

Mit dem arsenal research-Standardmonitoring

Analyse von Wärmepumpenanlagen

Heinrich Huber, Wien

In einem vom Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs geförderten Projekt wurde ein standardisiertes Monitoring für Wärmepumpenanlagen entwickelt, mit dem Anlagen untersucht und ausgewertet und die Ergebnisse so aufbereitet wurden, dass sie Wärmepumpenherstellern, Anlagenerrichtern, Energieversorgern, öffentlichen Entscheidungsträgern, Förderstellen usw. als Arbeitsgrundlage dienen können.

Die Ergebnisse des Monitorings können von Anlagenbauern und Wärmepumpenherstellern unterschiedlich genutzt werden, wie zum Beispiel:

- Zu Marketingzwecken bei der Akquisition von neuen Kunden und Partnern,
- Optimierung der Anlagen, wie z. B. neue Auslegungskriterien, neue Regelungsstrategien,

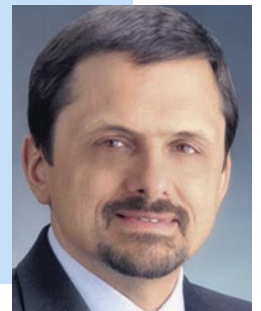
- Entwicklung von Innovationen im Anlagenbau und am Wärmepumpenaggregat.
- In der weiteren Folge kann bei komplexen Anlagen das Zusammenwirken der verschiedenen Anlagenteile und deren Energieeffizienz analysiert und optimiert werden.

Aus den in der Datenbank vorhandenen Datensätzen können verschiedene Analysen für Energieversorger, öffentliche Entscheidungsträger und Förderstellen durchgeführt werden, wie zum Beispiel:

- Trends des Wärmebedarfs von Gebäuden und der Heizleistungen bei den zur Anwendung kommenden Wärmepumpen.
- Entwicklung des Trends von Jahresarbeitszahl, spezifischen Heizleistungen und Entzugsleistungen in der Wärmequellenanlage.
- Haben die Sperrzeiten Auswirkungen auf die Laufzeiten und das Heizverhalten der Wärmepumpe?
- Erfüllung von Förderbedingungen bei ausgeführten Anlagen.
- Bereitstellung von Basisdaten für die inhaltliche Gestaltung von Förderprogrammen.

zum Autor

Ing.
Heinrich Huber,
Österreichisches
Forschungs- und
Prüfzentrum Arsenal
Ges. m. b. H.,
arsenal research,
Nachhaltige
Energiesysteme,
Wien



Rahmenbedingungen für das Monitoring

Im Rahmen der angestrebten politischen Umwelt-Ziele, vor allem die der Reduktion der CO₂-Emissionen, stellt die Nutzung erneuerbarer Energien einen zentralen Punkt dar. Dabei wird die Wärmepumpe einen wesentlichen und wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung erbringen können. Wärmepumpen sind heute in vielen europäischen Ländern etabliert und der Markt wächst, wie die letzten Marktanalysen bestätigen, kontinuierlich weiter. Um diese Entwicklung positiv voranzutreiben, haben Innovation, Qualitätssicherung und Ausbildung in Österreich oberste Priorität.

Die Qualität von Wärmepumpenanlagen ruht auf zwei Säulen. Als Erstes muss das Wärmepumpenaggregat selbst hohen Qualitätsanforderungen entsprechen, diese werden mit dem DACH Wärmepumpengütesiegel bestätigt. Im zweiten Schritt sind die Planung, Dimensionierung und die Ausführung der gesamten Anlage für die Effizienz, Funktionalität und Kundenzufriedenheit verantwortlich.

