

# Energiewende – Herausforderung für die Luft/Wasser Wärmepumpe

Stromausfall und hohe Strompreise gefährden ökologischen Umbau zur Bereitstellung von Raumwärme

Dr.-Ing. Manfred Kuczera

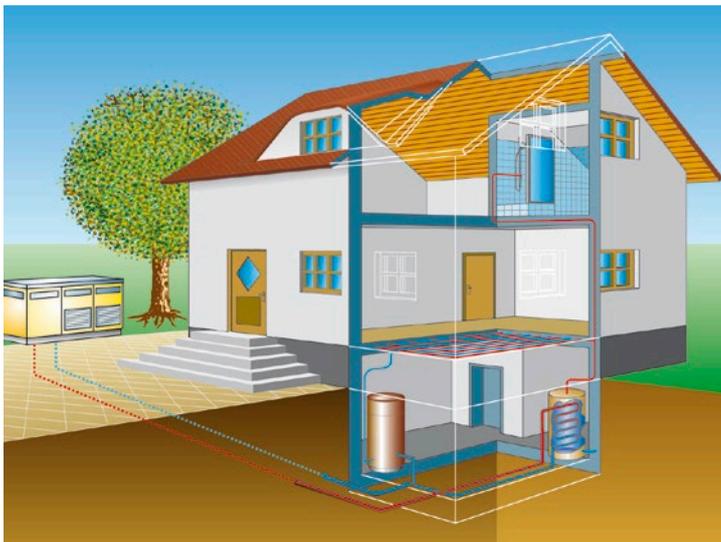


Abb.1: Schema: Versorgung von Raumwärme und Brauchwasser mittels Luft/Wasser Wärmepumpe zur Außenaufstellung; Quelle BWP

Wärmepumpen sind ein entscheidender Baustein für den ökologischen Umbau des Wärmemarktes, doch stellen zunehmende Stromausfälle und steigende Strompreise Luftwärmepumpen vor neue Herausforderungen. Eine, wenn nicht die tragende Säule für die energetische Sanierung des Gebäudebestandes, ist die Luft/Wasser-Wärmepumpe. Diese Heizungstechnik ist besonders geeignet, flexibel, wirtschaftlich und umweltschonend zur Modernisierung von Altbauten eingesetzt zu werden. Doch paradoxerweise stellen nun ausgerechnet zwei Folgeeffekte der Energiewende die Luft/Wasser-Wärmepumpen vor technische und wirtschaftliche Herausforderungen:

Durch die übereilt und unkoordiniert eingeleitete Abschaltung mehrerer Atommeiler drohen insbesondere an frostigen Wintertagen Stromausfälle. Sofern diese stundenlang andauern, kann bei au-

ßen aufgestellten Luft/Wasser Wärmepumpen ein Einfrieren des Verflüssigers nicht ausgeschlossen werden – was im schlimmsten Fall einen Totalausfall der Anlage zur Folge haben kann. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit gering ist, sollten die Betreiber von solchen Anlagen Schutzmaßnahmen rechtzeitig in Angriff nehmen. Zum anderen schränkt der aktuell stark angestiegene Strompreis die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen so stark ein, dass viele Bauherren sich wieder verstärkt den fossilen Energieträgern – insbesondere Gas – für die Wohnraumbeheizung zuwenden. Ziel dieses Beitrages ist es deshalb aufzuzeigen, wie das Risiko des Einfrierens von Luft-Wasser Wärmepumpen in Außenaufstellung reduziert werden kann, welche Alternativen sich anbieten (Teil 1, Einfrieren) und wie die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen verbessert werden kann (Teil 2, Wirtschaftlichkeit).

Die Umstrukturierung des Raumwärmebedarfs kann den größten Anteil zum Erfolg der Energiewende beitragen. Immerhin werden bundesweit ca. 30 % der Endenergie zur Beheizung von Gebäuden benötigt (Abb.2). Zwar sank der spezifische Verbrauch in der letzten Dekade durch energetische Sanierung und Zubau mit reduziertem Heizenergiebedarf von ca. 170 kWh/m<sup>2</sup>a um ca. 15 % auf rund 140 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>[1,2]</sup>. Doch das Potential bis zum besten wärmetechnischen Standard von 5 kWh/m<sup>2</sup>a für ein Passivhaus im Wohnungsbestand ist groß und die Umsetzung sehr aufwändig und teuer.

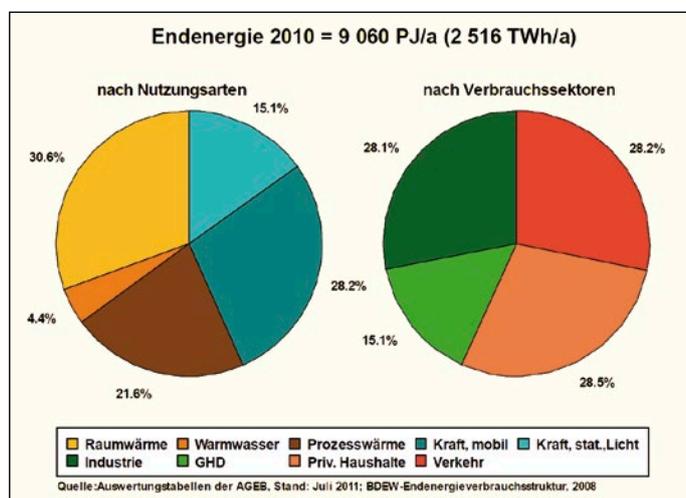


Abb.2: Struktur des Endenergieverbrauchs 2010 nach Nutzungsarten und nach Verbrauchssektoren [AGEB2011a, BDEW 2008]

Wie es dennoch mittels Wärmepumpen gelingt, den Einsatz von fossilen Energieträgern zu minimieren, wird anschaulich in [3,4,5] beschrieben und durch den florierenden Absatz der Heizungswärmepumpen belegt. Dabei hat sich der Trend zur Luft/Wasser Wärmepumpe aufgrund der oben genannten Vorzüge verstärkt (Abb.3). Ihr Marktanteil ist zwischenzeitlich auf über 60 % angestiegen. Selbst mit Jahresarbeitszahlen von 3 können schon beim derzeitigen Strom Mix mit dieser Technik gegenüber Anlagen mit Gas-Brennwert Heizungen über 30 % an CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden (Abb.4). Dieser emissionstechnische Vorteil nimmt mit dem weiteren Umbau der Stromversorgung hin zu regenerativen Energien deutlich zu [6].

