

WÄRMEPUMPEN AUF DEM PRÜFSTAND

WÄRME AUS DER UMWELT AUCH GUT FÜR DIE UMWELT?
EIN FELDTTEST MIT REAKTION



Erdsonden-Wärmepumpe und Warmwasserspeicher

Foto: Falk Auer

In der Vergangenheit gab es verschiedene Untersuchungen an Wärmepumpen unter realistischen Betriebsbedingungen. Ziel war es, nicht nur den Teilnehmern an der Praxisuntersuchung, sondern auch den Energieberatern, Planern, Herstellern und Handwerkern verlässliche Daten über die energieeffizientesten Wärmepumpensysteme an die Hand zu geben. Einen ersten unabhängigen Feldtest begannen die Energieexperten der Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald) bereits im Jahre 2006 am Oberrhein. Nahezu parallel dazu ermittelten die Fachkollegen des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) die Leistungsfähigkeit von Wärmepumpen in ganz Deutschland. Beide kamen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Während aber der Bundesverband für Wärmepumpen (BWP) als Vertreter der Hersteller die zusammenfassenden Ergebnisse des ISE anerkennt und nicht kritisiert, diskreditiert er die Agenda-Gruppe und deren veröffentlichten Einzelergebnisse nach der Regel: „dass nicht sein kann, was nicht sein darf.“ Die wenig

fachliche Auseinandersetzung entzündet sich jedoch nicht an den Ergebnissen selbst, sondern an deren Interpretation. Da sind auf einmal halbe Stromheizungen besser als ein Erdgas-Brennwertkessel! Das war Anlass, jetzt Vorschläge zu Qualitätsverbesserungen zu unterbreiten und eine eigene Klassifizierung von Jahresarbeitszahlen zu entwickeln, damit Fachleute und Häuslebauer die Wertigkeit von Jahresarbeitszahlen besser beurteilen können.

Der Feldtest

Zwischen den Jahren 2006 und 2014 untersuchte die Agenda-Gruppe in einem „Feldtest Wärmepumpen“ in zwei Phasen an insgesamt 53 Heiz- und 13 Warmwasser-Wärmepumpen den Stand heutiger Wärmepumpentechnik, deren Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit. Sie repräsentieren die Vielfalt der vorhandenen Systeme: Es sind nicht nur die Kaltquellen Luft, Grundwasser und Erdreich vertreten, sondern auch Abwasser und als Ergänzung die Solarthermie. Und bei den Wärmesenken handelt es sich bei zwei Dritteln um Fußbodenheizungen; der Rest besteht aus Radiatorheizkörpern oder einer Mischung aus beiden. Schließlich dient bei drei größeren Anlagen nicht Strom als Antriebsenergie, sondern Erdgas. Die Wärmepumpen arbeiten in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie in öffentlichen Einrichtungen und Reihenhaussiedlungen und liefern Wärme für die Wohnräume und das Trinkwasser. Weitere Informationen zur Systemvielfalt gehen aus einer tabellarischen Übersicht in [2] hervor.

Zur Beurteilung der Energieeffizienz von Elektro-Wärmepumpen ist die Jahresarbeitszahl (JAZ) die wichtigste Kenngröße. Sie ist definiert als das Verhältnis von erzeugter Wärme am Ausgang der Wärmepumpe zur notwendigen elektrischen Energie an deren Eingang. Laut der Deutschen Energieagentur (dena), des RWE und des Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG), muss die Jahresarbeitszahl einer Elektro-Wär-

mepumpe größer als $JAZ = 3$ sein, um sie als „energieeffizient“ und größer als $JAZ = 3,5$ sein, um sie als „nennenswert energieeffizient“ bezeichnen zu können. Weitere Informationen zur Wertigkeit von Jahresarbeitszahlen sind im Abschnitt „Klassifizierung“ zu finden.

Ergebnisse

Heiz-Wärmepumpen

Das Bild 1 zeigt die Messergebnisse für die Heiz-Wärmepumpen. Aufgetragen ist die entscheidende Kenngröße für die Energieeffizienz von Wärmepumpen, nämlich die Jahresarbeitszahl JAZ. Die Grafik unterscheidet die Kaltquellen Luft, Grundwasser, Erdreich und Abwasser sowie zwei solarunterstützte Wärmepumpensysteme.