Mit der von der Österreichischen Vertretung der Wärmepumpenbranche, damals Leistungsgemeinschaft Wärmepumpe (LGW), und arsenal research initiierten Ausbildung zum „Zertifizierten Wärmepumpeninstalla-

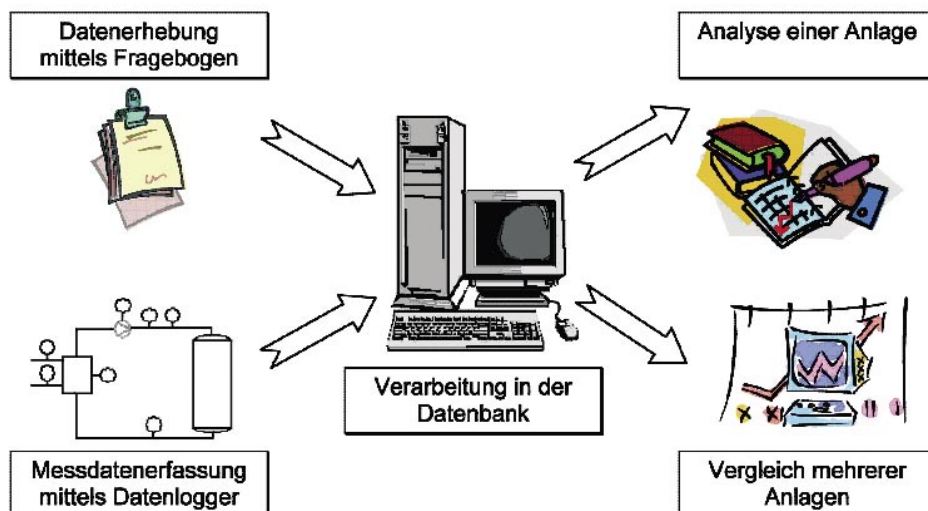


Bild 1 Datenfluss von der Datenerhebung bis zur Auswertung

Als Vortrag gehalten am 18. 11. 2005 in Würzburg anlässlich der Deutschen Kälte-Klima-Tagung 2005 des DKV.

Fragebogen für Referenzanlagen

Bitte beachten Sie, dass nur vollständig ausgefüllte Fragebögen zur Berichterstellung verwendet werden können.
Bei Fragen wenden Sie sich bitte an Tel.Nr.: 050550-6312

arsenal research
Ein Unternehmen der Austrian Research Centers.
Fax: +43 (0) 50550 - 6613

Anlagendokumentation

Installateur

Name _____

Adresse _____

 Ptz _____

 Ort _____

 Telefon _____

Planer (falls Installateur nicht Planer ist)

Name _____

Adresse _____

 Ptz _____

 Ort _____

 Telefon _____

Eigentümer

Name _____

Adresse _____

 Ptz _____

 Ort _____

 Telefon _____

Nutzungszweck: Einfamilienhaus

 Zweifamilienhaus

 Mehrfamilienhaus

 Büro

 Sonstige _____

Die Anlagenauslegung lieferte folgende Werte:

Heizlast lt. DIN EN 12831	_____	kW
Heizlast lt. ÖNORM M 7500	_____	kW
Heizlast lt. ÖNORM B 8135	_____	kW (alternativ)
maximale VL-Temperatur	_____	°C
Spreizung Heizung	_____	K
Spreizung Wärmequelle	_____	K
Beheizte Gesamtfläche	_____	m ²
Fußbodenheizung	_____	m ²
Wandheizung	_____	m ²
Radiatoren	_____	m ² (beheizte Fläche)
Andere Wärmeübertragung	_____	_____

Bild 2 Fragebogen für Wärmepumpenanlagen

teur“ hat Österreich in Fragen der Ausbildung in Europa einen wichtigen Beitrag zur Qualitätssicherung der Anlagen beigetragen. Um nun die Auswirkungen der ergriffenen Maßnahmen dokumentieren und evaluieren zu können, ist die Durchführung von Langzeitbeobachtungen – Monitoring – ein unerlässlicher Baustein.

In den letzten Jahren sind immer wieder Monitorings in verschiedenen Formen durchgeführt worden, die jedoch in vielen Fällen einen Vergleich mit anderen Monitoringergebnissen nicht ermöglichen. So

haben zum Beispiel die unterschiedlichen Nutzergewohnheiten einen wesentlichen Einfluss auf Effizienz und Arbeitsweise der Anlage. Aus diesem Grund ist ein standardisiertes Monitoring, bei dem neben der aufgenommenen elektrischen Energie und der abgegebenen Wärmeenergie noch weitere wichtige und zur Beurteilung der Anlage aussagekräftige Zustände aufgezeichnet und bei der Beurteilung berücksichtigt werden, notwendig.

