

## Fact Sheet 9

### Hauptthema: Heizen

Spezial: **Elektro-Wärmepumpen** Energieeffizienzen und Wirtschaftlichkeit in der Praxis

#### **\* Einführung/ Problem**

Bei den Bemühungen um eine Energieeinsparung im Wohnbereich wächst das Interesse an Wärmepumpen für die Heizung und die Trinkwassererwärmung.

Mittlerweile sind laut *Bundesverband Wärmepumpen* (BWP) mehr als 350.000 Wärmepumpen in Deutschland in Betrieb. Der größte Teil entfällt auf Eigenheime, doch in zunehmendem Maße beheizen sie auch Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude auf der Basis der Umweltenergien Luft, Grundwasser oder Erdwärme und von Abwärme. Derzeit werden rund zehn Prozent der Heizkessel, die in Wohngebäuden erneuert werden, durch Wärmepumpen ersetzt.

Die Energieeffizienz und die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen sowie ihr Beitrag zum Klimaschutz sind jedoch umstritten. Dabei ergeben sich je nach Typ deutliche Unterschiede.

Die *Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr* (Schwarzwald) untersuchte im Rahmen des „Feldtests Elektro-Wärmepumpen“ den Stand heutiger Wärmepumpentechnik, die Energieeffizienz und die Wirtschaftlichkeit am Oberrhein. Es handelte sich um 33 Heiz-Wärmepumpen mit den Kaltquellen Luft, Grundwasser und Erdreich für Ein- und Zweifamilienhäuser und um fünf Warmwasser-Wärmepumpen. In Deutschland müssen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) über 3,0 liegen, um Wärmepumpen als „energieeffizient“ und über 3,5, um sie als „nennenswert energieeffizient“ bezeichnen zu können (siehe INFO-BOX auf Seite 3).

#### **\* Ergebnisse und Empfehlungen**

##### **Energieeffizienz**

Am besten schnitten die Erdreich-Wärmepumpen mit einer mittleren Jahresarbeitszahl von 3,4 ab (Erzeuger-JAZ), mit zwei Spitzenwerten von 4,3 bzw. 4,4. Grundwasser-Wärmepumpen erreichten nur 3,2 und Luft-Wärmepumpen nur 2,8 (Fußbodenheizung) bzw. 2,3 (Heizkörper). Letztere tragen somit nicht zum Klimaschutz bei. Das gilt erst recht für die Trinkwasser-Wärmepumpen, die nur JAZ = 2,0 erreichten.

##### **Ökologie und Ökonomie**

Bei Betrachtung nicht nur der Investitionskosten, sondern auch noch der laufenden Betriebskosten (Energie, Wartung, Reparatur und Lebensdauer), haben Erdreich-Wärmepumpen das beste Preis-/Klimaschutzverhältnis, während Luft-Wärmepumpen schlechter abschneiden.

##### **Empfehlungen**

Die Agenda-Gruppe empfiehlt Erdreich-Wärmepumpen wegen ihrer hohen Energieeffizienz und geringer Gesamtkosten im Vergleich zu sechs anderen Heizwärmeerzeugern. Luft-Wärmepumpen sollten dagegen nicht mehr eingesetzt werden: Keine der dreizehn untersuchten Geräte übertraf mit ihrer System-Jahresarbeitszahl das Mindest-Energieeffizienzziel von 3,0. Alle Wärmepumpensysteme müssen jedoch noch beträchtlich technisch verbessert und im System optimiert werden, um eine nennenswerte Energieeffizienz im Vergleich zu konventionellen Heizungen zu erreichen.

Mit den im Rahmen der Studie ermittelten Arbeitszahlen für Luft-Wärmepumpen lassen sich die Klimaschutzziele der Bundesregierung und der Europäischen Union, bis zum Jahre 2020 20 bis 40 Prozent Kohlendioxid einzusparen, nicht erreichen. Die Agenda-Gruppe rät deshalb davon ab, Luft-Wärmepumpen zu bewerben, staatlich zu fördern und einzusetzen. Diese Empfehlung gilt auch für Luft-Wärmepumpen in Verbindung mit der Wohnraumlüftung, der Wohnraumabwärmenutzung und der Trinkwassererwärmung.