**TEIL 1: EINFRIEREN DER LUFT/WASSER WÄRMEPUMPEN**

Luft/Wasser Wärmepumpen werden in drei Varianten angeboten:

- ▶ In Split-Bauweise

- ▶ zur Innenaufstellung und
- ▶ zur Außenaufstellung

Dabei dominiert die Luft/Wasser Wärmepumpe zur Außenaufstellung mit deutlich mehr als 40% Anteil den Markt. Der jährliche Zuwachs wird in verschiedenen Studien mit über 15.000 Einheiten in der BRD angesetzt [8].

Luft/Wasser Wärmepumpen zur Außenaufstellung haben neben vielen Vorteilen einen Nachteil:

**Sie sind nicht absolut frostsicher!**

Trotz unterirdisch verlegter Vor- und Rücklaufleitungen vom Heizraum zur außen aufgestellten Wärmepumpe kann der oberirdisch im Gehäuse der Wärmepumpeneinheit angeordnete Verflüssiger einfrieren, wenn weder die Wärmepumpe noch die Umwälzpumpe für die Heizwasserzufuhr läuft (Abb. 1).

Da im normalen Betrieb die Wassertemperatur im Verflüssiger überwacht wird und bei Bedarf Wärme aus dem Pufferspeicher als Frostschutz mittels der Umwälzpumpe

in den Verflüssiger gefördert wird, frieren solche Anlagen auch bei extremer Kälte nicht ein.

Fällt jedoch der Strom aus, kann weder die Wärmepumpe noch die Umwälzpumpe den Frostschutz sichern, wenn die Außentemperatur unter 0°C liegt. Selbst eine gute Wärmedämmung kann das Einfrieren des Verflüssigers nur eine begrenzte Zeit unterbinden.

Damit hat sich die Situation seit der von der Bundesregierung eingeleiteten Energiewende im Jahr 2011 für diese Version der Luft/Wasser Wärmepumpe geändert: Laut DENA (Deutsche Netzagentur) steigt nämlich die Wahrscheinlichkeit eines großflächigeren, regionalen Stromausfalles insbesondere im Winterhalbjahr bei Frost an [9]. Zitat aus [10]: „Die Sorgen um Gefährdung der Versorgungssicherheit in der Industrie nehmen deutlich zu“. Auch auf der Niederspannungsebene (10kV) treten Engpässe auf: So fiel beispielsweise in der Region Nordschwarzwald der Strom seit



**Carbon Inside.  
Der NovoCondens BOB.**

Richtungsweisender Heizkomfort mit Carbon-Wärmetauscher. Besonders langlebig und korrosionsbeständig – das sind die Eigenschaften des Herzstücks im bodenstehenden NovoCondens BOB. Auf diese Weise erreicht der Kessel Heizleistungen von 20 bis 25 kW und einen Wirkungsgrad von 104,5% – ein absoluter Spitzenwert in der Öl-Brennwerttechnik. Dazu besonders energiesparend im raumluftunabhängigen Betrieb durch sein luftdichtes, schallgedämmtes Gehäuse. Und obendrauf kann mit dem perfekt auf den Heizkessel abgestimmten Tiefspeicher das vorhandene Raumangebot effektiv ausgenutzt werden.



Ein Paket, das Sicherheit bietet. Mit der 5-Jahre-Systemgarantie für Brennwertkessel (Öl oder Gas), einer optionalen BRÖTJE Solaranlage, Speicher und dem dazugehörigen Abgassystem schaffen wir ein Plus an Vertrauen.

Einfach näher dran.



dem 1.1.2012 bisher drei Mal zwischen einer und 4 Stunden bei teilweise strengem Frost aus. Das Auffrieren des Verflüssigers kann bei diesem Anlagentyp bis zu einem Totschaden führen. Zusätzlich können u.U. Zusatzkosten für Ersatzmaßnahmen anfallen, um Miet- und Gebäudesachschäden zu minimieren.

## EINFRIERSCHUTZ

Wegen des sehr geringen Ausfallrisikos der Netze bestand seitens der Hersteller in der Vergangenheit kein unmittelbarer Handlungsbedarf.

Die naheliegenden Alternativen zum Schutz der Anlage:

- ▶ das Einfüllen von Frostschutzmittel in die kritischen Teilsysteme oder in die komplette Heizung ist teuer und mindert die Effektivität solcher Heizungen beträchtlich, und
- ▶ das Entleeren der entsprechenden Anlagenteilsysteme ist umständlich bzw. nicht vollständig möglich. Im Allgemeinen ist das Entwässern für den Betreiber der Anlage nicht praktikabel, da Spezialwissen und -werkzeug erforderlich sind.

**Anmerkung:** Da der Verflüssiger in der Außenanlage in der Regel als Tiefpunkt ausgeführt ist, müsste er auf der Wasserseite bei Einfriergefahr separat entleert werden. Hierzu muss das äußere Gehäuse zumindest teilweise demontiert wer-

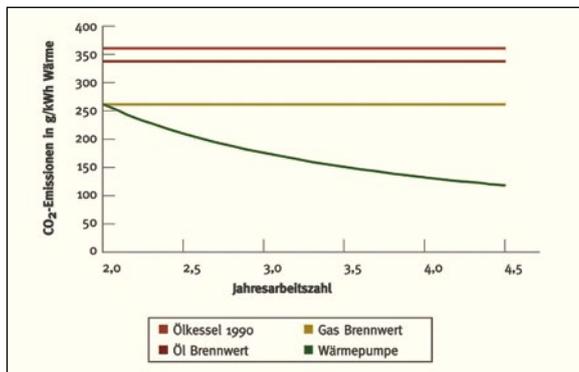


Abb. 4: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen unterschiedlicher Heizsysteme für das Jahr 2008; Quelle: BWP, Daten TU München[7]

den, was in der Regel bei Eis und Schnee schwierig oder gar nicht möglich ist.

