

Die Energieeffizienz der
Kompakt – Luft-Wärmepumpe Nr. 2101 mit
kontrollierter Wohnraumlüftung,
Wärmerückgewinnung, Warmwasserbereitung und Solaranlage
in Schwanau – Ottenheim (Oberrhein)

Ein Bericht der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald)
im Rahmen der Phase 2 „Innovative Wärmepumpensysteme“ des „Feldtests Wärmepumpen“

Zusammenfassung

Die Kompakt - Luft-Wärmepumpe mit kontrollierter Wohnraumlüftung in Schwanau arbeitet mit einer Jahresarbeitszahl von 2,5 mit „mangelhafter“ Energieeffizienz. Bei ihr sind 40 % Strom erforderlich, um zusammen mit 60 % Wärme aus der Luft und der Sonne das Niedrigenergiehaus mit Heizwärme und Warmwasser zu versorgen.

1. Einführung und Aufgabenstellung

Im Hinblick auf die zunehmenden Anforderungen an den Klimaschutz arbeiten zur Zeit viele Firmen daran, die nur mäßigen bis fehlenden Energieeffizienzen von *Luft*-Wärmepumpen zu verbessern. Die Gründe für den Leistungsmangel liegen in einer nicht-optimalen Auslegung, unzureichender Anpassung der Kaltquellen und Wärmesenken an die Wärmepumpe und deren nicht-fachgerechter Einbau und Betrieb (siehe www.agenda-energie-lahr.de). Mit neuerer Technik und verbessertem Fachwissen könnte es gelingen, die Jahresarbeitszahl auch von Luft-Wärmepumpen auf über $JAZ = 3,0$ anzuheben, um sie aus Sicht der Deutschen Energieagentur und des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes als „energieeffizient“ bezeichnen zu können (siehe INFO-BOX „Jahresarbeitszahl“ rechts).

Ob und gegebenenfalls in welchem Maße noch Energieeffizienzsteigerungen möglich sind, hat die Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald) an einer Kompakt – Luft-Wärmepumpen am Oberrhein untersucht. Der Hersteller bewirbt sie als ein „Heizsystem, bei dem noch viel Luft drin ist“, das besonders für Niedrigenergiehäuser geeignet sei und umweltfreundlich arbeite. Und das lokale Elektrizitätswerk behauptete in seiner Kundenzeitschrift, dieses Heizsystem „schont die Umwelt, spart Geld und Energie“. Darüber hinaus attestierte der Stromversorger einem solchen Wärmepum-

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 und berücksichtigt die Wärme am Ausgang der Wärmepumpe sowie den Strom für die Wärmepumpe selbst und für die Erschließung der Kaltquellen.

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

pensystem anlässlich einer VDI-Podiumsdiskussion in Lahr auch ein hohes Energieeinsparpotential.

Solche Vorschusslorbeeren machen natürlich neugierig. In der Tat: Der Charme der Kompakt-Luft-Wärmepumpe besteht darin, dass sich Heizung und kontrollierte Lüftung sowie die Warmwasserbereitung mit nur geringem Aufwand verbinden lassen. Die Agenda-Gruppe hat deshalb dieses Heizwärmesystem mit in die Phase 2 „Innovative Wärmepumpensysteme“ aufgenommen.

2. Kompakt – Luft-Wärmepumpe und Niedrigenergiehaus

Das Wärmepumpensystem vereint eine zentrale, kontrollierte Wohnraumbelüftung, die Wärmerückgewinnung und eine solar-unterstützte Warmwasserbereitung in einer Einheit (siehe Fotos). Die Bereitstellung der Wärme erfolgt aus der Abluft der Wohnräume über einen Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher und der Luft-Wärmepumpe selbst. Diese nutzt als Kaltquelle die Außenluft, die ein 20 m langes, im Erdreich verlegtes Rohr vorerwärmen soll. Die Fortluft, abgekühlt durch den Wärmetauscher und Verdampfer der Wärmepumpe, geht ins Freie. Zwei vergleichbare Abluft-Wärmepumpen mit einem hydraulischem Schaltplan sind im Schlussbericht der Phase 1 des „Feldtests Wärmepumpen“ auf den Seiten 12 und 14 bei einem Niedrigenergiehaus und einem Passivhaus zu finden (siehe www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase1.html).