Konzept des Monitorings

Die Ergebnisse des Monitorings dienen als Nachweis für die Funktion und Effizienz der errichteten Wärmepumpenanlagen und das Monitoring ist in drei Stufen gegliedert:

1. Um alle erforderlichen Daten aufnehmen zu können, welche nicht von der Datenerfassung gemessen werden können, füllt ein jeder Installateur zu jeder seiner Anlagen einen Fragebogen aus.
2. Weiterhin werden mit Datenloggern Messwerte von der Anlage automatisch erfasst und mittels eines GSM-Modems an den Monitoring-Server im arsenal research weitergeleitet.
3. Im dritten Schritt werden die Daten mittels einer dafür entwickelten Datenbank ausgewertet und analysiert.

Es ist wichtig, das gesamte Monitoring so zu planen, dass genau die Daten und Informationen, die im Nachhinein für eine aussagekräftige Analyse notwendig sind, erhoben werden.

Im Zuge des speziellen Projektes hat man sich auf das Monitoring von Wärmepumpenanlagen mit einer Heizungswärmepumpe ohne Warmwasserbereitung konzentriert. Jedoch ist bei der Konzipierung und Auswahl der Messgeräte auch die Möglichkeit geschaffen worden, ein Monitoring von Wärmepumpenanlagen in Kombination mit weiteren Heizquellen, wie z. B. Öl, Gas, Biomasse, Solaranlagen und anderen Wärmenutzeranlagen, wie z. B. Warmwasserbereitung, Pool usw. durchführen zu können.

Der Fragebogen für Wärmepumpenanlagen

Erster Schritt bei der Erarbeitung des 6-seitigen Fragebogens war die Klärung, welche Informationen durch den Fragebogen erfasst werden müssen, um die Anlagen so gut wie möglich zu beschreiben und eine einheitliche Anlagendokumentationsstruktur zu schaffen, welche eine Weiterverarbeitung in einer Datenbank zulässt.

Planung der Datenerfassung

Eine Anlagenvermessung muss möglichst effizient und informativ sein, daher muss im Vorfeld genau festgelegt werden, welche Messdaten aufzuzeichnen sind. Zuerst muss definiert werden, welche Ergebnisse die Auswertung eines Monitorings liefern soll. Dafür soll folgender Ergebniskatalog gelten:

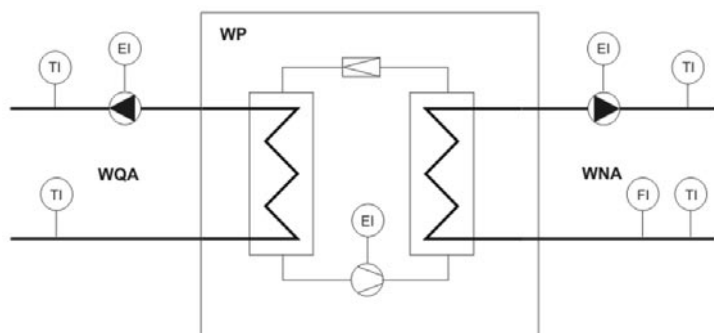


Bild 3 Messstellenschema bei Anlagen mit Wasser/Wasser- oder Sole/Wasser-Wärmepumpen