Deswegen werden diese Maßnahmen von den Herstellern für solche Luft/Wasser Wärmepumpen weder empfohlen noch

angeboten. Selbst ein 1980 zum Schutz solcher Anlagen entwickeltes Patent<sup>[11]</sup> wurde nicht umgesetzt.

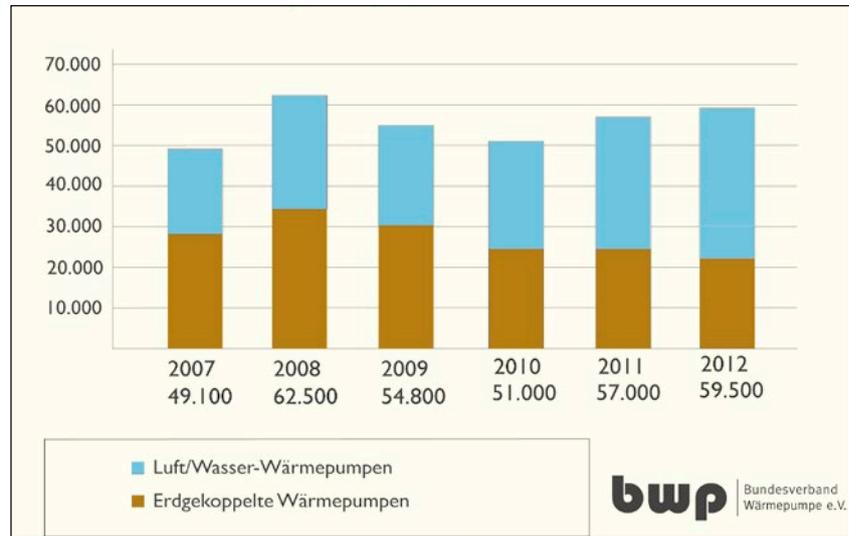


Abb. 3: Absatz von Heizungswärmepumpen in Deutschland (2007 – 2012); Quelle: BWP

Wegen des mangelnden Bedarfs lagen von den Herstellern in Deutschland keine Erfahrungen darüber vor, welches Zeitfenster zur Verfügung steht, um aktiv Maßnahmen zum Frostschutz einzuleiten.

## MESSPROGRAMM

Es wurden deshalb beispielhaft 2 Anlagen unterschiedlicher Hersteller für ein Messprogramm ausgewählt und so präpariert, dass die Temperatur des gefährdeten Bauteils – des Verflüssigers – auch bei Netzausfall ermittelt werden kann.

Beide Heizungsanlagen wurden im Rahmen einer Gebäudesanierung von Einzelofenheizung auf mit Radiatoren ausgestattete Zentralheizung umgerüstet. Die Radiatoren wurden für eine maximale Vorlauftemperatur von 45°C im Auslegungspunkt bei 12°C dimensioniert. Die Luft/Wasser Wärmepumpen der Hersteller A bzw. B decken monoenergetisch auch die Brauchwasserversorgung

mit ab und sind mit entsprechenden Pufferspeichern im untergeschossigen Heizraum bestückt.

Die unterirdischen Rohrleitungen zu den Wärmepumpen betragen im Fall A ca.

3 m und im Fall B ca. 25 m. Beide Hersteller haben offensichtlich die Dämmung des Verflüssigers wirtschaftlich optimiert.

Somit bestand noch Raum für eine zusätzliche Dämmschicht von ca. 20 mm. Um den Komfort der Bewohner möglichst wenig zu beeinträchtigen, wurden die Messungen nachts ab 23 Uhr bei Temperaturen unter minus 5°C durchgeführt. Hierzu wurde die komplette Anlage ausgeschaltet, d.h. auch die Umwälzpumpe zwischen Pufferspeicher und Heizkörpern wurde vom Netz getrennt. Dadurch sollte geprüft werden, ob sich eine Konvektionsströmung ausbildet, getrieben durch den Höhenunterschied zwischen Pufferspeicher und Aufstellungsort der Wärmepumpe. Durch freie Konvektion könnte möglicherweise der Einfrierschutz verbessert werden.

## ERGEBNISSE

Wie die Messungen zeigen, besteht selbst bei mäßigem Frost von -8°C mit ca. 6 bzw. 7 Stunden ausreichend Zeit, um Maßnahmen gegen Einfrieren einzuleiten (Abb. 5). Die zusätzlich am Verflüssiger angebrachte 19 mm starke Dämmschicht verlängert das Zeitfenster um weitere zwei bis drei Stunden. Den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Abkühlkurve des Verflüssigers zeigt Abb. 6. Ist die Umgebungstemperatur mit ca. -5°C um 3 K höher, besteht Einfriergefahr für den Verflüssiger erst nach ca. 10 Stunden. In keinem Fall

konnte Wärmetransport vom Pufferspeicher zur außen angeordneten Luft/Wasser Wärmepumpe festgestellt werden. Offensichtlich reichte der Höhenunterschied von ca. 1 m zwischen Pufferspeicher und Verflüssiger in beiden Anlagen nicht aus, eine freie Konvektionströmung auszubilden. Maßgeblicher Grund dafür dürfte die ungünstige Anordnung des Verflüssigers im Gehäuse der Wärmepumpe sein: Bei beiden Herstellern ist der Verflüssiger als hydraulischer Tiefpunkt ausgeführt.

