

Die Energieeffizienz von drei großen
Luft – Heiz-Wärmepumpen Nr. 2107 und 2108
- zwei mit Elektromotoren- und eine mit Erdgasmotorantrieb -
in drei 8-10 - Familienhäusern in Lahr (Schwarzwald)
und fünf Abluft - Warmwasser-Wärmepumpen

Ein Bericht von Dr. Falk Auer,
Projektleiter des „Feldtests Wärmepumpen“ der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr
und Kooperationspartner der Städtischen Wohnbau Lahr
auf der Basis eines Schlussberichtes für den Energieversorger Badenova in Freiburg (Breisgau)

Zusammenfassung:

Die Elektro-Luft-Wärmepumpen in den beiden Mehrfamilienhäusern arbeiten nach einer zwei-jährigen Ertüchtigung mit einer Jahresarbeitszahl von 2,0 bzw. 2,7 mit „ungenügender“ bzw. „mangelhafter“ Energieeffizienz. In ersten Fall handelt es sich um eine halbe Stromheizung. Auch die erdgasbetriebene Luft-Wärmepumpe im dritten Mehrfamilienhaus schneidet nur wenig besser ab. Sie erreicht -bezogen auf die Primärenergie Erdgas- nur eine Jahresarbeitszahl von 1,0, was umgerechnet auf die Sekundärenergie Strom 2,6 ergibt – ebenfalls nur ein „mangelhaft“. Die Bewertung auf der Basis einer Klassifizierungstabelle geht aus dem Anhang hervor.

Die kleinen Abluft-Wärmepumpen in den Küchen der Mehrfamilienhäuser kommen im Mittel auf Jahresarbeitszahlen von nur 2,5. Auch hier lautet die Benotung „ungenügend“. Eine zentrale, solarthermische Brauchwassererwärmung in jedem der drei Mehrfamilienhäuser wäre eine ökologisch bessere Alternative gewesen.

1. Einführung und Aufgabenstellung

Im Hinblick auf die zunehmenden Anforderungen an den Klimaschutz hat sich die Städtische Wohnbau Lahr GmbH entschlossen, drei Groß-Luft-Wärmepumpen in einem Lahrer Neubaugebiet zu erproben. Darüber hinaus war es auch von Interesse, ob kleine Warmwasser-Wärmepumpen zum Klimaschutz beitragen können.

Luft-Wärmepumpen schneiden zwar in Ein- bis Zweifamilienhäusern mit weitgehend fehlender Energieeffizienz ab -sie erreichen im Mittel sowohl bei den Praxisuntersuchungen der Agenda-Gruppe als auch beim Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) noch nicht einmal die Mindest-Jahresarbeitszahl von 3 (s. INFO-BOX „Jahresarbeitszahl“ rechts)- offen war aber bisher, ob bei Mehrfamilienhäusern günstigere Voraussetzungen beim Einsatz von Luft-Wärmepumpen vorliegen als bei Ein- bis Zweifamilienhäusern.

INFO-BOX: Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl JAZ einer Wärmepumpe 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 $JAZ = 3$ sein, um Wärmepumpen als „energieeffizient“ und größer als $JAZ = 3,5$ sein, um sie als „nennenswert energieeffizient“ bezeichnen zu können.

Die günstigere *Erzeuger*-Jahresarbeitszahl EJAZ wird direkt hinter der Wärmepumpe gemessen: Die für die Energieeffizienz maßgebliche *System*-Jahresarbeitszahl SJAZ berücksichtigt zusätzlich noch die folgenden periphere Verlustquellen: Heizungspuffer- und Trinkwasserspeicher, Abtauenergie eines eventuell vorhandenen Lamellenverdampfers (Luft-Wärmepumpen) sowie Förderpumpe bzw. Ventilator, Notheizstab und Speicher-Ladepumpen. Die SJAZ bilanziert also die Nutzenergien des Wärmepumpensystems.

Die Städtische Wohnbau Lahr hat deshalb die Energieeffizienz der Wärmepumpen unter Beteiligung eines Ingenieurbüros und der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr als Kooperationspartner untersucht. Die Badenova und das E-Werk Mittelbaden unterstützten diese Arbeiten finanziell. In einem Lahrer Neubaugebiet ergab sich damit die einmalige Chance, nicht nur Luft-Groß-Wärmepumpen messtechnisch über drei Jahre zu begleiten, sondern auch noch die Unterschiede der Energieeffizienz von *strom*- und *erdgas*betriebenen Wärmepumpen zu ermitteln, und zwar unter gleichen Klimabedingungen und ähnlichem Nutzerverhalten !