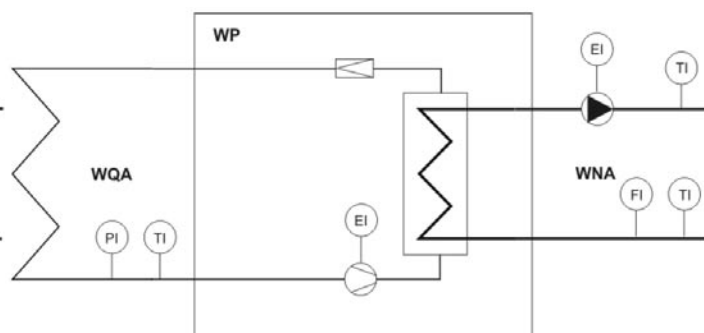


Bild 4 Messstellenschema bei Anlagen mit Direktverdampfer-Wärmepumpen

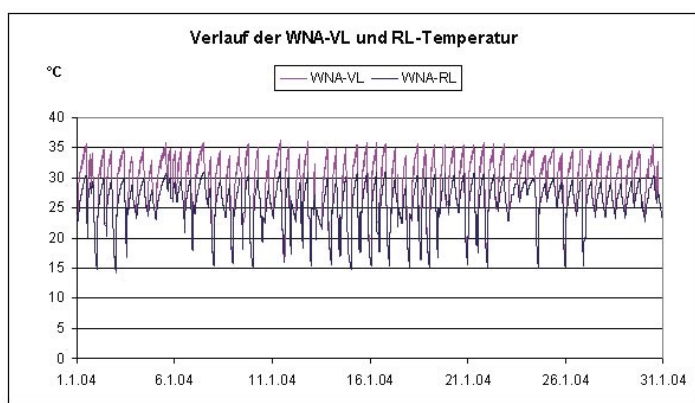


Bild 5 Temperaturverlauf der Vorlauf- und Rücklauf-Temperatur für einen Monat (Beispiel)

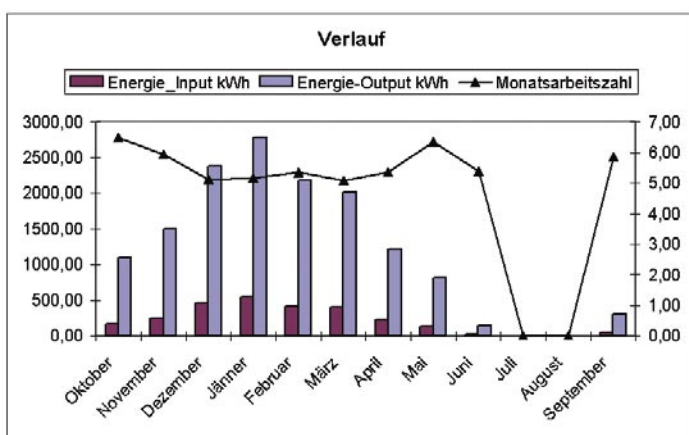


Bild 6 Verlauf der Jahresarbeitszahl und des Energie In- und Outputs

- Energie-Input (Stromaufnahme)
- Energie-Output (Wärmeabgabe)
- Jahres-, Monats- und Tagesarbeitszahl
- Betriebsstunden der Wärmepumpe
- Mittlere Stromaufnahme
- Mittlere Heizleistung
- Mittlere Tageslaufzeit
- Schalthäufigkeit/24 h
- Außen-/Innentemperaturen
- Wärmequellen- und -senkentemperaturen
- TEWI
- Schadstoffemissionen

Messstellen

Aus den vorangegangenen Überlegungen ergaben sich die notwendigen Messstellen. In den beiden hier folgenden Bildern 3 und 4 sind die wichtigsten Messstellen dargestellt.

Durchführung der Datenerfassung

Die Messung der erforderlichen Daten wurde teilweise auch mit eigenen Messgeräten des Anlagenerrichters durchgeführt. Die dafür verwendeten Messgeräte mussten jedoch kalibriert oder geeicht sein (Nachweis mit Eichsiegel oder Kalibrierschein).

Während des Zeitraums der Datenerfassung wurden die Messdaten in einem 2-

Sekunden-Intervall gemessen und dann als 15-Minuten-Mittelwerte abgespeichert, damit aussagekräftige Trendlinien dargestellt werden konnten. Die an den Monitoring-Server übertragenen Daten wurden periodisch auf Plausibilität geprüft und am Ende der Datenerfassungsperiode ausgewertet.