## MÖGLICHE LÖSUNG

Die untersuchten Luft/Wasser Wärmepumpen zur Außenaufstellung sind auch bei mäßigem Frost während eines Stromausfalls nicht gefährdet einzugefrieren, solange die Versorgungsunterbrechung 6 Stunden nicht übersteigt. Der Einfriereschutz kann mit einfachen Mitteln durch eine bessere Dämmung gesteigert werden. Dies gilt für den Anlagenbestand. Um bei Blackouts von mehr als ca. 10 Stunden

einen Totschaden der Anlage abwenden zu können, sollte der Verflüssiger innerhalb der Luft/Wasser Wärmepumpe zur Außenaufstellung so angeordnet sein, dass eine Entleerung solcher Anlagen leicht und vollständig ohne zusätzlichen Aufwand möglich ist.

Damit dürfte in der Regel gleichzeitig die Voraussetzung geschaffen sein, dass durch Wärmezufuhr aus dem Pufferspeicher mittels freier Konvektion auch bei sehr langem Stromausfall das Einfrieren des Verflüssigers unterbunden wird. Wer sich bei Neuanlagen aller Sorgen um Einfrierprobleme entledigen will, kann auf Luft/Wasser Wärmepumpen zur Innenaufstellung zurückgreifen. Wo deren Einsatz aus Platzgründen nicht möglich ist, sollte sich der Bauherr für die Luft/Wasser Wärmepumpen in Split-Bauweise entscheiden. Dies dürfte insbesondere bei der Modernisierung des sanierungsbedürftigen, älteren Wohnungsbestandes häufig der Fall sein (siehe u.a. [8]). Das Angebot an relativ preis-

günstigen und immer effizienteren Anlagen wird jährlich verbessert.

## TEIL 2 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Das deutsche Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Kurztitel Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) soll den Ausbau der erneuerbaren Energiequellen durch feste Einspeisevergütungen fördern. Durch die hohen und über einen sehr langen Zeitraum von 20 Jahren gewährten Subventionen steigt der Haushaltstrompreis insbesondere ab 2006 relativ stark an, nämlich um nahezu 40 % (Abb.9). Der Ausstieg aus der Kernenergie ab 2011 beschleunigte den Preisanstieg für den Wärmestromtarif, der für Wärmepumpen vorbehalten ist, nochmals deutlich: So mussten die Betreiber von Wärmepumpen Preiserhöhungen zwischen 2010 und 2013 sogar von ca. 50 % hinnehmen (Abb.9). Aufgrund der bisher eingesetzten Technik für die Rundsteueranlagen, mit denen die Sperrzeiten



**mobiheat**<sup>®</sup>  
mobile Energiezentralen

## Mobile Wärme für jeden Leistungsbedarf



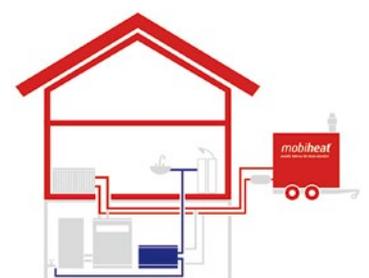
### FÜRS EFH oder MFH

- Notfall- und Estrichaufheizung leicht gemacht!
- Modernisierungen und Umbauten in Ruhe durchführen!
- einfache Regelung



### FÜRS GROSSGEBÄUDE

- das Heizmobil versorgt Ihr Gebäude schnell wieder mit Heizwärme und Warmwasser
- Vermietung mit Full-Service: von Aufbau, Inbetriebnahme bis hin zum Abbau



**Kontaktieren Sie uns!**

mobiheat® GmbH  
Marquardtstr. 8  
D-86316 Friedberg

Telefon: +49 (0) 821 71011-0  
Telefax: +49 (0) 821 71011-900

info@mobiheat.de  
www.mobiheat.de

[www.facebook.com/mobiheat](https://www.facebook.com/mobiheat)  
[www.xing.com/companies/mobiheatgmbh](https://www.xing.com/companies/mobiheatgmbh)

getaktet werden, hat der Kunde derzeit noch keine Möglichkeit, den Stromanbieter zu wechseln.

**Anmerkung:** Da die Stromanbieter mittels Sperrzeiten für Wärmepumpen den Netzbetrieb und die Netzauslastung optimieren können, können sie den Wärmestrompreis günstiger anbieten, als wenn zu jedem beliebigen Zeitpunkt die maximal genehmigte Anschlussleistung zur Verfügung gestellt werden müsste. Um während der in der Regel zweimal 1,5 stündigen Sperrzeit kei-

Heizungsanlagen noch um 2010 in der Regel die im Vergleich zur Gasheizung höheren Anschaffungskosten in wenigen Jahren. Dieser ökologische und finanzielle Vorteil der Luftwärmepumpe löste den Installationsboom in den Jahren 2011 und 2012 aus (Abb.2).

Die Betriebskosten für Gas lagen mit ca. 1600 € nahezu doppelt so hoch wie bei der Luftwärmepumpe (Abb.7).

Die heutige Preissituation favorisiert jedoch eher die weniger ökologische Gasheizung (Abb.8). Das Zitat aus<sup>[12]</sup> bringt

von ca. 10.000 € zwischen Heizungen mit Luft/Wasser Wärmepumpe bzw. Erdgasbrennern in einer überschaubaren Zeit zu amortisieren (Abb.9). Aus diesem Grunde werden derzeit etliche Sanierungs- aber auch Neubauvorhaben zugunsten der Versorgung mit Erdgas entschieden, obwohl mit zunehmendem Ausbau der alternativen Energien der ökologische Vorteil der Luft/Wasser Wärmepumpe weiter zunimmt (Abb.11). Damit verliert die ökologischere Heizungsvariante mit den geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen an Bo-

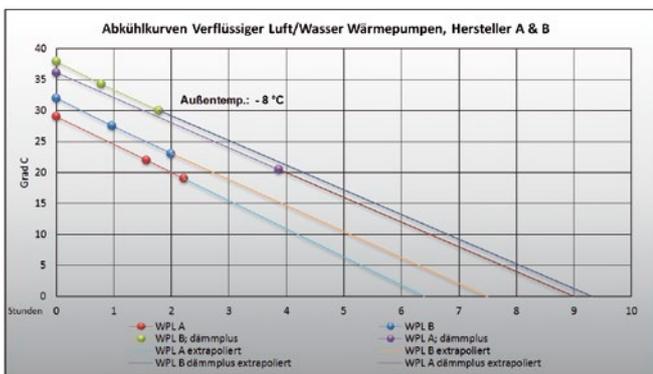


Abb.5: Abkühlkurven von Verflüssigern in Luft/Wasser Wärmepumpen der Hersteller A&B bei -8°C Außentemperatur