Die Höhe der braunen Balken stellt die Variation der Jahresarbeitszahlen in der Phase 1 dar (Basisuntersuchung [1]); die Querstriche in den Balken zeigen die Mittelwerte an. Sie sind vergleichbar mit einem Feldtest des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE: gelber Balken). Bis auf drei erdgekoppelte Wärmepumpen mit Werten zwischen $JAZ = 4,0$ und $4,4$ waren die Ergebnisse der Basisuntersuchung nur „ausreichend“ bis „ungenügend“ (siehe Schulnotenskala rechts und Abschnitt „Klassifizierung“). Alle anderen Balken in Bild 1 zeigen die Ergebnisse der Phase 2, wobei die Höhe der Balken wiederum die Variationen der Jahresarbeitszahlen darstellen [2].

Luft-Wärmepumpen

Ein größeres Feld liegt nach wie vor bei Jahresarbeitszahlen zwischen 2,1 (halbe Stromheizung) und 2,8. Darunter befinden sich auch Groß-Wärmepumpen in bis zu 10-Familienhäusern und die viel beworbenen Abluft-Wärmepumpen. Letztere haben durchaus einen gewissen Charme: In einem Kompaktgerät lassen sich Heizung, Warmwasserbereitung, kontrollierte Wohnraumlüftung und der Solarspeicher auf einem kleinen Raum

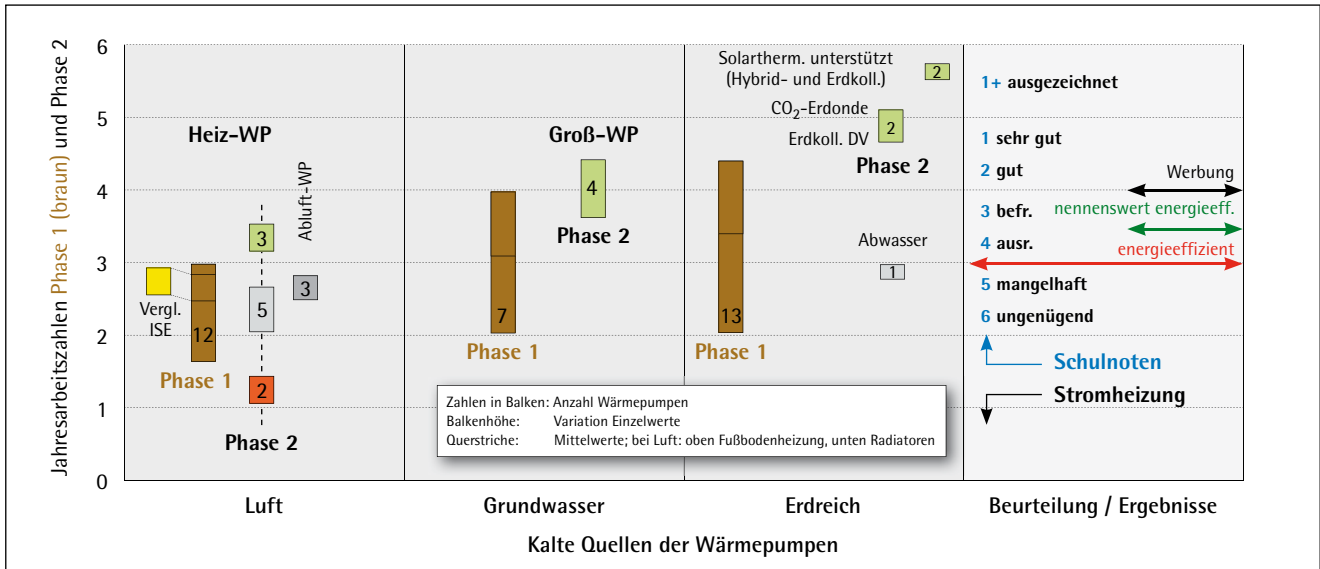


Bild 1: Ergebnisse der Phasen 1 (Basisuntersuchung: Braune Balken) und 2 (Innovation: Restliche Farben) bei Heiz-Wärmepumpen. Waag-rechte Doppelpfeile rechts: Mindestanforderungen an die Energieeffizienz; Gelb: Vergleich mit den Ergebnissen des ISE-Feldtests

