

Georg Benke

Die Tücken der Elektrifizierung des Wärmemarktes

erschienen 10/2017 in der Broschüre „Energie.Versorgung.Sicherheit“ des ÖBMV



Die vielfach angesprochene Energiewende ist nicht nur eine Wende weg von fossilen Energieträgern, sondern auch eine Bewegung hin zum Strom. Dabei wird der Strom nicht nur bei der Mobilität als Lösung vieler Probleme gesehen, sondern auch im Wärmemarkt. Innovative Heizungssysteme – oft versehen mit dem Zusatz „Smart“ – werden als Mittel der Wahl betrachtet. Egal, ob es sich dabei um Nachtspeicherheizungen, Infrartheizungen, Stromdirektheizungen oder Wärmepumpen handelt – der Markt für Stromheizungen boomt. Und es ist davon auszugehen, dass Heizungsformen wie die Nachtspeicherheizung – die man mit ihrem Ansatz vor einigen Jahren

eher im Museum erwartet hätte – sich in einigen Jahren mit neuer Bezeichnung und auch Steuerung („Smart“) wieder zu einer relevanten Heizungstechnologie, die maßgeblich zur Lösung der Energiefragen der Zukunft beitragen kann, entwickeln.

Der verstärkte Einsatz des Stroms für das Heizen ist auch darauf zurückzuführen, dass neben energiewirtschaftlichen auch ökologische Vorteile erwartet bzw. unterstellt werden: Das gelingt durch die Verwendung eines CO₂-Faktors, der über das Jahresbilanzverfahren gebildet und etwa im Stromkennzeichnungsbericht publiziert wird. Dabei ergibt sich die paradoxe Situation, dass selbst direktes Heizen mit Strom

als klimaschonender bewertet wird als eine fossile Gasheizung.

Welche Auswirkungen eine solche Änderung in der Beheizungsstruktur des Wärmemarktes auf den Strommarkt hat, hat e7 in einer Kurzexpertise am Fallbeispiel der Luftwärmepumpe untersucht [1]. Hierbei wurde entgegen des üblichen Ansatzes der Blick nicht auf die Arbeit (kWh) gerichtet, sondern es wurde analysiert, welches Nachfrageprofil sich dadurch im Stromnetz ergibt – also wie groß die dadurch verursachte Leistungsnachfrage zu bestimmten Zeiten ist, und was sich dadurch für Rückschlüsse auf die Netzstruktur und den erforderlichen Kraftwerkspark ziehen lassen.

Stromnachfrage im österreichischen Netz

Um ein Verständnis der Auswirkungen des Einflusses der Stromheizungen zu gewinnen, ist es gut, einen Blick auf die Stromnachfragestruktur in Österreich zu werfen. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Leistungsspitze, so zeigt sich für Österreich, dass

sich die Tagesmaximalleistung je Grad Celsius weniger um rund 100 MW erhöht. Man spricht von der Thermosensibilität des Stromnetzes. Das heißt, im Winter benötigt man rund 2.000 MW bzw. 20 % mehr Leistung als im Sommer. In Abb. 1 ist die tägliche Maximalnachfrage im österreichischen Stromnetz für das Jahr 2016 dargestellt.

Bei einem Blick auf den Tagesverlauf zeigt sich, dass die Nachfragespitze im Winter zwischen 17:00 und 19:00 Uhr am Abend auftritt und um rund 200 MW höher ist als am Vormittag. Auf diese Nachfrage sind das Stromnetz und die Kraftwerke auszurichten. Steigt die Stromnachfrage im Winter infolge zusätzlichen Stromeinsatzes für das Heizen, erhöht sich der Bedarf an elektrischer Leistung, die nur im Winterhalbjahr nachgefragt wird. Es sind Kraftwerkskapazitäten vorzusehen, die finanziert werden müssen.