Ein Elektro - Not-Heizstab deckt schließlich bei tieferen Außentemperaturen den Restwärmebedarf des Hauses; außerdem kann er den Trinkwasserspeicher vorübergehend auf bis auf 65 °C aufheizen (Legionellenschaltung).



Kompakt-Luft-Wärmepumpe:

Linkes Foto, linker Teil:

200 l Warmwasserspeicher
(im rechten Bild geöffnet)

Linkes Foto, rechter Teil:

Wärmepumpe und Wärmerückgewinnung aus der Abluft

Als neuartig führt der Hersteller die folgenden Punkte auf:

- Unterkühler: Er kühlt das Kältemittel nach dem Verflüssiger zusätzlich ab und wärmt die angesaugte Außenluft vor (Schutz vor Einfrieren)
- Variable Volumenstromregelung mit elektronisch kommutierendem Lüfter (aber keine variable Verdichterleistung).

Die zuerst eingesetzte Wärmepumpe hatte eine Wärmeleistung von 4,2 kW und eine elektrische Leistungsaufnahme von 1,3 kW (A2/W35). Deren Energieeffizienz war aber nur gering. Es kam deshalb später ein leistungsstärkerer Typ mit 6,0 kW in Verbindung mit einer 5 m² Sonnenkollektoranlage zum Einsatz. Der Elektro-Heizstab kann zusätzlich mehrstufig eine Leistung bis zu 8,8 kW bereit stellen. Das Volumen des Warmwasserspeichers beträgt 200 Liter.

Das Niedrigenergiehaus stammt aus dem Jahre 2004. Es verfügt über eine Fußbodenheizung mit einer Fläche von 160 m² und hat rechnerisch eine Heizlast von 7 kW bei einer Außentemperatur von -12 °C. Der gemessene Heizwärmeverbrauch betrug in der *ersten* Messphase von Oktober 2009 bis September 2010 12,2 MWh entsprechend 76 kWh/m² Wohnfläche und der Warmwasserverbrauch 52 m³ bei knapp 50°C. Das entspricht bei dem 4-Personen-Haushalt 37 Liter pro Tag und Person einem Wert, der im oberen Bereich der in der Phase 1 des „Feldtests Wärmepumpen“ ermittelten Bandbreite der Warmwasserverbräuche liegt (siehe Schlussbericht auf den Seiten 17 und 18).

Wie zuvor erwähnt tauschte der Hersteller im Sommer 2011 die Wärmepumpe gegen eine mit einer höheren Nennleistung aus und installierte zusätzlich noch Sonnenkollektoren für die Trinkwassererwärmung. Der gemessene Heizwärmeverbrauch betrug in der *zweiten* Messphase von Oktober 2011 bis September 2012 8,1 MWh entsprechend 51 kWh/m² Wohnfläche und der Warmwasserverbrauch 45 m³ oder 2,1 MWh; daraus folgen 31 Liter pro Tag und Person. Der Anteil des Warmwassers am gesamten Wärmeverbrauch des Hauses belief sich auf 20%. Der Winter 2011/ 2012 war in Lahr (Schwarzwald) gegenüber dem langjährigen Mittel von 1961 – 1990 um 0,6 °C zu warm.

3. Messtechnik

Die Bestimmung der *Erzeuger*-Jahresarbeitszahl ist bei dieser Wärmepumpe nicht möglich, weil es sich um ein Kompaktgerät handelt. Am Ausgang des Wärmepumpensystems werden aber die Nutzenergien für die Heizung und das Warmwasser getrennt erfasst. Damit ist die Bestimmung der *System*-Jahresarbeitszahl SJAZ möglich (siehe INFO-BOX auf Seite 1). Sie ist wie folgt definiert:

$$SJAZ = (\text{Wärme Heizung} + \text{Wärme Warmwasser}) / (\text{NT} + \text{HT} - \text{Strom Umwälzpumpe Heizung})$$