kombinieren. Die Agenda-Gruppe ermittelte aber bei drei Anlagen nur eine JAZ zwischen 2,6 und 2,8. Der Grund: Niedrigenergiehäuser haben immer noch einen zu hohen Wärmebedarf, so dass eine Überlüftung und ein damit verbundener Wärmekurzschluss stattfindet. Bei einem Passivhaus müssten deshalb wegen des beträchtlich niedrigeren Wärmebedarfs günstigere Verhältnisse vorliegen. Doch da ist die Luft-Wärmepumpe selbst das Problem: Je geringer die elektrische Anschlussleistung, desto geringer die Energieeffizienz. Das zeigt sich auch bei den ebenfalls untersuchten kleinen Warmwasser-Wärmepumpen; näheres dazu im Abschnitt „Warmwasser-Wärmepumpen“.

Ausreißer gibt es nach unten wie nach oben. Während die thermosiphonische Verknüpfung eines Wärmepumpen-Kondensators in einem Kombispeicher sich nicht bewährt (roter Balken: fast eine Stromheizung), überspringen jetzt die ersten 3 von 25 untersuchten Luft-Wärmepumpen die Energieeffizienzhürde der dena, des RWE und des EEWärmeG (grüner Balken). Zu einem „nennenswerten“ Beitrag zum Klimaschutz reicht es aber nicht.

Grundwasser-Wärmepumpen

In der Phase 1 kamen sie bei Einfamilienhäusern wegen zu geringer Bohrdurchmesser und zu hoher Leistung der Grundwasser-Förderpumpe im Mittel nur auf eine JAZ = 3,1. Die Agenda-Gruppe hat sich deshalb in der Phase 2 auf vier Groß-Wärmepumpen in öffentlichen Einrichtungen und einer Reihenhauseinsiedlung konzentriert, da bei ihnen das Verhältnis der Nennleistungen von den Förder- zu den Wärmepumpen günstiger

ist. Die Ergebnisse bestätigen diesen Vorteil: Drei von vier untersuchten Grundwasser-Wärmepumpen kommen auf eine Jahresarbeitszahl von mehr als 4 (grüner Balken) und damit auf ein „gut“.

Erdreich- und solarunterstützte Wärmepumpen

Da Erdsonden- und Erdkollektor-Wärmepumpen bei fachgerechter Planung und Ausführung ohne weiteres eine Jahresarbeitszahl von 4,0 übertreffen, hat die Agenda-Gruppe in der Phase 2 nur Anlagen mit Neuerungen bei der Technik in das Messprogramm aufgenommen. Die Ergebnisse sind beeindruckend: Der horizontale Erdkollektor mit einer Direktverdampfung des Wärmepumpen-Kältemittels kommt auf eine JAZ = 4,7, die CO₂-Erdsonde auf 5,1 und die beiden solarunterstützten Wärmepumpensysteme sogar auf 5,6 bis 5,8 (grüne Balken)! Lediglich die Abwasser-Wärmepumpe

verfehlt wegen ungünstiger Rahmenbedingung das Energieeffizienzziel.

Warmwasser-Wärmepumpen

Klein-Wärmepumpen für die Warmwasserbereitung mit einer Leistungsaufnahme von etwa 300 Watt-elektrisch stehen im Keller oder als so genannte Abluft-Wärmepumpen in der Küche oder dem Bad. Sie nutzen die Luft der Räume, um warmes Trinkwasser zu erzeugen. Wegen der höheren Temperaturen in Küche und Bad kommen Abluft-Wärmepumpen auf eine höhere Jahresarbeitszahl.