Für die Wohnbau und das E-Werk Mittelbaden stand das Ergebnis freilich schon vorher fest. Sie stellten gemeinsam in dem Kundenmagazin „Unsere Region“ des lokalen Stromversorgers öffentlich fest:

„Die Luft-Wärmepumpen arbeiten auch im tiefen Winter umweltfreundlich, zuverlässig und energieeffizient. Sie sind eine sehr sinnvolle und umweltbewusste Lösung.“

Die Agenda-Gruppe erhob gegen diese ergebnis-orientierte Vorgehensweise Einspruch. Und sie sollte recht behalten, denn die spätere Praxisuntersuchung bestätigte dieses Wunschdenken nicht: Keine der drei großen Luft-Wärmepumpen arbeitet trotz jahrelanger Bemühungen seitens der Hersteller und der Handwerker umweltfreundlich und energieeffizient.

2. Neubaugebiet und Wärmepumpen

Wie die Tabelle und das Foto zeigen handelt es sich um drei Mehrfamilienhäuser mit Fußbodenheizungen in einem Neubaugebiet in Lahr aus dem Jahre 2008. Zwei von ihnen beheizen Elektro-Wärmepumpe und das dritte eine Gasmotor-Wärmepumpe. Sie sind auf den Dächern installiert, was anfangs Schallprobleme ergab.

Haus	1.1 AS6	1.2 AS8	1.3 AS10
Anzahl Wohneinheiten	18	8	10
Beheizte Fläche (m ²)	1324	659	652
Spez. Heizwärmebedarf nach EnEV-Ausweis (kWh/m ² a)	38	44	43
Wärmepumpe	Elektro	Elektro	Erdgas
Nenn-Wärmeleistung (kW)	2 x 28	2 x 20	34



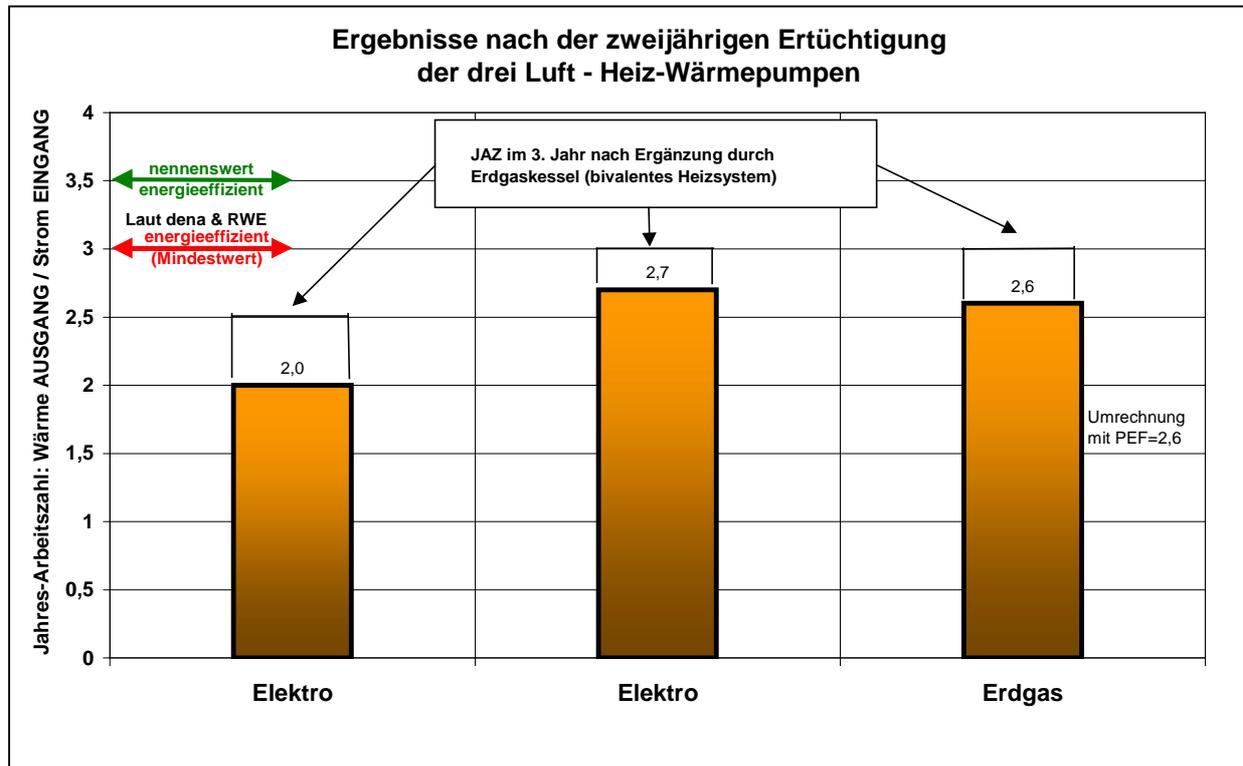
Für die Warmwasserbereitung sorgen kleine Elektro-Abluft-Wärmepumpen. In jeder der 36 Wohnungen sind sie in der Küche des offenen Küchen-Wohnbereiches untergebracht und saugen die warme Abluft aus den Wohnräumen an, um mit Hilfe elektrischer Energie das Brauchwasser zu erwärmen.