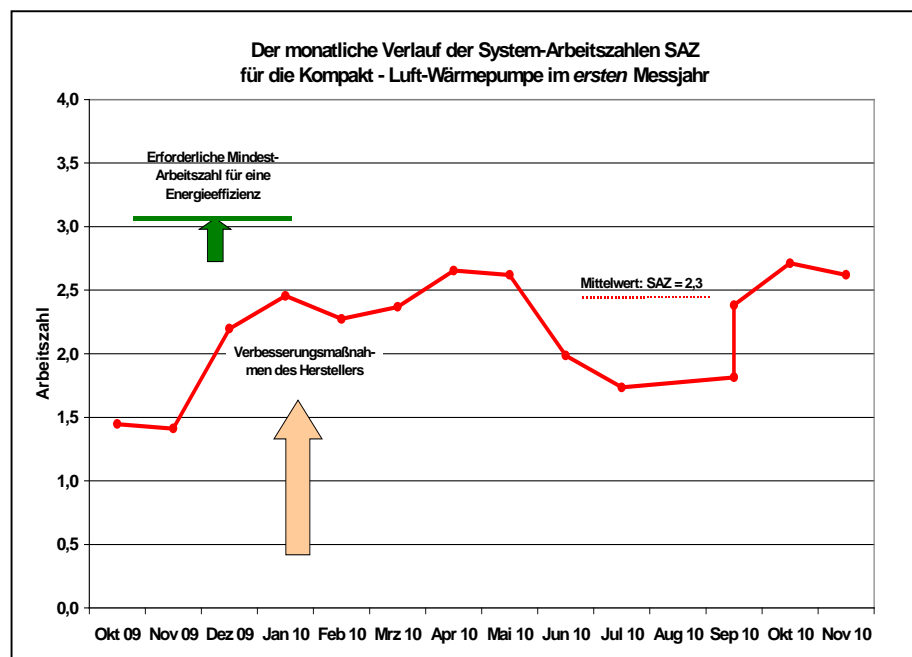
mit NT und HT = Hoch- und Niedertarif des Wärmepumpen-Sondertarifzählers.

Anmerkung: Weil der Strom der Heizungsumwälzpumpe auch über den Sondertarifzähler läuft, wird er abgezogen, denn die Umwälzpumpe ist nicht Bestandteil des Wärmepumpensystems (sie ist auch bei konventionellen Heizkesseln notwendig).

4. Ergebnisse

4.1 Messphase 1

Die Graphik rechts zeigt den monatlichen Verlauf von Oktober 2009 bis November 2010. Die *System*-Arbeitszahlen SAZ variieren zwischen 1,4 und 2,7. Das ist viel zu wenig. Das Mittel in Höhe von 2,3 liegt noch unter dem Mittel von 12 Luft-Wärmepumpen in der Phase 1 des „Feldtests Wärmepumpen“.