Das Bild 2 zeigt die Ergebnisse von 13 Klein-Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Die im Keller aufgestellten Geräte erreichen eine JAZ von im Mittel nur 1,5 (rote Säulen), die in den Wohnräumen von rund 2,5 (grüne Säulen). Wie die drei senkrechten Doppelpfeile zeigen, übertrifft keine der Wärmepumpen den Mindestwert von JAZ = 3,0.

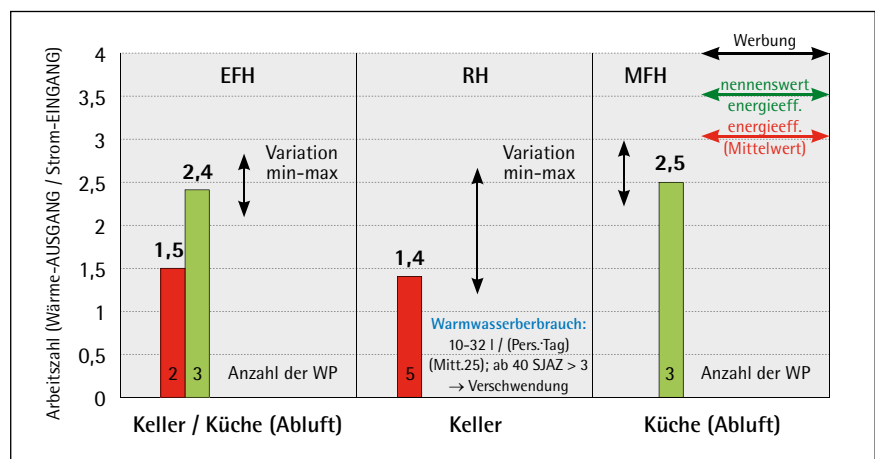


Bild 2: Die Mittel der Jahresarbeitszahlen von 13 Warmwasser-Wärmepumpen mit Keller- (rot) und Küchen-/Badaufstellung (grün = Abluft) in Ein- und Mehrfamilienhäusern (EFH, MFH) und Reihenhäusern (RH)

Die Gründe für das schlechte Abschneiden sind ähnlich wie beim Passivhaus eine zu geringe Nennleistung der Aggregate und im vorliegenden Fall ein zu niedriger Warmwasserverbrauch von im Mittel 25 Litern pro Tag und Person. Erst ab einem Verbrauch von mehr als 40 Litern arbeiten solche Wärmepumpen energieeffizient, wenn also die Nutzer mit dem erwärmten Wasser verschwenderisch umgehen [1]. Eine solarthermische Anlage wäre eine ökologisch sinnvollere Investition gewesen.

„Es gibt erhebliche Unterschiede zwischen den Leistungszahlen, ermittelt auf den Teststände, sowie den berechneten Jahresarbeitszahlen gemäß VDI 4650 und den Jahresarbeitszahlen, gemessen unter realistischen Betriebsbedingungen.“

Qualitätsverbesserung

Planer, Hersteller und Handwerker sind deshalb aufgefordert, ihre Komponenten und Systeme weiterhin zu optimieren. Dazu sind aufgrund der Erfahrungen im Rahmen des siebenjährigen „Feldtests Wärmepumpen“ die folgenden Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung der Komponenten und Systeme erforderlich:

Planung

Wärmepumpensystem

Komplexität verringern – nicht zu viele Energiequellen kombinieren; weniger Umwälzpumpen und Stellventile, dadurch weniger Regelungsprobleme und Hilfsenergien. Der bekannte Schweizer Wärmepumpenfachmann Peter Hubacher sagte einmal: „Je einfacher die Anlage, desto höher die Jahresarbeitszahl.“

Wärmepumpe

Die zugesicherte Leistung im Datenblatt muss auch mit der Praxis übereinstimmen; angepasste Dimensionierung: zu hohe Nennleistung => Takten, zu geringe => Notheizstab zu oft aktiv; Einsatz von Wärmepumpen mit variabler Verdichterleistung empfohlen.