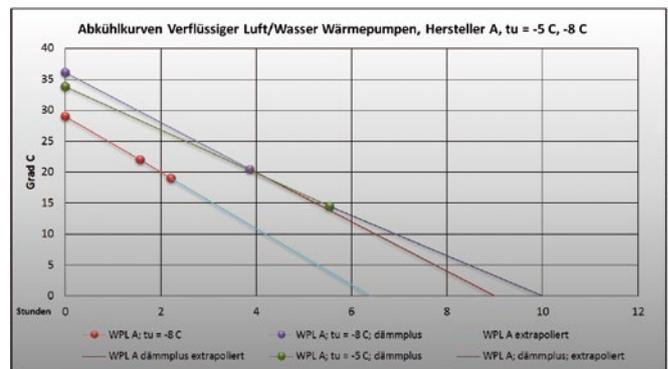


Abb.6: Abkühlkurven eines Verflüssigers in Luft/Wasser Wärmepumpen (Hersteller A) mit zusätzlicher Dämmung bei -8 bzw. -5°C Außentemperatur

nen Heizkomfort einzubüßen, werden Warmwasserspeicher als Puffer eingesetzt.

Bei der wirtschaftlichsten Alternative, der Gasheizung, verteuerten sich die Betriebskosten im selben Zeitraum hingegen nur um ca. 10%.

Gut ausgelegte Heizungen mit Luft/Wasser Wärmepumpen erreichen selbst mit Radiatoren Jahresarbeitszahlen von 3,1 und mehr. Damit erwirtschafteten die monoenergetischen Wärmepumpen-

es auf den Punkt: „Erdgas (ist) am beliebtesten“. Zwischenzeitlich müsste die Jahresarbeitszahl (JAZ) für Luft/Wärmepumpen deutlich über 3 liegen, damit der Einsatz dieser umweltschonenden, CO<sub>2</sub> reduzierenden Technik, noch finanziell attraktiv ist (Abb.10).

Die aktuelle jährliche Kostendifferenz zwischen Strom und Erdgas von lediglich ca. 400 € zugunsten der Wärmepumpe reicht in vielen Fällen nicht mehr aus, um den Unterschied der Investitionskosten

den und die Abhängigkeit von fossilen Energien nimmt wieder zu. Das Ziel der Energiewende, die Abkehr von fossilen hin zu den erneuerbaren Energiequellen wird damit gefährdet!

**Anmerkung:** Die relativ ökologische Pelletheizung wurde der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, aber nicht weiter diskutiert. Der Grund dafür sind die relativ schlechten Emissionswerte dieser Heizung insbesondere beim Feinstaub und beim NO<sub>x</sub>, sowie die begrenzten

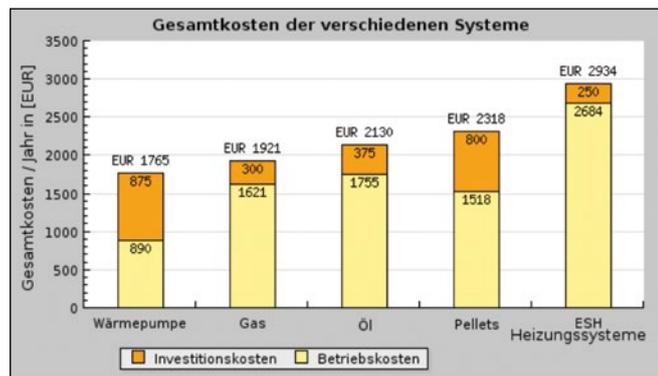


Abb.7: Gesamtkosten verschiedener Heizungssysteme; [www.heizung-waermepumpe.de/onlineplaner.html](http://www.heizung-waermepumpe.de/onlineplaner.html), Betriebskosten 2010, Energiepreise entsprechend Abb. 9

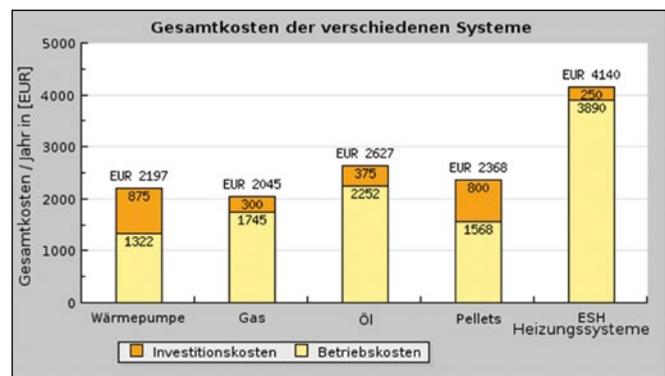


Abb.8: Gesamtkosten verschiedener Heizungssysteme; [www.heizung-waermepumpe.de/onlineplaner.html](http://www.heizung-waermepumpe.de/onlineplaner.html), Betriebskosten 2013, Energiepreise entsprechend Abb. 9

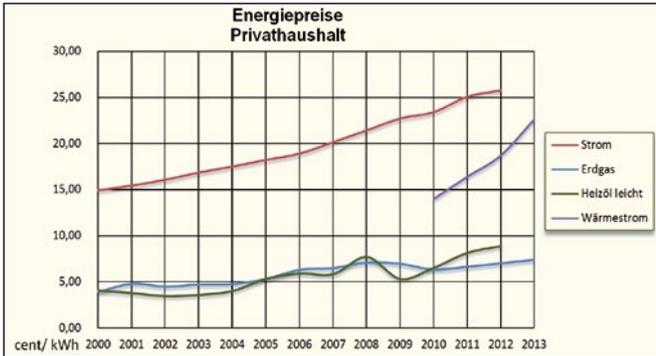


Abb.9: Entwicklung Energiekosten 2000 – 2013; Quellen: Bundesministerium f. Wirtschaft & Technologie, Statist. Bundesamt, Eurostat, Bundesamt f. Wirtschaft & Ausfuhrkontrolle, Mineralölwirtschaftsverband, 2013; Eigene Erhebungen