## **Einführung**

---

Bei den Bemühungen um eine Energieeinsparung wächst erneut das Interesse an Wärmepumpen für die Heizung und zur Trinkwassererwärmung. Dabei kommt im Ein- und Zweifamilienhaus nur die Elektro-Wärmepumpe in Frage. Sie funktioniert wie ein Kühlschrank, jedoch mit umgekehrter Nutzung: Während beim Kühlschrank Wärme mit Hilfe elektrischer Energie aus dem Innenraum nach außen gebracht wird, die Lebensmittel also kälter werden und sich das schwarze Gitter an der Rückseite erwärmt, kühlt eine Wärmepumpe den Raum außerhalb des Hauses ab. Sie entzieht der Umgebungsluft, dem Grundwasser oder dem Erdreich Wärme und hebt („pumpt“) mit Hilfe elektrischer Energie die niedrigen Temperaturen auf eine höhere und damit nutzbare Temperatur zum Heizen und zur Trinkwassererwärmung.

Mittlerweile sind laut *Bundesverband Wärmepumpen* (BWP) mehr als 350.000 Wärmepumpen in Deutschland in Betrieb. Der größte Teil entfällt auf Eigenheime, doch in zunehmendem Maße beheizen sie auch Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude auf der Basis von Abwärme sowie der Umweltenergien Luft, Grundwasser oder Erdwärme.

Derzeit werden rund 10 Prozent der Heizkessel, die jährlich in Wohngebäuden erneuert werden, durch Wärmepumpen ersetzt. Die vom *Bundesverband Wärmepumpen* herausgegebene BWP-Branchenstudie 2009 errechnete, dass unter derzeitigen Förderbedingungen die Absatzzahlen von Wärmepumpen bis 2030 auf 120.000 steigen würden. Ein zweites Szenario setzt deutlich optimierte Rahmenbedingungen voraus: Wird die „Förderung für erneuerbare Energie im Wärmebereich stark ausgebaut“, so rechnet der Verband mit einem Absatz von über 300.000 Wärmepumpen bis 2030. Das entspräche laut BWP einem Marktanteil von über 36 Prozent und damit mehr als einem Drittel des gesamten Heizungsmarktes. Der Absatz von Wärmepumpen hat jedoch erst einmal einen deutlichen Dämpfer bekommen: Die bis Anfang 2009 erfolgsverwöhnte Branche musste im zweiten Quartal deutliche Verluste gegenüber dem Vorjahr hinnehmen.

## **Problem**

---

Die Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen sowie ihr Beitrag zum Klimaschutz sind jedoch umstritten. Dabei ergeben sich je nach Typ deutliche Unterschiede. Zudem steht aus klimapolitischen Gesichtspunkten die Frage im Raum, aus welchen Quellen der Strom künftig kommen soll, der schließlich erst erzeugt werden muss.

Bisherige Felduntersuchungen und Werbeaussagen lassen Zweifel darüber aufkommen, ob alle Wärmepumpensysteme geeignet sind, volkswirtschaftlichen Zielen (Einsparung von Primärenergie und Kohlendioxid) und privatwirtschaftlichen Zielen (Einsparung von Geld über die Lebensdauer der Anlage) gerecht zu werden. Übertriebene Äußerungen von Herstellern, Verbänden und Energieversorgungsunternehmen über Jahresarbeitszahlen (siehe INFOBOX) von vier und mehr und Slogans wie „Mit 100% Sonne heizen“ oder „Das umweltfreundlichste Heizsystem, das das Klima entlastet“ schaden der Wärmepumpentechnik mehr, als sie ihr nützen.

In einem zweijährigen „Feldtest Elektro-Wärmepumpen“ untersuchte deshalb die *Lokale Agenda 21 - Gruppe Energie Lahr* (Schwarzwald) in Kooperation mit der *Ortenauer Energieagentur* in Offenburg und mit Förderung der *badenova* und des *Elektrizitätswerkes Mittelbaden* den Stand heutiger Wärmepumpentechnik, deren Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit am Oberrhein zwischen Freiburg und Baden-Baden.