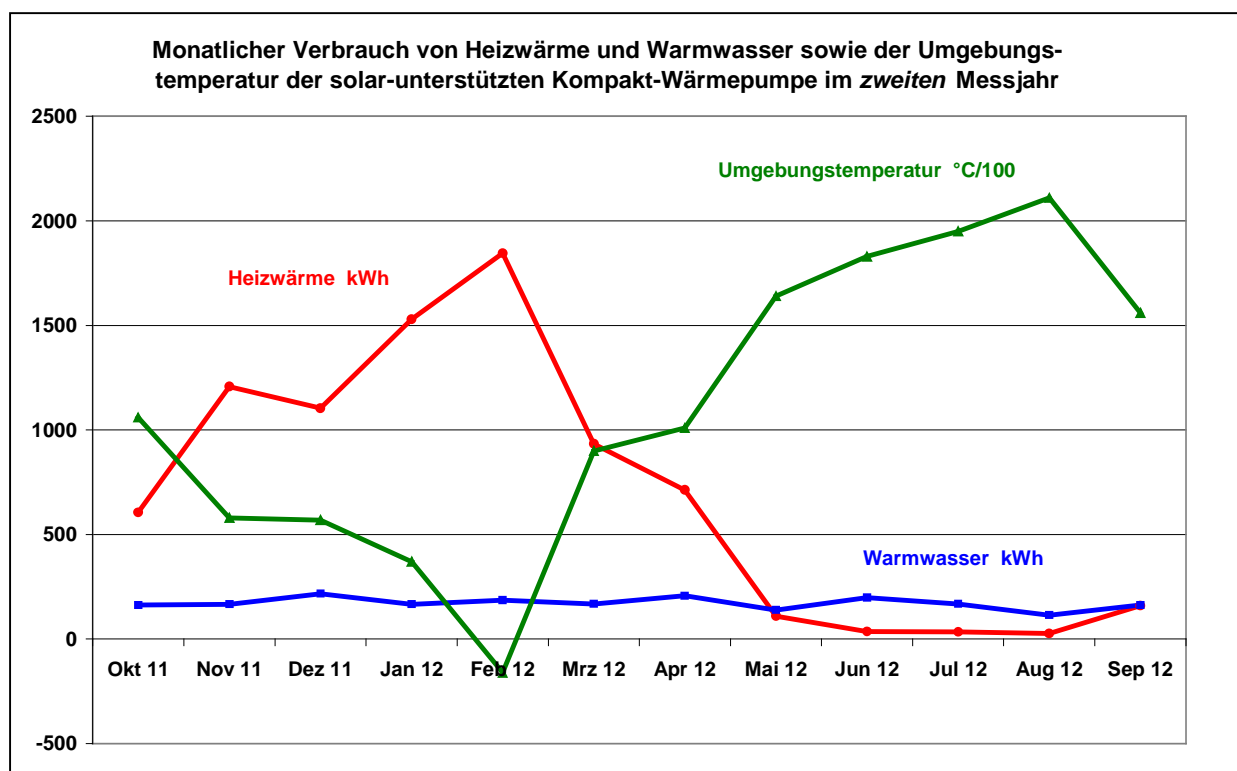


Die Agenda-Gruppe hat deshalb schon gleich nach dem ersten Monat den Betreiber und den Hersteller über die ungenügende Energieeffizienz informiert. Der Hersteller untersuchte darauf hin Ende November 2009 die Wärmepumpe und stellte fest, dass die Heizkurve zu hoch eingestellt und ein Rückschlagventil defekt war. Immerhin erhöhten sich dann ab Dezember 2009 die Arbeitszahlen auf über zwei (siehe Graphik auf der vorherigen Seite). Zu befürchten ist jedoch, dass die Kompakt – Luft-Wärmepumpe seit fünf Jahren nur mit einer Arbeitszahl lief, die einer Kohlestromheizung nahe kommt! Dieser Umstand zeigt, wie notwendig nicht nur der Einbau von Wärme- und Elektrozählern ist, sondern auch deren laufende Überprüfung und Auswertung, welche nur in wenigen Fällen fachgerecht erfolgt.

Trotz der Verbesserungsmaßnahmen bewegen sich aber die monatlichen Arbeitszahlen in den Wintermonaten nur zwischen 2,2 und 2,7. Ob noch weiteres Ertüchtigungspotential bestand, war zunächst offen. Der Hersteller hat zwar im Spät-Winter 2009/ 2010 erneute Detail-Messungen durchgeführt, doch trotz mehrfachen Nachhakens seitens des Betreibers und auch der Agenda-Gruppe äußerte er sich nicht zu den Messungen. Werbung und Verkauf ist eben das eine, die Dienstleistung („After-Sales-Service“) und die Kundenzufriedenheit das andere. Diese Feststellung betrifft auch andere Wärmepumpenfirmer.