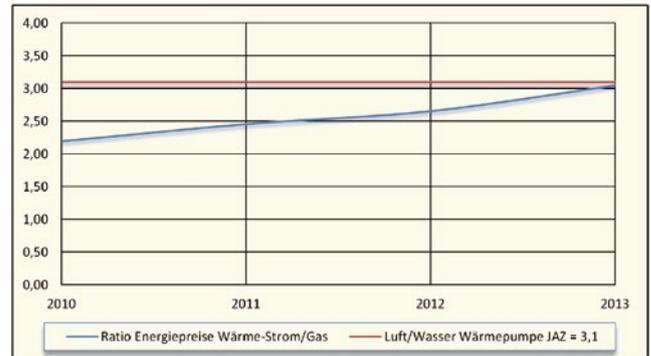


Abb.10: Veränderung des Preisverhältnisses zwischen Wärmestrom und Gas zwischen 2010 und 2013

einheimischen Ressourcen<sup>[13,14]</sup>. Deshalb wird der Pelletheizung eine neuwertige Bedeutung im Markt und für den Klimaschutz abgesprochen (s. <sup>[12]</sup>). Im Folgenden soll aufgezeigt werden, wie es gelingen kann, die wirtschaftliche Attraktivität der Luft/Wasser Wärmepumpe weiter zu verbessern.

**BETRIEBSOPTIMIERUNG**

Ziel ist es, die Effizienz von Luft/Wasser Wärmepumpenheizungen zu steigern.

Da solche Anlagen bei höheren Außentemperaturen mehr Wärme transformieren und dies auch noch mit einer höheren Leistungszahl erledigen, ist es naheliegend, möglichst viel Wärme für die Beheizung tagsüber zu produzieren und im Pufferspeicher bzw. im Gebäude selbst für die kühlere Nachtzeit zwischenspeichern. Um diese Effekte darzustellen und das Einsparpotential auszuloten, wurden hierfür Energiebedarf und Energiebereitstellung simuliert. Der En-

ergiebedarf des untersuchten Hauses beträgt 10kW bei einer Auslegungstemperatur von -12 °C. Damit liegt der spezifische Bedarf des aus dem Jahre 1850 stammenden Hauses nach energetischer Sanierung bei ca. 60W/m<sup>2</sup> im Auslegungspunkt. Die Heizung wurde mit Radiatoren ausgeführt und für eine Vorlauf-temperatur von 45 °C dimensioniert. Die Luft/Wasser Wärmepumpe leistet im Bivalenzpunkt von -5°C ca. 7,9 kW und bei 20°C ca.12kW. Die Leistungszahl der



Schnelle Renovierung in bewohntem Zustand möglich!

# Moderner Wohnkomfort auch im Altbau!

## Uponor Renovis – Trockenbaupanel mit integrierter Flächenheizung/-kühlung

- Schnell, sauber und energiesparend renovieren von bis zu 3 Räumen pro Tag
- Installation auf den üblichen CD 27/60 Trockenbau-Profilen an allen Wand- und Deckenoberflächen
- Kurze Aufheizdauer und schnelle Reaktionszeit
- Raumkomfort bei niedriger Temperatur des Heizsystems

Mehr Informationen im Internet unter [www.uponor.de/renovis](http://www.uponor.de/renovis)



Wärmepumpe steigt von ca. 2,95 (-5 °C) auf 5 bei 20 °C an (Abb. 12). Beispielhaft wurde für einen realen Temperaturverlauf am 17.4.2012 in einem Ort am Fuße des Nordschwarzwaldes der Energiebedarf des Hauses sowie die Leistungszahl der Wärmepumpe bestimmt (Abb. 13).

Man erkennt, wie die Temperatur von ca. 0 °C um Mitternacht auf unter -2 °C in den Morgenstunden absinkt, um dann zur Mittagszeit 10 °C zu überschreiten. Der Maximalwert mit nahezu 13 °C wird am späten Nachmittag erreicht. Die Temperaturspreizung betrug an diesem Tag über 15 K. Der Tagesgang der Temperatur mit einer Grädigkeit von ca. 10 K ist für ca. 80 % der Heizperiode in unseren Brei-

**Anmerkung:** Unter „Wärmepumpen-Manager“ wird das Steuergerät verstanden, das u.a. die Wärmeleistung der Wärmepumpe an den Wärmebedarf des Hauses für Heizung und Warmwasser anpasst. Die Abschaltzeiten wurden der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt.

Da Leistung und Effizienz der Luftwärmepumpe mit zunehmender Außentemperatur stark ansteigen, ist es naheliegend, deren Arbeitsbereich möglichst weitgehend in die Tageszeit zu verschieben. Wenn nachts die Außentemperaturen niedrig sind, sollte die Vorlauftemperatur möglichst weit abgesenkt werden. Tagsüber kann die

bereitstellung kann dieser Effekt ebenfalls effizienzsteigernd eingesetzt werden. Großzügig dimensionierte Wasserspeicher und massive Bauweise – die häufig im Altbau anzutreffen ist – und gute Wärmedämmung unterstützen diesen Effekt nachhaltig [8]. Obwohl der Tagesgang im Durchschnitt nur eine Temperaturspreizung von ca. 10 K aufweist, könnte durch die vorgeschlagene Betriebsstrategie für Luftwärmepumpen die Jahresjahresarbeitszahl in der Regel um ca. 3 % verbessert werden.