Analyse von Wärmepumpenanlagen

Im Zuge dieses Projektes mussten die durch die Fragebögen erhobenen Daten und die erhaltenen Messdaten der Datenerfassungen gespeichert und verwaltet werden. Da weiterhin die gemessenen Rohdaten der Anlagen nicht direkt interpretierbar sind, musste eine Umwandlung der aufgenommenen Daten in Informationen, die die Anlagen charakterisierten, erfolgen.

Zu diesem Zweck wurde eine Datenbank entwickelt und programmiert, um den zuvor beschriebenen Ergebniskatalog erfüllen zu können.

Ziel bei der Planung der Datenbank war eine weitgehende automatisierte Ausarbeitung eines Berichts von der Analyse einer Anlage und eine schnelle und effiziente Erstellung eines Vergleiches mehrerer Anlagen.

Beschreibung der Datenbankanalyse

Auswertung einer Anlage

Mit der Datenbank werden für jeden Monat Diagramme der relevanten Temperaturen (Bild 5), von Tagesarbeitszahlen und ein Diagramm, in dem der Energieverbrauch und die gelieferte Heizenergie dargestellt sind, erstellt.

In der Jahresauswertung werden die Monatsergebnisse zusammengefasst und zu weiteren informativen Diagrammen weiterverarbeitet. In Bild 6 sind der Verlauf des Energieverbrauches, der gelieferten Heizenergie und der Monatsarbeitszahlen dargestellt.

Weiterhin erfolgt eine ökologische Betrachtung wie durch Gilli [1], wo Schadstoffemissionen beim Betrieb einer Wärmepumpe mit unterschiedlichen Stromproduktionsvarianten [4] den Emissionen von Gas- und Ölkesseln gegenübergestellt (Bild 7) werden.

Zuletzt wird eine Berechnung des Total Equivalent Warming Impact (TEWI) der betreffenden Anlage im Vergleich mit Öl- und Gaskesseln gemäß EN 378 [3] mit den Leckagemengen der Wärmepumpen aus [2] (Bild 8) durchgeführt.

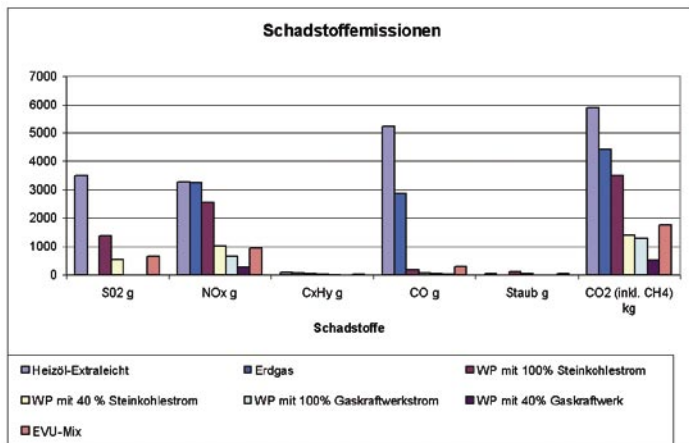


Bild 7 Vergleich der emittierten Schadstoffemissionen während des Versuchszeitraums