Komponenten

Bei der Luft-Wärmepumpe den Wärmeübertrager größer wählen und Schallproblem berücksichtigen; bei der Grundwasser-Wärmepumpe ausreichend großer Durchmesser der Förder- und Schluckbrunnen vorsehen, geringere Leistung der Förderpumpe ist zwingend; bei den Erdreich-Wärmepumpen die Sondenlänge großzügig bemessen, kein Einsatz von Korb- oder Grabenkollektoren, weil das Volumen des abzukühlenden Erdreichs zu gering ist.

Speicher

Pufferspeicher möglichst vermeiden (bei Fußbodenheizung auch nicht notwendig); Kombispeicher (Heizung und Trinkwasser) sind kritisch zu bewerten, weil wegen des integrierten Warmwasserboilers die mittlere Temperatur des Speichers zu hoch ist; bei einer solarunterstützten Wärmepumpenanlage gilt diese Aussage jedoch nicht.

Wärmesenke

Kein Einsatz von Wärmepumpen im unsanierten Altbau, Vorlauftemperaturen nicht mehr als 35 °C; das schließt Heizkörper in der Praxis aus.

Ausführung

- Den vorgeschriebenen hydraulischen Abgleich der Heizkreise auch durchführen
- Undicht schließende Ventile aufspüren und ersetzen
- Wärmedämmung an Rohren und Armaturen lückenlos anbringen.

Anlagenbetrieb

- Die Heizkurve niedriger einstellen; Nachtabsenkung nicht zu lang und nicht zu tief
- Den Notheizstab mit der Hand ausschalten, um kontrollierten Betrieb zu ermöglichen; Heizbetrieb im Sommer vermeiden
- Einweisung des Nutzers durch den Handwerker erforderlich; auch bei Wärmepumpen ist eine Wartung notwendig.

Die Durchführung dieser Maßnahmen würde den Wärmepumpen einen deutlichen Umweltvorteil gegenüber Öl- oder Gaskesseln verschaffen und letztlich auch den Geldbeutel der Nutzer schonen.

Jahresarbeitszahl: Mindestwert und Klassifizierung

Die Definition der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist allgemein anerkannt. Sie ist festgelegt als das Verhältnis von jährlich erzeugter Wärme am Ausgang zum notwendigen Strom an deren Eingang.

Umstritten ist dagegen die Höhe der Jahresarbeitszahl, die mindestens erforderlich ist, um Elektro-Wärmepumpen als energieeffizient bezeichnen zu können. Je nach Interessenlage schwankt diese Zahl zwischen 2,0 und 4,0! Das hängt mit der Art der Stromerzeugung (hohe thermische Verluste) und dem Brennstoffmix (hoher Kohleanteil) zusammen. Außerdem spielt auch noch der Bezug zu einem konventionellen Heizkessel eine Rolle (vielfach Erdgas-Brennwert-Kessel).

Variation der Mindest-Jahresarbeitszahlen

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

- JAZ = 2,0
Teile der Hersteller und Energieversorger
Quellen: Bundesverband Wärmepumpen (BWP) und Lehrstuhl für Energiewirtschaft München (IfE): 2,00; ISE: 2,15; E-Werk Mittelbaden in Lahr (Schwarzwald): 2,20
- JAZ = 3,0
Mindest-Forderung in einer Wärmepumpen-Fibel für „Energieeffizienz“
Quellen: dena, RWE und EEWärmeG; siehe Abschnitt „Der Feldtest“
- JAZ = 3,5
Mindest-Forderung in einer Wärmepumpen-Fibel für „Nennswerte Energieeffizienz“
Quellen: dena, RWE und EEWärmeG
- JAZ = 4,0
Verantwortungsbewusste Umwelt- und Klimaschützer (falls Elektro-Wärmepumpen überhaupt eingesetzt werden sollen)
Quellen: z.B. Ökostromanbieter E-Werk Schönau Schwarzwald (EWS), Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt (IWU), Umwelt-/Klimaschutzverbände und Werbung der Hersteller.

