Verdichtergütegrade oder bessere Wärmeübertrager, kann ebenso auf HFKW-Wärme-

pumpen angewendet werden, was dann die vorhandene Distanz in den Leistungszahlen wiederherstellen würde.

Sollte das Kältemittel CO₂ für Wärmepumpen eine umweltgünstigere Lösung darstellen, so müssten diese auch die Jahresarbeitszahlen von HFKW-Wärmepumpen erreichen. Da dies nur unter erheblichem Aufwand, der auch erhöhte Kosten bedingt, möglich sein wird, wird die Ökoeffizienz von CO₂-Wärmepumpen mit der von HFKW-Wärmepumpen zu vergleichen sein.

Wenn aus politischen Gründen in der Zukunft Beschränkung der Verwendung von HFKW-Kältemitteln erfolgen sollte, wäre eine weitere Wärmepumpenentwicklung für natürliche Stoffe wie CO₂ als Kältemittel erforderlich, wobei jedoch dann auch erneut die Frage der Verwendung von Kohlenwasserstoffen unter veränderten Sicherheitsauflagen und Produkthaftungsgesetzen zu diskutieren wäre.

Die bisherige Entscheidung der Europäischen Union im Hinblick auf die künftige Verwendung von HFKW-Kältemitteln, die zunächst nur in der Fahrzeugklimatisierung in Frage gestellt werden, muss auch in Zukunft für andere Anwendungsgebiete dieser Kältemittel sehr sorgfältig analysiert werden, wobei die Ökoeffizienz als Entscheidungskriterium eine bedeutende Rolle spielen sollte, um die vorhandenen Mittel für die Entwicklung dort einzusetzen, wo sie ihre größte umwelttechnische Wirkung im Hinblick auf die Treibhausbelastung der Erdatmosphäre erbringen.

Impressum

Herausgeber:

IZW e.V. - Informationszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Verantwortlich:

Prof. Dr.-Ing. H.-J. Laue
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H. Kruse

Anschrift:

IZW e. V.
c/o Prof. Dr.-Ing. H. Kruse
Universität Hannover
Welfengarten 1A
D-30173 Hannover
Tel.: (0511) 16 74 75-12
Fax: (0511) 16 74 75-25
E-mail: email@izw-online.de
Internet: <http://www.izw-online.de>