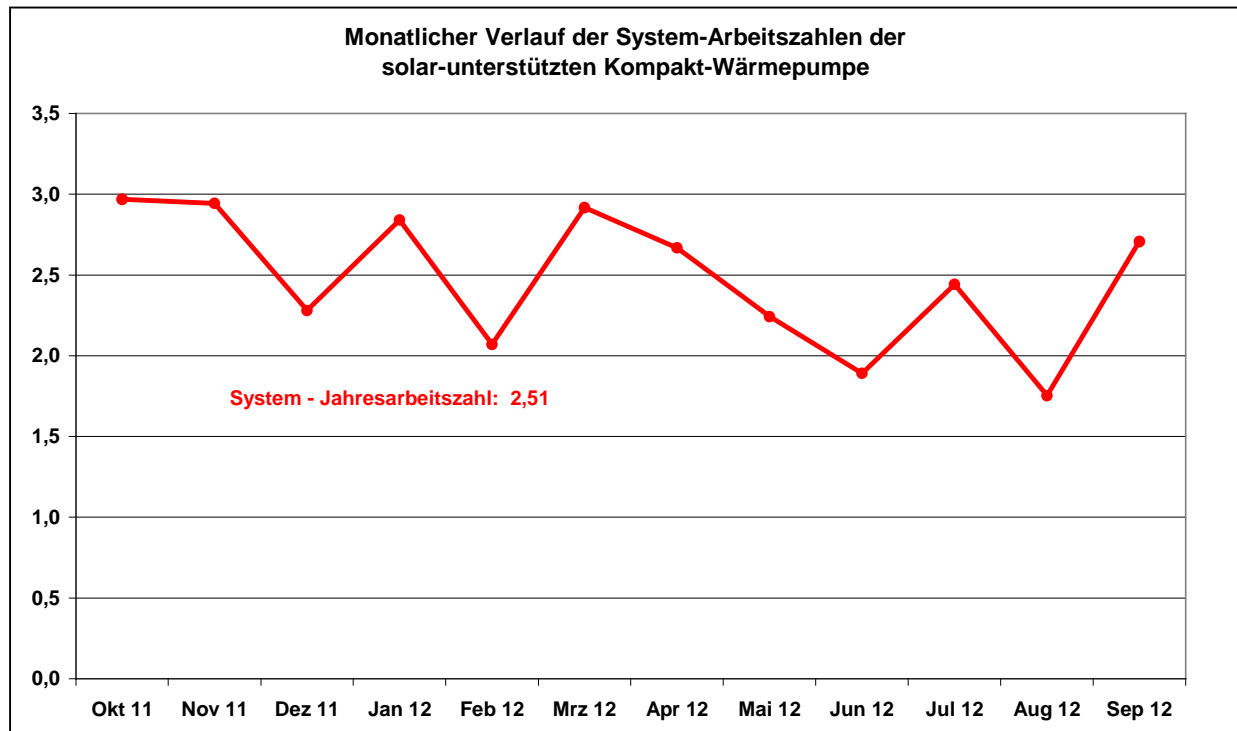
4.2 Messphase 2

Nach langem Hin und Her kam dann im Sommer 2011 doch noch der Durchbruch: Der Hersteller tauschte die Kompakt-Wärmepumpe gegen einen leistungsstärkeren Typ aus und spendierte dem Betreiber auch noch eine 5 m² große Sonnenkollektoranlage. Die Ergebnisse der *zweiten* Messphase von Oktober 2011 bis September 2012 gehen aus der nächsten Graphik hervor.



Die Heizwärme erreichte im sehr kalten Februar 2012 das Maximum in Höhe von 1,8 MWh. Der Warmwasserverbrauch war das Jahr über recht konstant mit durchschnittlich 31 Liter pro Tag und Person, einem Wert, der im oberen Bereich der in der Phase 1 des „Feldtests Wärmepumpen“ ermittelten Bandbreite der Warmwasserverbräuche zwischen 17 und 33 Liter pro Tag und Person liegt. Beachtenswert ist, dass in den drei Sommermonaten von Juni bis August immer noch ein Heizwärmeverbrauch in Höhe von 30-40 kWh/Monat besteht und ein elektrischer Ver-

brauch von fast 100 kWh/Monat! Hier besteht der Verdacht, dass die Wärmepumpe für den Sommerbetrieb nicht richtig eingestellt ist und der Sonnenkollektor nur einen geringen oder gar keinen Beitrag zur Deckung des Warmwasserverbrauchs leistet. Den Grund zeigt die folgende Graphik.



Während in den Übergangszeiten Oktober und November sowie im März sich noch Arbeitszahlen von knapp 3 einstellen, fallen sie im Sommer deutlich ab. Das wäre ohne Sonnenkollektoren wegen der hohen Nutztemperaturen für das Trinkwasser durchaus normal, in Verbindung mit einer Solaranlage aber nicht mehr. Im Zeitraum von Juni bis August müssten auch unter Berücksichtigung der Wohnraumlüftung höhere Arbeitszahlen möglich sein. Vermutlich war der Not-Heizstab in Verbindung mit der sog. Legionellenschaltung zu oft aktiv und/oder die Kollektoranlage arbeitete nicht einwandfrei.

Die Vorerwärmung der Umgebungsluft durch einen 20 Meter langen Erdreichkollektor im Vorgarten ist überflüssig, weil sie bei einem Niedrigenergiehaus nichts nützt; das Rohr ist viel zu kurz! Zum Vergleich: Erst bei einem Passivhaus mit einem fünfmal niedrigeren Energieverbrauch und einem fünfmal längeren Kunststoffrohr ergibt sich eine nennenswerte Steigerung der Energieeffizienz (siehe http://www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase1.html; Schlussbericht, Kapitel 5.3.3).