Dazu ermittelte die Agenda-Gruppe 33 Betreiber mit Luft-, Erdreich- und Grundwasser-Heiz-Wärmepumpen und fünf mit Warmwasser-Wärmepumpen in Ein- und Zweifamilienhäusern. Ziel war es, nicht nur den TeilnehmerInnen am Projekt, sondern auch den PlanerInnen, EnergieberaterInnen und HandwerkerInnen verlässliche Daten über die energieeffizientesten Wärmepumpensysteme an die Hand zu geben.

## INFOBOX

Die Jahresarbeitszahl JAZ einer Wärmepumpe ist die wichtigste Kenngröße zur Beurteilung der Energieeffizienz von Wärmepumpen. Sie ist definiert als das Verhältnis von jährlich erzeugter Wärme am Ausgang zum notwendigen Strom an deren Eingang.

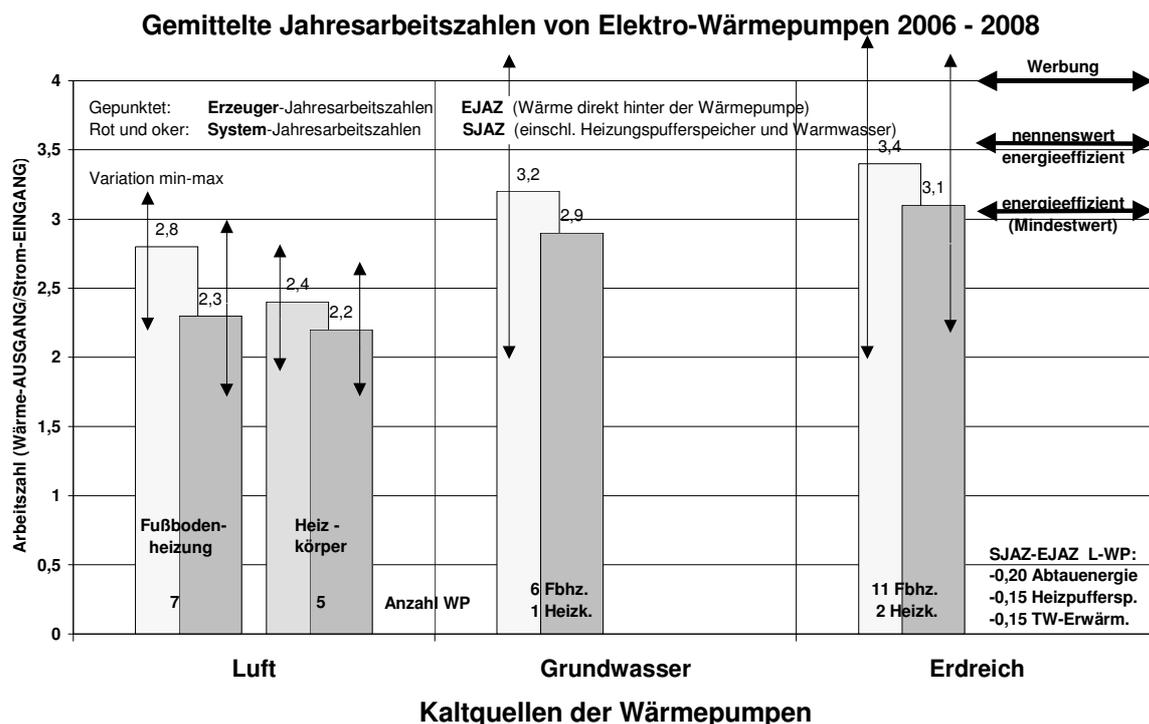
Laut der *Deutschen Energieagentur* (dena) in Berlin und des *Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes* (RWE) in Essen muss die Jahresarbeitszahl größer als  $JAZ = 3,0$  sein, um Wärmepumpen als "energieeffizient" und größer als  $JAZ = 3,5$  sein, um sie als "nennenswert energieeffizient" bezeichnen zu können.

Bei einem Verbrauch von 3.000 Kilowattstunden (kWh) thermischer Energie (Wärme) darf also eine Elektro-Wärmepumpe nicht mehr als 1.000 kWh elektrischer Energie (Strom) aufnehmen, um als „energieeffizient“ eingestuft zu werden.