Solche Abluft-Wärmepumpen erhöhen zwar die Energieeffizienz gegenüber einer Platzierung im Keller, bisherige Ergebnisse von Feldtests ergaben aber keine ausreichend hohen Arbeitszahlen.

3. Ergebnisse

3.1 Luft - Heiz-Wärmepumpen

Die folgende Graphik zeigt die Ergebnisse der Energieeffizienzmessungen nach einer zweijährigen Ertüchtigungsphase: Die zwei Elektro-Wärmepumpen kommen auf Jahresarbeitszahlen von nur 2,0 (halbe Stromheizung) bzw. 2,7. Warum die eine bei gleichem Wärmepumpentyp und vergleichbarer Anzahl von Wohnungen nur 2,0 erreicht, konnte nie geklärt werden !?



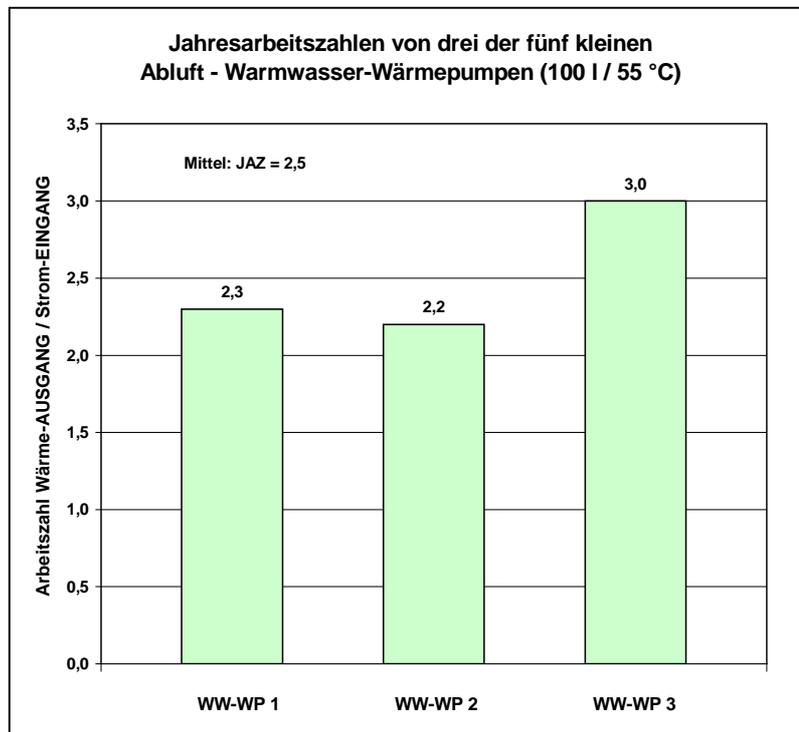
Die Erdgasmotor-Wärmepumpe schneidet aber auch nicht besser ab. Sie kommt auf eine primär-energetische Jahresarbeitszahl von 1,0, was umgerechnet mit dem Stromfaktor von zur Zeit 2,6 eine Jahresarbeitszahl von JAZ = 2,6 ergibt. Alle drei Luft-Wärmepumpen liegen somit deutlich unter dem Energieeffizienzziel von JAZ größer 3,0 der dena und des RWE (siehe INFO-BOX auf Seite 1).