Dieses Potential kann leider häufig nicht voll ausgeschöpft werden, da die regionalen Stromversorger diese attraktiven Betriebsbedingungen mit Sperrzeiten

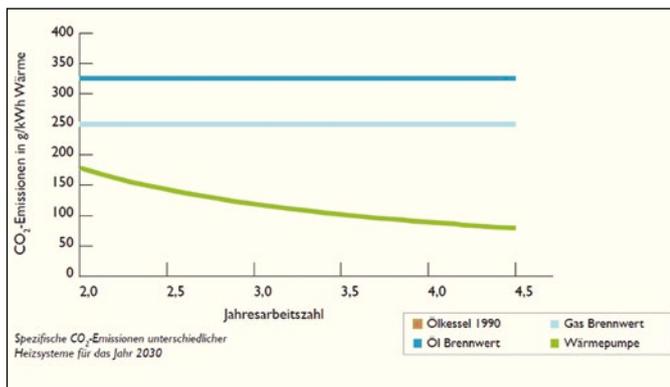


Abb. 11: Durch den ökologischen Strom Mix im Jahr 2030 senkt die Wärmepumpe bereits ab einer Jahresarbeitszahl von 3 die CO<sub>2</sub>-Emissionen um die Hälfte;

Quelle: BWP, Daten TU München [7]

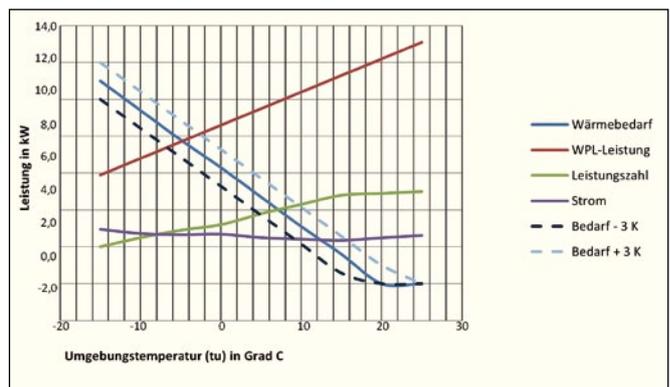


Abb. 12: Heizleistungsbedarf für eine Raumtemperatur von 20 °C, Leistung einer Luft/Wasser Wärmepumpe mit Leistungszahl und elektrischer Leistungsanforderung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur; Anhebung und Absenkung der Raumtemperatur um jeweils 3 Kelvin

ten typisch. Die erforderliche Heizleistung variiert zwischen 6 und 4 kW, mit dem Extremwerten von ca. 7 kW um 6 Uhr in der Früh und um 2 kW am späten Nachmittag. Die im Mittel erforderliche elektrische Leistung für den Antrieb der Wärmepumpe schwankt zwischen 2,5 kW und 0,5 kW bei entsprechenden Leistungszahlen von 2,9 bzw. 4,2. Der für das Haus am 17.4.2012 erforderliche Wärmebedarf von ca. 110 kWh wurde von der Luft/Wasser Wärmepumpe bei einer mittleren Außentemperatur von 5,5 °C mit einer Leistungszahl von 3,3 zur Verfügung gestellt. Da die Wärmepumpe in der Lage ist, höhere Leistungen – bis 11 kW – als gefordert bereitzustellen (Abb. 12), taktete der Wärmepumpenmanager die Anlage auf eine relative Laufzeit von 50 %.

Luftwärmepumpe den Wärmebedarf mit guter Leistungszahl bereitstellen und zusätzlich Energie im Pufferspeicher und im Gebäude für die nächste Nacht stapeln. Hierzu wurde die Heizkurve zwischen 0 und 7 Uhr um 3 Kelvin abgesenkt und im Gegenzug um 3 K zwischen 11 und 18 Uhr angehoben (Abb. 14). Moderne Wärmepumpen-Manager sind schon heute in der Lage, solche Einstellungen umzusetzen.

Die Simulation wurde der Übersichtlichkeit halber ohne thermische Energiespeicherung vorgenommen. Durch Optimierung der Lastzyklen kann demnach die Arbeitszahl im konkreten Beispiel von 3,3 auf 3,37 d.h. um über 2 % angehoben werden, ohne den Wohnkomfort zu schmälern. Für die Warmwasserbe-

blockieren: Im Nordschwarzwald liegen die Zeiten, in denen die Wärmepumpen per Rundsteueranlage nicht betrieben werden können, zwischen 11:30 bis 13:00 Uhr und von 17:30 bis 19:00 Uhr.

## ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

Der steigende Anteil regenerativen Stroms verursacht zunehmende Lastschwankungen im Netz. Da der Ausbau der Netze ebenso wie die Erweiterung von Speichersystemen nicht vorankommt, muss ein immer größerer Anteil Wind- und Sonnenstrom abgeregelt werden. Das führt dazu, dass zwischenzeitlich (2011) über 400 GWh an Erzeugungskapazität nicht genutzt werden konnten. Die Entschädigungskosten von

über 30 Mio.€ werden über das EEG auf die Verbraucher umgelegt<sup>[16]</sup>. Untersuchungen zeigen, dass schon jetzt das Speichervermögen der ca. 500.000 Wär-

mit integrierten Wetterprognosen,

- ▶ Optimierten Einsatz passiver Gebäude und aktiver Warmwasserspeicher als thermische Puffer,

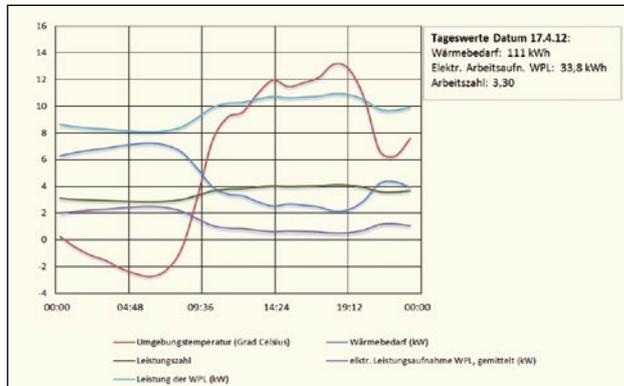
und zur Preissenkung des Wärmestroms zu nutzen. Damit sollte es möglich sein, den Trend von der Wärmepumpe zur Gasheizung wieder umzukehren und die Abhängigkeit Deutschlands von fossilen Energiequellen weiter zu reduzieren.