Der Grund für die Mindest-JAZ = 3,0 liegt im hohen Anteil der Kohle bei der deutschen Stromerzeugung. Ein zunehmender Anteil an erneuerbaren Energien im deutschen Strommix würde zwar diese Grenz-Arbeitszahl senken, dem steht aber die Planung und der Bau von zur Zeit 15 neuen Kohlekraftwerken entgegen.

## Ökologische Aspekte

Es gibt erhebliche Unterschiede zwischen den Leistungsmessungen auf den Testständen und in der Werbung auf der einen Seite und der Ermittlung von Arbeitszahlen unter realistischen Betriebsbedingungen auf der anderen Seite. Auf der Kaltquellenseite sind Erdreich-Wärmepumpen mit Fußbodenheizungen der Spitzenreiter. Wie in der Graphik dargestellt erreichen sie im Mittel eine Jahresarbeitszahl  $JAZ = 3,4$  (günstigere Erzeuger-Jahresarbeitszahl, gemessen direkt hinter der Wärmepumpe), unter Berücksichtigung der Verluste der Pufferspeicher für die Heizung und das Warmwasser nur eine  $JAZ = 3,1$  (System-Jahresarbeitszahl). Zwei Wärmepumpen übertreffen mit Erzeuger-Jahresarbeitszahlen von 4,3 und 4,4 sogar die in der Werbung im Durchschnitt angegebene Arbeitszahl von  $JAZ = 4$ .



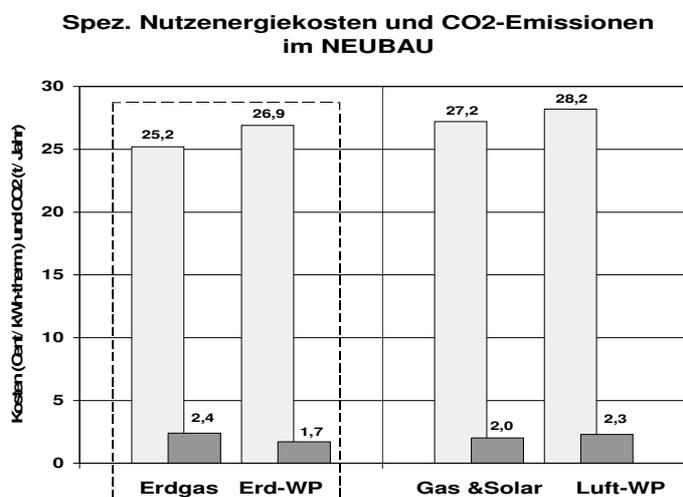
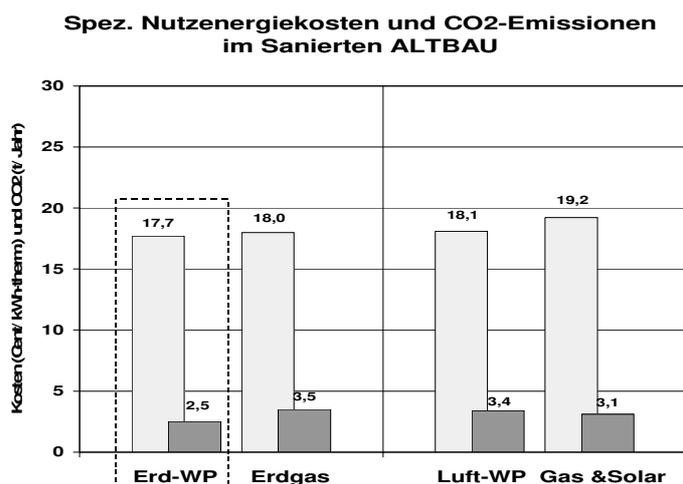
Die Grundwasser-Wärmepumpen schneiden im Mittel mit Erzeuger- und System-Jahresarbeitszahlen von 3,2 bzw. 2,9 etwas schlechter ab. Die Gründe dafür sind zu kleine Bohrlöcher, eine zu hohe Nennleistung der Grundwasser-Förderpumpe und verstopfte Wasserfilter. Ein Spitzenwert mit einer Erzeuger-Jahresarbeitszahl von JAZ = 4,2 (System-JAZ = 3,8) ist aber möglich.