Erst die Hinzunahme eines 140 kW Erdgaskessels im dritten Jahr, der in der Lage ist, die gesamte Heizlast abzudecken, erhöht die Jahresarbeitszahlen merklich (dünne Linien in der Graphik). Es handelt sich jetzt freilich nicht mehr um Luft-Wärmepumpenheizungen, sondern um eine Kombination aus Luft-Wärmepumpen und einem Erdgaskessel mit beachtlich höheren Investitionskosten. Aber auch mit solch einem bivalent betriebenen Heizsystem lässt sich laut dena und RWE keine Energieeffizienz erreichen.

3.2 Separate Abluft - Warmwasser-Wärmepumpen

Wie in Kapitel 2 erwähnt gibt es in jeder der 36 Wohnungen eine Abluft – Warmwasser-Wärmepumpe. Fünf davon sind vermessen worden, drei waren aber nur auswertbar. Die Ergebnisse zeigt die Graphik.



Die Jahresarbeitszahlen liegen zwischen 2,2 und 3,0; das Mittel beträgt 2,5. Es ist vergleichbar mit den Ergebnissen aus der Phase 1 des „Feldtests Wärmepumpen“; siehe Seiten 16-18 im Schlussbericht unter www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase1.html. Dort ist auch erwähnt, dass die Energieeffizienz vom Warmwasserverbrauch abhängig ist. Aber selbst die Wärmepumpe WW-WP 3 mit einem relativ hohen Verbrauch übertrifft nicht das schwache Mindestziel der dena und des RWE mit einer Jahresarbeitszahl von mehr als 3,0.

4. Bewertungen

4.1 Elektro- und Erdgas – Heiz-Wärmepumpen

Die ermittelten Jahresarbeitszahlen in Höhe von 2,0 bis 2,7 sind gemäß der Klassifizierungstabelle der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald) im Anhang und unter www.agenda-energie-lahr.de/JAZ-Klassifizierung.html als „ungenügend“ bzw. „mangelhaft“ einzustufen. Die nachträgliche Beistellung eines Erdgas-Kessels im dritten Jahr, der die gesamte Heizlast übernehmen kann, verbessert zwar das Ergebnis in Richtung auf eine Energieeffizienz, erreicht sie aber laut dena und RWE nicht. Andere, weniger komplexe Heizwärmeerzeuger sind eine bessere Alternative, z.B. Erdgas und Solar, Holzpelletkessel oder erdgekoppelte Wärmepumpen.

4.2 Dezentrale Abluft - Warmwasser-Wärmepumpen

Die mittlere Jahresarbeitszahl der drei auswertbaren Warmwasser-Wärmepumpen betrug 2,5. Gemäß der Klassifizierungstabelle der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald) im Anhang und unter www.agenda-energie-lahr.de/JAZ-Klassifizierung.html ist ein solcher Wert zwischen „ungenügend“ und „mangelhaft“ einzustufen. Eine Sonnenkollektoranlage für Warmwasser ist eine ökologisch bessere Alternative – nicht dezentral, sondern zentral in Verbindung mit einem Heizwärmeerzeuger.

5. Kritisches Nachwort

Berater und Planer müssen sich die Frage gefallen lassen, warum sie Wärmepumpen eingesetzt haben, die noch nicht einmal auf dem Teststand die erforderliche Mindest-Energieeffizienz erreichen (Leistungszahl COP = 2,8). Wenn schon im Labor keine ausreichend hohe Arbeitszahl zu erreichen ist, dann doch in der Praxis erst recht nicht.

Neben technischen Fehleinschätzungen und -entscheidungen gab es aber auch menschliches Versagen. Probleme treten bei Demonstrationsprojekten immer wieder auf. In einem Normalfall sind freilich die Auftragnehmer schon aus Eigeninteresse daran interessiert, die Probleme schnellstens zu lösen und den Betrieb der Wärmepumpen zu optimieren, um sich keine Schwierigkeiten mit dem Auftraggeber einzuhandeln und um der neuen Technik nicht zu schaden. Aber nicht nur bei diesem Bauvorhaben, sondern auch bei anderen Projekten im Rahmen des „Feldtests Wärmepumpen“ schleppten sich die Ertüchtigungsarbeiten über Monate und Jahre dahin. Planer, Hersteller, Handwerker und Ablesefirma waren sich über die Ursachen oft nicht im Klaren und über die Verantwortlichkeiten uneins. Sie bewegten sich nur schwerfällig, spielten auf Zeit und ließen den Betreiber buchstäblich „hängen“.

Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass die Marktteilnehmer selbst nicht mehr weiter wußten. Ein Beleg dafür ist die Tatsache, dass die eine Elektro-Wärmepumpe nur eine JAZ = 2,0 erreicht (halbe Stromheizung) und die andere unter gleichen Bedingungen 2,7. Offensichtlich ist die Jahresarbeitszahl 2,7 „das Ende der Fahnenstange“, sonst hätte man im dritten Jahr die Wärmepumpen nicht durch einen konventionellen Erdgaskessel ergänzt. Dieser Wert entspricht übrigens fast denjenigen, die die Agenda-Gruppe und das Fraunhofer-ISE mit einem Mittel von JAZ = 2,8 bzw. 2,9 gemessen hatten.

Der Schlussbericht stellt deshalb abschließend fest, dass die gemessenen Jahresarbeitszahlen *„deutlich unter den Erwartungen liegen“*. Und weiter zur Nachrüstung des Erdgaskessels:

„In Bezug auf die Installationskosten und die Anlagenkomplexität sind andere Systeme oftmals vorteilhafter“.

Ein solches Ergebnis ist für den Bauherrn zwar enttäuschend, aber für die Allgemeinheit nützlich. Denn nur aus Fehlern kann man lernen. Die Städtische Wohnbau Lahr GmbH zog deshalb Konsequenzen. Sie sah bei den großen Renovierungsvorhaben in der Turm- und Bismarckstraße einen Erdgaskessel in Verbindung mit Sonnenkollektoren für die Brauchwassererwärmung vor, und bei den Neubauten am alten Bahnhof und im Obdachlosen-Wohnheim Holzpelletkessel.

Der Schlussbericht für den Energieversorger Badenova, der die messtechnischen Untersuchung über drei Jahre finanzierte, ist zu erreichen über die Projektbeschreibung unter

https://www.badenova.de/web/de/umweltundregion/innovationsfonds_1/projekte_1/innovationsfondsdetail_23938.html

und den dortigen Link „Abschlussbericht (PDF, 1,9 MB)“.

* * * * *

Bericht von Dr. Falk Auer, nes-auer@t-online.de, www.agenda-energie-lahr.de
Projektleiter des „Feldtests Wärmepumpen“ der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr
und Kooperationspartner der Städtischen Wohnbau Lahr GmbH
auf der Basis des Schlussberichtes für den Energieversorger Badenova in Freiburg (Breisgau)

Im Mai 2012

Es folgt der **Anhang** „Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen“

Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen

Die allgemeine Definition der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist bekannt und unstrittig: Sie ist definiert als das Verhältnis von jährlich erzeugter Wärme am Ausgang zum notwendigen Strom an deren Eingang.

Die günstigere *Erzeuger*-Jahresarbeitszahl EJAZ wird direkt hinter der Wärmepumpe gemessen und berücksichtigt die Wärme am Ausgang der Wärmepumpe und die Abtauenergie bei Luft-Wärmepumpen sowie den Strom für die Wärmepumpe selbst und für die Erschließung der Kaltquellen Luft, Grundwasser oder Erdreich.

Die für die Energieeffizienz und den Klimaschutz maßgebliche *System*-Jahresarbeitszahl SJAZ berücksichtigt auch noch die folgenden Verlustquellen: Heizungspuffer- und Warmwasserspeicher, Notheizstab und Speicher-Ladepumpen. Die SJAZ bilanziert also die Nutzenergien des Wärmepumpensystems.

Fraglich und umstritten ist die Höhe der Jahresarbeitszahl, die mindestens erforderlich ist, um Elektro-Wärmepumpen als energieeffizient bezeichnen zu können. Je nach Interessenlage schwankt diese Zahl zwischen 2 und 4! Das hängt mit der Art der Stromerzeugung zusammen (hohe thermische Verluste) und dem Brennstoffmix (hoher Kohleanteil). Außerdem spielt auch noch der Bezug zu einem konventionellen Heizkessel eine Rolle (vielfach Erdgas-Brennwert-Therme).