Die geforderten Mindest-Jahresarbeitszahlen für Elektro-Wärmepumpen schwanken um einen Faktor 2! Eine JAZ von etwa 2,0 ist freilich dem Lobbyismus geschuldet: Die Hersteller wollen Wärmepumpen und die Energieversorger Strom verkaufen. Bei einer so niedrigen Jahresarbeitszahl handelt es sich um eine halbe Kohlestromheizung. Mit ihr sind die ehrgeizigen Klimaschutzziele der Europäischen Union und der Bundesregierung nicht erreichbar.

Realistischer sind da schon die geforderten Mindest-Jahresarbeitszahlen in der oben erwähnten Wärmepumpenfibell für „energieeffiziente“ und „nennenswert energieeffiziente“ Wärmepumpen von JAZ = 3,0 bzw. 3,5 der dena, des RWE und des EEWärmeG in Verbindung mit einem 15 %-Solar- /Umweltanteil. Aus letzterem folgt nämlich, dass auch der Gesetzgeber erst ab einer JAZ = 3,0 die Wärme aus Wärmepumpen als „erneuerbar“ – und damit energieeffizient – betrachtet. Der Grund: Die Differenz (3,5–3,0) / 3,5 entspricht in etwa dem Anteil an erneuerbarer Wärme in Höhe von 15 %.

Kritik, Fehleinschätzung und Wunschdenken des BWP

Der Bundesverband der Wärmepumpen-Hersteller BWP stellt die Festlegungen der dena, des RWE sowie die gesetzlichen Bestimmungen des EEWärmeG der Bundesregierung in Frage, dass nämlich Elektro-Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von mehr als 3,0 aufweisen müssen, um erneuerbare Wärme zu erzeugen bzw. energieeffizient zu arbeiten [2]. Statt sich verstärkt um eine Qualitätsverbesserung bei der Ausbildung, Montage und Anlagentechnik zu bemühen, behauptet der BWP: „Die genannte Mindest-Jahresarbeitszahl ist unrichtig und die Festlegung der Energieeffizienz überholt“. Er kritisiert die Agenda-Gruppe und vermeidet damit eine offene Auseinandersetzung mit der dena, dem RWE und dem Gesetzgeber. Die Unfähigkeit eines Teils der Branche zur Selbstkritik ist schon beachtlich, wenn man deren positive Auslegung zu den ernüchternden Ergebnissen der Agenda-Gruppe und auch des ISE zu den Luft-Wärmepumpen betrachtet.

Primärenergiefaktor

Darüber hinaus behauptet der Lobbyverband, dass durch den zunehmenden Anteil von Strom aus erneuerbaren Quellen der Primärenergiefaktor, also das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zum Strom an der Steckdose, und die Emission des schädlichen Treibhausgas Kohlendioxid sinke, was die Ökobilanz von Elektro-Wärmepumpen verbessere. Die Sachlage sieht jedoch anders aus. In den Jahren 2012 und 2013 stieg nämlich die CO₂-Emission. Ursache war der zunehmende Stromverbrauch, die seitens der Bundesregierung blockierte EU-Energieeffizienz-Richtlinie und der zunehmende Einsatz von Kohlekraftwerken, bedingt durch fast wertlose CO₂-Verschmutzungsrechte. Außerdem bremst Berlin schon seit zwei Jahren die Erneuerbaren Energien drastisch aus und bürdet ihr auch noch fremde Lasten auf, um den Kohlestromproduzenten zwi-

schen Rheinischem Revier und der Lausitz weiterhin ein gutes Auskommen zu ermöglichen.

Die Folge: Der Primärenergiefaktor und die Kohlendioxid-Emissionen nehmen voraussichtlich zu und nicht ab. Interessierte Kreise arbeiten deshalb schon heute daran, dass letzteres wenigstens auf dem Papier geschieht. Die Novellierung der Energie-Einsparverordnung (EnEV) erniedrigt nämlich den gegenwärtigen Primärenergiefaktor in Höhe von 2,4 einfach auf den günstigeren Wert von 1,8 für das Jahr 2016. Doch die „normative Kraft des Faktischen“ wird bis dahin mit diesem Wunschdenken aufgeräumt haben: Die ökologische Bilanz von Elektro-Wärmepumpen wird sich in der Praxis verschlechtern, wenn die Bundesregierung nicht kräftig gegensteuert.