Schlusslicht bilden die Luft-Wärmepumpen. Bei einer Fußbodenheizung beträgt die Erzeuger-Jahresarbeitszahl im Mittel JAZ = 2,8, die System-Jahresarbeitszahl aber nur JAZ = 2,4; und bei Heizkörpern sind es nur noch JAZ = 2,3 bzw. 2,2. Das bedeutet: Fast die Hälfte des Wärmebedarfes eines Hauses für Heizung und Warmwasser muss der hochwertige und teure Strom decken. Die beste der zwölf untersuchten Luft-Wärmepumpen kommt auf eine System-Jahresarbeitszahl von JAZ = 3,0 und erreicht damit nicht das in der Einführung erwähnte Energieeffizienzziel der dena und des RWE.

Deutlich abgeschlagen sind die ebenfalls mit Luft betriebenen kleinen Trinkwasser-Wärmepumpen mit einer mittleren Jahresarbeitszahl von nur noch JAZ = 2,0. Die minimalen Einzelwerte mit einer JAZ = 1,5 betreffen einen geringen, und die hohen Einzelwerte mit JAZ = 2,4 einen hohen Trinkwasserverbrauch.

### Ökonomische Aspekte

Berücksichtigt man ökologische Aspekte wie Jahresarbeitszahlen und Ausstoß des schädlichen Treibhausgases Kohlendioxid und ökonomische Aspekte (Investitions- und Betriebskosten), dann zeigt sich folgendes: Die Erdreich-Wärmepumpen schneiden auch im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern am besten ab. Die beiden folgenden Graphiken für einen sanierten Altbau und einen Neubau belegen das.



Von links nach rechts sind die steigenden Nutzenergiekosten verschiedener Heizwärmeerzeuger (gepunktete Säulen) aufgetragen und die zugehörigen Kohlendioxid-Emissionen (graue Säulen). Die Untersuchung umfasste insgesamt sieben Systeme (Details siehe Schlussbericht: [http://www.agenda-energie-lahr.de/WP\\_Jahresbericht2006-08.html](http://www.agenda-energie-lahr.de/WP_Jahresbericht2006-08.html)); aufgetragen sind hier nur die ersten vier mit den geringsten Kosten. Das Erdöl ohne und mit Solar sowie der Holzpelletkessel landen auf den hinteren Plätzen, obwohl die Holzpresslinge den mit Abstand geringsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 0,6 bis 0,8 Tonnen pro Jahr haben.

Wer allein auf die Kosten schaut, der wählt beim sanierten Altbau die Erdreich-Wärmepumpe und beim Neubau einen Erdgas-Brennwertkessel (in den Graphiken ganz links). Bei einem hohen Verantwortungsbewusstsein für die Umwelt ist jedoch in beiden Fällen der Holzpelletkessel die erste Wahl.

Haben die Bauleute aber den Wunsch, die Kosten und den Klimaschutz ausgewogen zu berücksichtigen, dann sollten sie sich sowohl im sanierten Altbau als auch im Neubau für eine Erdreich-Wärmepumpe entscheiden. Sie erfordern anfangs zwar höhere Investitionen als Luft-Wärmepumpen, kompensieren diese aber durch eine hohe Energieeffizienz und damit verbundenen deutlich geringeren Stromkosten sowie durch eine längere Lebensdauer. Luft-Wärmepumpen landen dagegen wegen höherer Lebenszykluskosten und Energie-Ineffizienz auf den Plätzen drei beziehungsweise vier.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse beruht bei Wärmepumpen auf einem Sondertarif von 14 Cent/kWh; am Oberrhein variiert er zwischen 12 und 15 Cent/kWh. Eine Kostendeckung für Unterbrechungsstrom ist aber erst bei 16 Cent/kWh gegeben. Zum Vergleich: Haushaltsstromkunden zahlen 21 Cent/kWh. Es handelt sich deshalb beim Wärmepumpenstrom um eine Quersubventionierung zu Lasten der anderen Stromkunden und der Anteilseigner – in vielen Fällen sind das die Kommunen.