**Autor:**

**Dr.-Ing. Manfred Kuczera, 75210 Keltern;**  
**Fachreferent und Berater für Mineralöl-**  
**technik und Regenerative Energien**  
**Grafiken/Bilder: Dr.-Ing. Manfred Kuczera**  
**manfred.kuczera@t-online.de**

**Literatur:**

- [1] Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und Global. Schlussbericht BMU – FKZ 03MAP146; DLR, IWES & IFNE; 29.3.2012
- [2] Ist das 3-Ltr-Energiespar-Haus realistisch? M. Dehli; www.energie-fakten.de; 26.3.2004, akt. 4.2010
- [3] Erdwärme beheizt Einfamilienhaus, M. Kuczera; Heizung Lüftung Klimatechnik; Nr. 4,1991
- [4] Wärmepumpen – die sparsame und ökologische Heizungsalternative, J. Steffl, W. Heller; FACH.JOURNAL 2006/2007
- [5] Gebäudesanierung – Wärmepumpen auch mit Radiatoren wirtschaftlich, C. Thomas; FACH.JOURNAL 2013
- [6] Heizen mit Wärmepumpe – klimafreundlich, zukunftssicher, wartungsarm, Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2013
- [7] Energiewirtschaftliche Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung; U. Wagner, A. Held, Ch. Heilek, TU München; Studie im Auftrag des BWP; 2008
- [8] Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strommarkt und zur Netzintegration erneuerbarer Energien, BMWi Vorhaben Nr. 50/10, Studie Prognos AG, Ecofys Germany 31.10.2011
- [9] DENA-Verteilernetzstudie – Ausbau- und Innovationsbedarf der deutschen Stromverteilernetze bis 2030, DENA
- [10] Deutscher Energiewende-Index 4. Quartal 2012, DENA
- [11] Patent DE 3043123 A1, F. Bogdanski, Stiebel Eltron, Holzminden; 15.11.80 / 24.6.82
- [12] Wärme aus der Tiefe, Wirtschaftswoche Nr. 12, 18.3.2013, S. 104-105
- [13] Felduntersuchungen an Holzpellet-Zentralheizkesseln, R. Kunde, M. Gaderer, H. Spliethoff; BWK Bd. 61 (2009) Nr. ½
- [14] Universität Stuttgart zu Emissionen moderner Heizkessel, M. Struschka, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK), März 2010
- [15] Positionspapier Smart Grid und Smart Market, Bundesverband Wärmepumpe (BWP), Juli 2012
- [16] Fakten zur Abregelung und Entschädigung von Strom aus Erneuerbaren Energien in Schleswig-Holstein, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, 25.1.2013



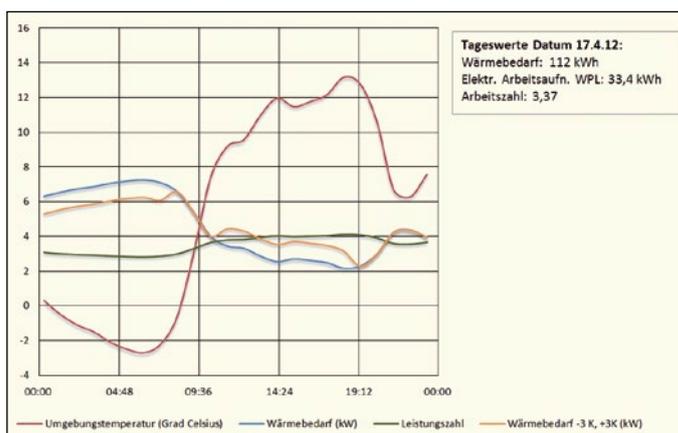
**Abb.13: Profile von Außentemperatur, Wärmebedarf eines energetisch sanierten Altbaus, mittlerer Leistungsaufnahme und Leistungszahl einer Luft/Wasser Wärmepumpe an einem Apriltag im Nordschwarzwald**

mepumpen genutzt werden könnte, um die Netze zu entlasten und den zukünftig erforderlichen Zubau von Energiespeichern zu minimieren<sup>[8,15]</sup>. Damit können Luftwärmepumpen wesentlich dazu beitragen, die Energiewende zum Erfolg zu führen. Die ökologischen Vorteile von Luftwärmepumpen können zusätzlich weiter ausgebaut werden durch:

- ▶ Regionales und überregionales Lastmanagement durch Einsatz von „Smart Grid“ Techniken zur massiven Nutzung des inhärenten Speicherpotentials von Wärmepumpenheizungen, um teure Abregelungen von Wind- und Solarstrom weitgehend zu vermeiden.

Damit die Umstrukturierung des Raumwärmebedarfs gelingt und der Kostenanstieg der Energiewende gebremst werden kann, wird empfohlen, den Aufwand für die Entschädigung der Abrege-

- ▶ Anpassen des Lastprofils an den Tagesgang der Außentemperatur,
- ▶ Freien Wettbewerb des Anbieters für Wärmestromtarife,



**Abb.14: Lastoptimierung einer Luftwärmepumpe durch Absenkung der Vorlauftemperatur um 3 Kelvin (K) von 0 bis 7 Uhr und Anhebung um 3 Kelvin (K) zwischen 11 und 18 Uhr, Speicherpotential des Baukörpers und des Pufferspeichers vernachlässigt.**

- ▶ Abschaffung von überholten und unflexiblen Sperrzeiten für den Wärmepumpenbetrieb,
- ▶ Intelligente Wärmepumpensteuerungen

lungen, sowie das Einsparpotential an Netz- und Speicherausbau bei Nutzung des inhärenten Speicherpotentials der Wärmepumpen finanziell zu bewerten