Das Endergebnis lautet: Die System-Jahresarbeitszahl beträgt im zweiten Messjahr mit der erhöhten Leistung der Wärmepumpe und der solar-unterstützten Trinkwassererwärmung **SJAZ = 2,5**, eine nur zehnpromtente Verbesserung gegenüber dem ersten Messjahr.

5. Bewertung

Die Energieeffizienz der Kompakt – Luft-Wärmepumpe ist auch unter Berücksichtigung der leistungs- und solar-ertüchtigten Wärmepumpe als „**nicht-energieeffizient**“ einzustufen. Grundlage dieser Beurteilung sind die Feststellungen der Deutschen Energieagentur (dena) und des Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerkes (RWE) in der INFO-BOX auf Seite 1. Die Bewertung gemäß der Klassifizierung von Jahresarbeitszahlen der Agenda-Gruppe, die unabhängig von

der Art der Kaltquellen Luft, Grundwasser oder Erdreich ist, lautet „**mangelhaft**“ (siehe Schaltfläche „Klassifizierung“ unter www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase2.html).

Offensichtlich ist in dem Heizwärmesystem

“Kompakt – Luft-Wärmepumpe mit kontrollierter Wohnraumlüftung, Wärmerückgewinnung, Warmwasserbereitung und Solaranlage“

doch nicht „*so viel Luft drin*“ wie in der Eigenwerbung des Herstellers behauptet (siehe Einleitung auf Seite 1). Auch das lokale Elektrizitätswerk sollte zukünftig Behauptungen wie „Schonung der Umwelt und Einsparung von Geld und Energie“ und „Ein Wärmepumpensystem mit hohem Energieeinsparpotential“ unterlassen (Magazin des EWM: „Unsere Region“, Winter 2008, Seiten 10 und 11). Bei dem untersuchten Wärmepumpensystem lassen sich solche vollmundigen Werbeaussagen nicht bestätigen.

Die viel beworbenen *Luft-Wärmepumpen mit kontrollierter Wohnraumlüftung* haben sich in der Praxis nicht bewährt. Das zeigt nicht nur dieser Bericht, sondern auch noch zwei weitere Untersuchungen der Agenda-Gruppe in der Phase 1 des „Feldtests Wärmepumpen“ (siehe Schlussbericht unter www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase1.html), und zwar

- Sonderfall 1/ Kapitel 5.3.1 (Niedrigenergiehaus,): Abluft-Wärmepumpe mit integrierter Warmwasserbereitung und Vorerwärmung der Umgebungsluft durch die Wohnräume.
Ergebnis: In den zwei Heizperioden betrug die System-Jahresarbeitszahl 2,6 bzw. 2,8.
- Sonderfall 3/ Kapitel 5.3.3 (Passivhaus): Luft/Luft-Kompakt-Wärmepumpe mit Vorerwärmung der Umgebungsluft durch einen 100 m - Erdkollektor und Wärmerückgewinnung.
Ergebnis: Die System-Jahresarbeitszahl betrug 2,8; nur der lange Erdkollektor verbesserte die Arbeitszahl auf 3,3.

Offensichtlich haben Niedrigenergiehäuser immer noch einen zu hohen Wärmebedarf, so dass eine Überlüftung und ein damit verbundener Wärmekurzschluss stattfindet. Die im Schlussbericht erwähnte Veröffentlichung von SCHIEFELBEIN weist darauf hin. Und beim Passivhaus ist die Luft-Wärmepumpe selbst das Problem: Je geringer die Anschlussleistung (500 Watt-elektrisch), desto geringer die Energieeffizienz.

Wie die zwei Sonderfälle zeigen, müssten im vorliegenden Fall aber noch geringe Verbesserungen von einer EJAZ = 2,5 in Richtung 3,0 möglich sein - auch wegen des solar-unterstützten Wärmepumpensystems. Zu überprüfen wären deshalb bei der Wärmepumpe deren Einstellungen mit den Kriterien für einen Sommerbetrieb und das Einschalten des Not-Heizstabes sowie bei der Solaranlage deren einwandfreier Betrieb.

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

Dr. Falk Auer und Herbert Schote, [nes-auer\(at\)t-online.de](mailto:nes-auer(at)t-online.de), www.agenda-energie-lahr.de

Im Oktober 2012