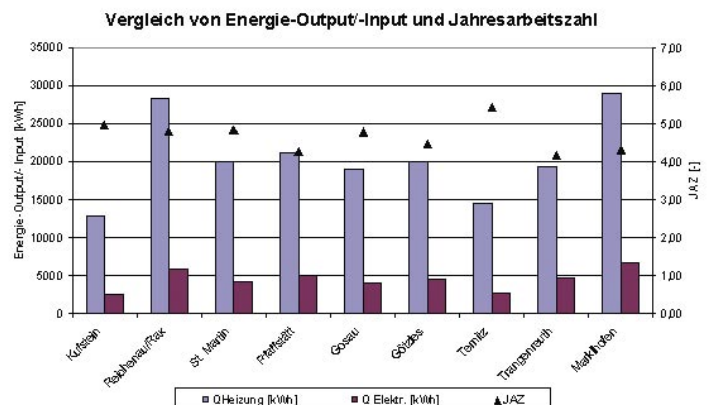


Bild 9 Darstellung der JAZ, Energie In- und Output der verglichenen Anlagen

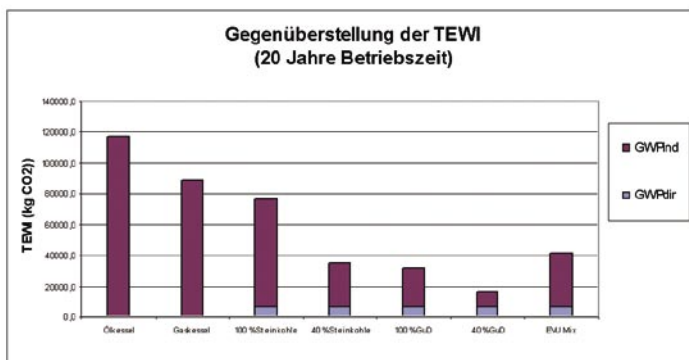


Bild 8 Darstellung des TEWI's der untersuchten Wärmepumpenanlage

Auswertung mehrerer Anlagen

Bei der Auswertung werden mehrere Anlagen ausgewählt und miteinander verglichen. Bei diesem ersten Projekt wurden neun Wärmepumpenanlagen mit Direktverdampfung ausgewählt, um einen sinnvollen Vergleich anstellen zu können. Alle Anlagen waren nicht länger als drei Jahre vorher in Betrieb und als Kältemittel wird bis auf die Anlage Pfaffstätt, die mit Propan betrieben wird, ein Sicherheitskältemittel (R407C oder R410A) eingesetzt.

Es werden dabei die Eckdaten der ausgewählten Anlagen in einer Tabelle zusammengefasst und die Heizlast, die spezifische Heizlast, die Jahresarbeitszahlen

(JAZ) gemeinsam mit eingesetzter elektrischer Energie und der gelieferten Heizenergie in einem Diagramm dargestellt.

In einem weiteren Diagramm werden die Heizkosten/Jahr und die spezifischen Heizkosten/m²a gezeigt. Dazu wurden die aktuellen Brennstoffkosten/kWh von [5] herangezogen.

Zuletzt wurden die TEWI-Faktoren der untersuchten Anlagen verglichen. Bei dieser Anwendung wird der TEWI auf die kWh Heizenergie bezogen. Notwendig ist diese Maßnahme dadurch, da sich die Berechnung des TEWI gemäß [3] auf eine einzige Anlage bezieht und damit keine Bewertung von unterschiedlich großen Anlagen möglich ist.

Vergleich der Heizkosten

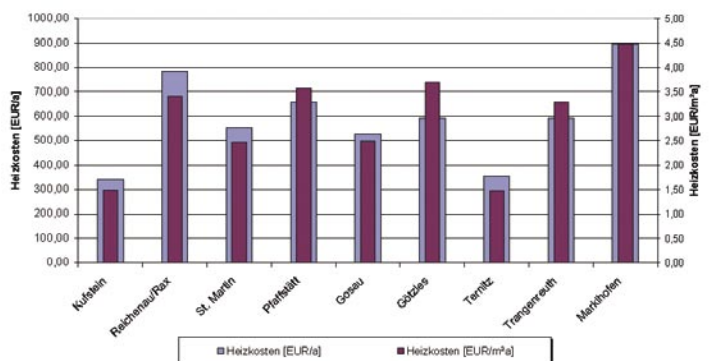


Bild 10 Vergleich der absoluten und spezifischen Heizkosten der betrachteten Anlagen

Auswertung und Analyse der Messdaten

Nach Festlegung der notwendigen Messgrößen und der dazu erforderlichen Messgeräte wurden 9 Wärmepumpenanlagen bis zum Ende der Heizsaison 2004 vermessen. Diese Messdaten wurden mit der Datenbank ausgewertet und anschließend wurden die Ergebnisse interpretiert.