Von den verschiedenen Interessengruppen sind die folgenden Mindest-Jahresarbeitszahlen für eine behauptete Energieeffizienz von Elektro-Wärmepumpen bekannt:

- JAZ = 2,0 Teile der Hersteller und Energieversorger
 Quellen: BWP Bundesverband Wärmepumpen (Hersteller) und IfE (München): 2,0;
 E-Werk Mittelbaden in Lahr (Schwarzwald): 2,2
- JAZ = 3,0 Mindest-Forderung in einer Wärmepumpen-Fibel für „Energieeffizienz“
 Quellen: dena Deutsche Energie-Agentur (Berlin), RWE Rheinisch-Westfälisches Elek-
 trizitätswerk (Essen) und Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Stuttgart)
- JAZ = 3,5 Mindest-Forderung in einer Wärmepumpen-Fibel für „Nennenswerte
 Energieeffizienz“; Quellen wie zuvor
- JAZ = 4,0 Verantwortungsbewusste Umwelt- und Klimaschützer
 (falls Elektro-Wärmepumpen überhaupt eingesetzt werden sollen)
 Quellen: z.B. EWS Ökostromanbieter E-Werk Schönau (Schwarzwald), IWU Institut für
 Wohnen und Umwelt (Darmstadt) und Umwelt- und Klimaschutzverbände.

Die geforderten Mindest-Jahresarbeitszahlen JAZ für Elektro-Wärmepumpen schwanken um einen Faktor 2 ! Eine JAZ von etwa 2 ist freilich dem Lobbyismus geschuldet: Die Hersteller wollen Wärmepumpen und die Energieversorger Strom verkaufen. Bei einer solch niedrigen Jahresarbeitszahl handelt es sich um eine halbe Kohlestromheizung. Wie wollen da die Europäische Union und die Bundesregierung die ehrgeizigen Klimaschutzziele erreichen, bis zum Jahre 2020 30% des klimaschädlichen Treibhausgases Kohlendioxid einzusparen? Bei einer solch niedrigen Jahresarbeitszahl muss man noch Primärenergie mitbringen anstatt sie einzusparen !

Realistischer sind da schon die geforderten Mindest-Jahresarbeitszahlen in der oben erwähnten Wärmepumpenfibelfür „energieeffiziente“ und „nennenswert energieeffiziente“ Wärmepumpen in Höhe von 3,0 bzw. 3,5. Es sind dann aber immerhin noch 33% bzw. 29 % des hochwertigen und teuren Stroms erforderlich, um ein Haus mit Wärme für die Heizung und das Brauchwasser zu versorgen. Besorgte Umwelt- und Klimaschützer kritisieren deshalb die Forderung der dena und des RWE als zu schwach.

Deren Forderung liegt bei einer Jahresarbeitszahl von mehr als 4, das heißt: Es sind nur noch 25 % Strom erforderlich, um zusammen mit 75% Umweltwärme (Grundwasser und Erdreich) den Wärmebedarf von Häusern zu decken. Eine so hohe Jahresarbeitszahl erreichen Luft-Wärmepumpen in der Praxis nicht.

Um der großen Unsicherheit unter Fachleuten und Laien bei der Beurteilung der Energieeffizienz von Elektro-Wärmepumpen zu begegnen, hat die Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald) eine Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen erstellt, die keine Marketing-Interessen, sondern den Beitrag zum Klimaschutz berücksichtigt:

Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen JAZ		
Jahresarbeitszahlen	Klassifizierung	Klassifizierung
Bereich	Schulnoten	Bewertung
bis 2,5	6	ungenügend
2,6 – 3,0	5	mangelhaft
3,1 – 3,5	4	ausreichend
3,6 – 4,0	3	befriedigend
4,1 – 4,5	2	gut
4,6 – 5,0	1	sehr gut
ab 5,1	1+	ausgezeichnet

Bandbreite JAZ

- Wärmepumpen

Die Tabelle versucht, die Interessen der Hersteller und Energieversorger auf der einen Seite und die der Umwelt- und Klimaschützer auf der anderen Seite zu berücksichtigen. Es ist abzusehen, dass es von beiden Seiten Kritik geben wird. In diesem Fall dürfte die Agenda-Gruppe durchaus das richtige Maß getroffen haben.

Diese Klassifizierung ist **unabhängig von den Kaltquellen Luft, Grundwasser und Erdreich** und berücksichtigt nur den Beitrag zum Klimaschutz. Die Bewertungen liegen den Berichten der Phase2 „Innovative Wärmepumpensysteme“ des „Feldtests Wärmepumpen“ zugrunde unter [www. agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase2.html](http://www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase2.html)). Sie gelten nur für den deutschen Strommix. In Österreich und der Schweiz mit einem hohen Anteil an Wasserkraft und in der Schweiz zusätzlich an Atomenergie sähe die Beurteilungstabelle anders aus.

Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald)
Phase 2 „Innovative Wärmepumpensysteme“ des „Feldtests Wärmepumpen“

Dr. Falk Auer, nes-auer@t-online.de, www.agenda-energie-lahr.de

Im Dezember 2010