Forderung von Klima- und Umweltschützern: JAZ größer 4,0

Auch aus diesem Grunde fordern Umwelt- und Klimaschützer eine erhebliche Anhebung der an und für sich schwachen Mindest-Jahresarbeitszahl in Höhe von 3,0. Ähnlich wie in Österreich fordern sie eine JAZ von mehr als 4,0, was schließlich auch die deutsche Werbung verspricht. Das heißt: Es sind nur noch 25 % Strom erforderlich, um zusammen mit 75 % Umweltwärme (Grundwasser und Erdreich) den Wärmebedarf von Häusern zu decken (Bild 3). Eine so hohe Jahresarbeitszahl erreichen Luft-Wärmepumpen in der Praxis aber nicht. Die Umweltgruppen lehnen deshalb den Einsatz von Luft-Wärmepumpen ab, und der Bundesverband der Verbraucherzentralen in Berlin empfiehlt, sie nur in Ausnahmefällen einzusetzen.

Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen

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 erarbeitet (Bild 4). Sie berücksichtigt keine Marketing-Interessen, sondern nur den Beitrag von Elektro-Wärmepumpen zum Klimaschutz [2].

Die Skala orientiert sich an der schwachen Mindestforderung „Eine Elektro-Wärmepumpe ist erst dann energieeffizient, wenn die Jahresarbeitszahl über 3,0 liegt“. Die Schlussfolgerung: Unter 3,0 ist sie energieineffizient, zeigt also Mängel auf und ist folglich „mangelhaft“, was der klassischen Schulnote „5“ entspricht. Und wenn eine Elektro-Wärmepumpe auf eine Jahresarbeitszahl von über 4,0 kommt, was Umweltgruppen fordern und auch die Werbung verspricht, dann ist sie „gut“ bis hin zu „ausgezeichnet“.

Diese Klassifizierung und Bewertung ist unabhängig von den Kaltquellen Luft, Grundwasser und Erdreich. Sie liegt den 18 Einzelberichten der Phase 2 des „Feldtests Wärmepumpen“ zugrunde [2].

Quellen:

- [1] Schlussbericht Phase 1: www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase1.html
- [2] Systemvielfalt Wärmepumpensysteme (Tabelle), Schlussbericht Phase 2, 18 Einzelberichte über 20 Wärmepumpen der Phase 2, Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen und BWP-Stellungnahme zu den Schlussberichten mit Antworten der Agenda-Gruppe: www.agenda-energie-lahr.de/WP_FeldtestPhase2.html

ZU DEN AUTOREN:

► **Dr. Falk Auer**
Fachausschussvorsitzender Wärmepumpe der DGS, Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald)

► **Herbert Schote**
Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald)

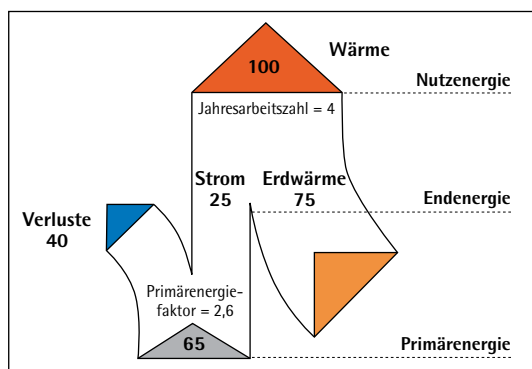


Bild 3: Energiefluss bei einer erdgekoppelten Elektro-Wärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von JAZ = 4

Jahresarbeitszahlen Bereich	Klassifizierung Schulnoten	Klassifizierung Bewertung	Bandbreite JAZ
bis 2,5	6	ungenügend	Grundwasser-WP
2,6-3,0	5	mangelhaft	
3,1-3,5	4	ausreichend	Luft-WP
3,6-4,0	3	befriedigend	
4,1-4,5	2	gut	Erdreich-WP
4,6-5,0	1	sehr gut	
ab 5,1	1+	ausgezeichnet	

Bild 4: Klassifizierung und Bewertung von Jahresarbeitszahlen (JAZ)