Um einen Vergleich unter diesen Anlagen durchführen zu können, wurden für dieses Projekt ausschließlich Wärmepumpenanlagen mit Direktverdampfung ohne Warmwasserbereitung ausgewählt. Mit der Weiterführung des Monitorings werden in der Zukunft weitere mögliche Varianten

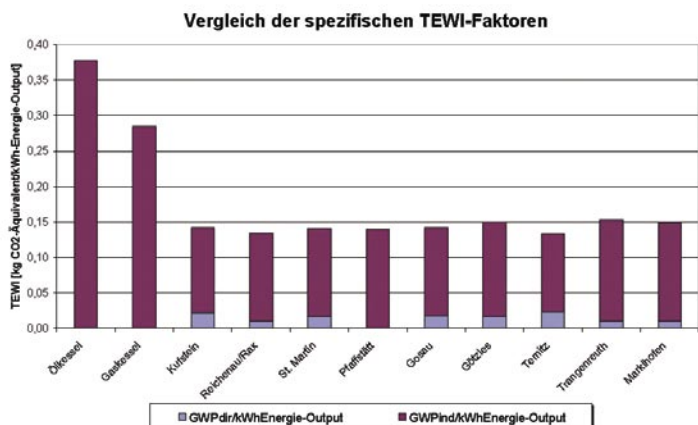


Bild 11 Darstellung der spezifischen TEWI-Faktoren

von Wärmepumpenanlagen vermessen und analysiert, um damit auch einen Vergleich verschiedener Anlagensysteme untereinander durchführen zu können.

Bei der Auswertung der untersuchten Anlagen konnte festgestellt werden, dass der Mittelwert der Jahresarbeitszahl (JAZ) 4,7 beträgt. Die beste Anlage erreichte eine JAZ von 5,4. Bei den Heizkosten liegt der Mittelwert bei 589,- Euro/a, wobei die niedrigsten Heizkosten bei 341,- Euro/a lagen. Die spezifischen Heizkosten der untersuchten Anlagen betragen zwischen 1,48 und 4,48 Euro/m²a.

Ein Vergleich der spezifischen TEWI zeigt, dass im Durchschnitt die 9 Wärmepumpenanlagen ca. 98% weniger Kohlendioxid emittieren als ein Gaskessel und um 163% weniger als ein Ölkessel. Dies bedeutet, eine

Emissionsreduktion von 861 000 t CO₂ gegenüber der Wärmebereitstellung mit Öl oder bei Erdgas von 519 000 t CO₂ in 20 Jahren.

Bei der Untersuchung der Emissionen der einzelnen Anlagen waren stets die Wärmepumpen im Vergleich zu Gas- oder Ölkessel bei den Stoffen SO₂, NO_x, C_xH_y, CO und CO₂ umweltfreundlicher. Einzig allein, wenn der Strom zu 100% aus Steinkohle produziert wird, liegen die Staubemissionen um 186% und beim Österreichischen Strommix (EVU-Mix) um 97% über dem eines Öl- oder Gaskessels.

Zusammenfassung

Mit dem Monitoring der ersten 9 Wärmepumpenanlagen konnte verdeutlicht werden, dass die Wärmepumpentechnologie

eine sehr gute Möglichkeit darstellt und zum Erreichen der Kyoto-Ziele einen wesentlichen Beitrag leisten kann.

Nun gilt es, diesen Monitoring-Standard weiterzuentwickeln und bei weiteren Wärmepumpenanwendungen einzusetzen. Eine besondere Herausforderung sind vor allem jene Wärmepumpensysteme, welche zur Heizwärmebereitstellung und zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden. Grund dafür sind die sehr unterschiedlichen Varianten der Warmwasser-Erzeugung und der Warmwasser-Speicherung, da sie eine geänderte energetische Bilanzierung notwendig machen. Weiterhin müssen deutlich mehr Anlagen untersucht werden, um so eine statistisch und wissenschaftlich untermauerte Darstellung des technischen Standes der Wärmepumpentechnologie aufzeigen zu können. ■

Literatur

- [1] Gilli, P. V.: Ökologische Bewertung der Wärmepumpe, Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Bestell Nr. 353/011, 1990
- [2] Sand, J. R. Fischer; S. K., Baxter, V. D.: Energy and Global Warming Impacts of HFC Refrigerants and Emerging Technologies: TEWI Phase 3, 1997, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (USA)
- [3] EN 378-1, Kälteanlagen und Wärmepumpen, Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen, Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Definitionen, Klassifikationen und Auswahlkriterien, 11. 2003
- [4] Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, Energiebericht, 2003
- [5] <http://www.iwo-austria.at/60.0.html>, Institut für wirtschaftliche Ölheizung, Stand 24. 01. 2005

DKV: Wird Geschäftsführungs-/Geschäftsstellenwechsel vorläufig ausgesetzt?