### **Nachteile isolierter Betrachtung der Heizungstechnologie**

Aus ökologischer Sicht ist das Ziel einer Altbausanierung, den Wärme- und Strombedarf auf mindestens den Niedrigenergiehausstandard zu verringern und so weit wie möglich erneuerbare Energien zu nutzen. Mittelfristig geht es bei der Wohngebäudesanierung energiepolitisch darum, den Kohlestrom aus dem deutschen Strommix zu verdrängen. Denn beim Kohlestrom ist der Energieverlust und die CO<sub>2</sub>-Belastung besonders hoch: für ein Kilowatt nutzbaren Kohlestrom werden 3,9 Kilowatt Primärenergie eingesetzt, von denen 2,9 Kilowatt verloren gehen. (Primärenergie ist diejenige Energie, die in den ursprünglich eingesetzten Energieträgern (wie Kohle, Gas oder Erdöl) enthalten ist – demgegenüber sind bei der nutzbaren Endenergie mehr oder weniger große Verluste durch den Umwandlungsprozess und durch Übertragungsverluste zu verzeichnen). Der Primärenergieverbrauch für Kohlestrom liegt also deutlich über demjenigen für den derzeit gelieferten Strommix. Der Einbau von elektrisch betriebenen Wärmepumpen in großem Ausmaß würde absehbar zu einem erhöhten Bedarf an Strom führen und man liefe damit Gefahr, den Ausbau der Steinkohlekraftwerke weiter zu fördern.

Da es beim Wohnen nicht nur darum geht, den Wärmebedarf zu senken (z. Bsp. durch Dämmung), sondern auch darum, den Strombedarf zu verringern, ist bei der Sanierung von Wohngebäuden eine kombinierte Betrachtung von Heizenergiebedarf, Strombedarf und Warmwasserbedarf sinnvoll. Insofern ist der isolierte Vergleich von Gasheizkesseln mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen zumindest für größere Wohneinheiten kein zukunftsweisender Ansatz, wenn es um das übergeordnete Ziel der Senkung der im Wohnbereich verbrauchten Energie geht.

In der Studie „Wärmelast Rhein“ wurde deshalb der Energiebedarf für Heizung, Stromverbrauch und Warmwasser pro EinwohnerIn für folgende drei Varianten verglichen: A. Gaskessel plus Kohlestrom mit B. Wärmepumpen plus Kohlestrom und C. Gas-Blockheizkraftwerk plus Kohlestrom. Ermittelt wurde der jeweilige Primärenergiefaktor, also das Verhältnis von Primärenergie zu nutzbarer Endenergie. Die Variante A mit dem herkömmlichen Gaskessel liegt danach bei einem Wert/ Primärenergiefaktor von 1,97, Variante B mit der Wärmepumpe (angenommene JAZ = 2,5) bei 2,09 und Variante C mit Gas-Blockheizkraftwerk bei 1,38 (je höher der Wert, desto schlechter für das Klima). Das bedeutet zum einen, dass die Wärmepumpen selbst im Vergleich mit der herkömmlichen Gasheiztechnik keine Verbesserung darstellen. Zum anderen wird der Vorteil von Blockheizkraftwerken offensichtlich. Eine Bewertung von Wärmepumpen durch die Festlegung eines Grenzwertes bei der JAZ mit 3 bzw. 3,5 lässt diese komplexe Betrachtung der energetischen Versorgung einer Wohneinheit mit Energie missen.

## **Einsatzempfehlungen**

---

Sollte nach einer energetischen Altbausanierung und beim Neubau kein Erdgas-Brennwertkessel (geringe Kosten) oder Holzpelletkessel (geringste CO<sub>2</sub>-Emission) in Frage kommen, dann empfiehlt die *Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr* den Einbau von Erdreich-Wärmepumpen in Verbindung mit Fußbodenheizungen, weil sie auch in der Praxis eine ausreichend hohe Energieeffizienz aufweisen.

Das Mittel der Erzeuger-Jahresarbeitszahl beträgt zwar nur 3,4 (System-JAZ = 3,1), zwei von dreizehn Erdreich-Wärmepumpen kommen aber auf Spitzenwerte von 4,3 bzw. 4,4. Im Mittel ersparen sie der Umwelt rund 30 Prozent des schädlichen Treibhausgases Kohlendioxid gegenüber einem Erdgas-Brennwertkessel; bei den Spitzenwerten sind es sogar 50 Prozent.

Auf solch hohe Werte müssen nach und nach alle Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen kommen: Weniger als 25 Prozent Strom und mehr 75 Prozent Umweltwärme – wie von der Werbung schon lange versprochen. Denn der Strom ist viel zu hochwertig und teuer, um im größerem Maßstab einfach in Wärme umgewandelt zu werden. Er muss in erster Linie den stromspezifischen Verbrauchern vorbehalten bleiben, wie z.B. Licht und den Kommunikationstechniken, bei denen es keinen Ersatz gibt.

Während Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen wenigstens im energieeffizienten Bereich liegen, erreichen Luft-Wärmepumpen das Klimaschutzziel nicht. Die System-Jahresarbeitszahlen betragen nur 2,3 (Fußbodenheizung) und 2,2 (Radiatorheizkörper, vielfach beworben beim Einsatz von Wärmepumpen im Altbau!). Auch die beste Luft-Wärmepumpe – eine von zwölf – kommt mit einer System-Jahresarbeitszahl von 3,0 nur knapp dem Wert nahe, ab dem die Deutsche Energieagentur und das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk Wärmepumpen als „energieeffizient“ bezeichnen.

Frühere und zur Zeit laufende Praxisuntersuchung bestätigen die Messungen der Agenda-Gruppe. Mit solchen Arbeitszahlen lassen sich die Klimaschutzziele der Bundesregierung und der Europäischen Union, bis zum Jahre 2020 20 bis 40 Prozent Kohlendioxid einzusparen, nicht erreichen. Die Agenda-Gruppe rät deshalb davon ab, Luft-Wärmepumpen zu bewerben, staatlich zu fördern und einzusetzen. Diese Empfehlung gilt auch für Luft-Wärmepumpen in Verbindung mit der Wohnraumlüftung, der Abwärmenutzung und der Trinkwassererwärmung.

HerstellerInnen und HandwerkerInnen sind jedoch bei den Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen dazu aufgefordert, mehr als bisher die Optimierung der Wärmepumpensysteme im Auge zu behalten und die Komponenten fachgerecht zu planen und einzubauen. Es sind nämlich auch bei den System-Jahresarbeitszahlen Spitzenwerte von über vier möglich! Das würde einem beachtlichen Teil der Grund- und Erdreich-Wärmepumpen erst einen „nennenswerten“ Umweltvorteil gegenüber konventionellen Heizwärmeerzeugern verschaffen.

## **Weitere Quellen und Links**

---

**Die Elektrische Wärmepumpe – eine verkappte Kohleheizung.** Klimafakten, BUND 2008.

[http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20080407\\_klima\\_elektrische\\_waermepumpe\\_klimafakten.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20080407_klima_elektrische_waermepumpe_klimafakten.pdf)

**EWS Wärmepumpeninfo** von August 2009. [http://www.ews-](http://www.ews-schoenau.de/fileadmin/content/documents/runterladen/Waermepumpen/EWS_Waermepumpeninfo_2009.pdf)

[schoenau.de/fileadmin/content/documents/runterladen/Waermepumpen/EWS\\_Waermepumpeninfo\\_2009.pdf](http://www.ews-schoenau.de/fileadmin/content/documents/runterladen/Waermepumpen/EWS_Waermepumpeninfo_2009.pdf)

**Schlussbericht: Zweijähriger Feldtest Elektro-Wärmepumpen am Oberrhein.** Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald): <http://www.agenda-energie-lahr.de/leistungwaermepumpen.htm> / [http://www.agenda-energie-lahr.de/WP\\_Jahresbericht2006-08.html](http://www.agenda-energie-lahr.de/WP_Jahresbericht2006-08.html)

**Weitere Links** zu Informationen über Wärmepumpen auf der Seite der Schönauer Elektrizitätswerke, siehe: <http://www.ews-schoenau.de/runterladen/waermepumpen.html>

**Wärmelast Rhein.** BUND Studie, Freiburg, Mai 2009. Kurzfassung: <http://rhein.bund-rlp.de>

## **Autoren**

---

Dr. Falk Auer und Herbert Schote

Mail: [nes-auer@t-online.de](mailto:nes-auer@t-online.de) Internet: [www.agenda-energie-lahr.de](http://www.agenda-energie-lahr.de)

**Stand: Dezember 2009**