Zur Ausgangslage: Der Geschäftsführungsvertrag des DKV mit der langjährigen Geschäftsführerin, Frau Irene Reichert, formal mit der hierzu seinerzeit von ihr gegründeten S.I.R. GmbH, wurde vom DKV-Vorsitzenden Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeiffenberger form- und fristgerecht zum 31. 12. 2005 gekündigt, die Geschäftsführungsfunktion bis zum 30. Juni d. J. aber verlängert, um auch genügend Zeit für eine Geschäftsstellenverlagerung zu gewinnen. Von Anfang an wurde nun alles, was mit der GF-Nachfolge im Zusammenhang steht/stand, vom DKV-Vorsitzenden zur „Chefsache“ erklärt, von ihm in dieser Weise vorbereitet und (beinahe) vollzogen: Die Übernahme der Geschäftsführung durch Günther Mertz bzw. durch den Dienstleister IGK GmbH in Bietigheim-Bissingen, bei dem Mertz auch die Geschäftsführer-Position bekleidet; einfacher ausgedrückt: die Zusammenlegung der DKV-Geschäftsstelle mit der FGK-Geschäftsstelle in Bietigheim-Bissingen unter der gemeinsamen Geschäftsführung von Günther Mertz wurde durch den „geschäftsführenden DKV-Vorstand“ (drei Personen), den es in der DKV-Satzung gar nicht gibt, vor einigen Monaten beschlossen und ab da vor allem in einer bekannten Branchenpublikation – der CCI – kommuniziert.

So weit die bisherige Vorgehensweise von Teilen des DKV-Vorstands, alles sollte jetzt in einer erweiterten DKV-Vorstandssitzung unter Beteiligung der 10 DKV-Bezirksvereine (Identitätsmerkmal: der Verein lebt an seiner Basis) am 20. Juni mit

Wirksamkeit per 1. Juli 2006 in Kloster Eberbach durch ein gemeinsames Agreement (die DKV-Bezirksvereine haben im DKV-Vorstand nur 1 Stimme!) abgesehen werden.

Dazu kam es aber nicht! Schon seit längerem brodelte es hinter den DKV-Kulissen, was die bisherige Vorgehens-/Handlungsweise des engeren DKV-Vorstands (dies entspricht mehr der Realität als die Bezeichnung „geschäftsführender Vorstand“) angeht, und steigerte sich dann bis zur Entrüstung hin, als in einem bekannten Branchen-Internet-Ticker, zu dem überhaupt nur wenige DKV-Mitglieder Zugang haben, nachzulesen war: **„Die Geschäftsleitung des DKV ist verbesserungsbedürftig und gehört künftig in professionellere Hände“**; so geäußert von Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeiffenberger (als Vorsitzender) auf der FGK-Mitgliederversammlung am 19. Mai 2006 in Ludwigsburg – und das war für eine respektable Anzahl von DKV-Mitgliedern quasi „der Gau“; denn, die Frage stellt sich: Hat denn Frau Irene Reichert 32 Jahre lang als DKV-Geschäftsführerin „unprofessionell“ gearbeitet? Und die Vorsitzenden auch? Kurzum, 8 von 10 DKV-Bezirksvereine versagten am 20. Juni dem DKV-Geschäftsstellen-/Geschäftsführungswechsel von Stuttgart nach Bietigheim-Bissingen ihre Zustimmung. Was soll nun werden? Vorschlag: Die DKV-Mitgliederversammlung am 22. November möge entscheiden!

P. W.