Das Wachstum der Luftwärmepumpen

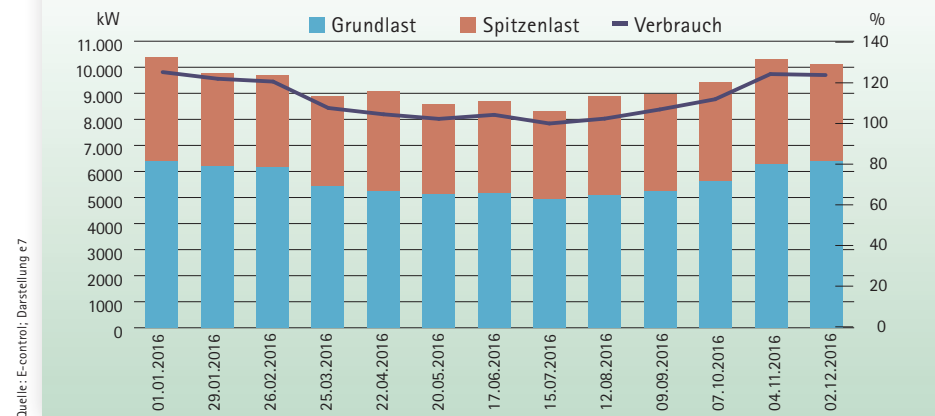
Die Marktentwicklung bei der Wärmepumpe war in den vergangenen Jahren sehr dyna-



© Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Luftwärmepumpe im sanierten Mehrfamilienhaus – der Anteil der Luftwärmepumpen bei neu installierten Wärmepumpen in Österreich stieg zwischen den Jahren 2000 und 2015 von unter 10 % auf über 66 %.

Grundlast und Spitzenlast im Lauf des Jahres 2016 im Vierwochenintervall



Quelle: E-control; Darstellung e7

Abb. 1: Maximale und minimale Leistungswerte von jeweils 28 aufeinander folgenden Tagen beginnend vom angegebenen Startdatum – Kurve zeigt Verteilung der Nachfrage (kWh), niedrigster Vierwochenverbrauch auf 100 % gesetzt



misch. Ausgehend von einem eher geringen Niveau, hat die Wärmepumpe seither einen Marktanteil von über 17 % erobert, wobei die Marktsättigung – auch durch Innovation – noch nicht erreicht sein dürfte. Auch innerhalb des Wärmepumpenmarktes kam es dabei in den letzten Jahren zu einer deutlichen Verschiebung hinsichtlich der Wärmequellen. Während im Jahr 2000 der Anteil der Luftwärmepumpen an den neu installierten Wärmepumpen bei unter 10 % lag, waren es für das Jahr 2015 über 66 %. Eine überschlägige Berechnung ergibt, dass die Luftwärmepumpen bereits über eine installierte thermische Heizleistung von 940 MW verfügen. Das Wachstum an installierter thermischer Leistung lag in den letzten zwei Jahren dabei jeweils bei über 100 MW.

Effizienz in Abhängigkeit der Außentemperatur

Wärmepumpen haben die tolle Eigenschaft, dass sie für die Erzeugung der Wärme nur einen geringen Anteil an Prozessenergie benötigen. Der Rest wird aus der Umge-

bung (Wasser, Luft, Boden) gewonnen. Bei der Luftwasserpumpe wird dabei – wie der Name schon sagt – auf Luft zurückgegriffen. Dabei kommt es jedoch zu einer Hebelwirkung beim Stromverbrauch – je kälter es ist, desto geringer wird die Prozesseffizienz. Verdreifacht sich zum Beispiel bei fallender Temperatur die erforderliche Heizleistung (z. B. von 2 kW auf 6 kW), so verzehnfacht sich der Stromeinsatz bei der Luftwärmepumpe. Dabei ist aber immer noch – bezogen auf die Endenergie – eine gute Effizienz gegeben. Wie jedoch der Stromeinsatz bei tieferen Temperaturen (ab circa -6°C) real ist, konnte bisher nicht in Erfahrung gebracht werden.

Ermittlung der LWP-Nachfragestruktur

Sowohl die Modellierung der täglichen Wärmenachfrage als auch die Aufteilung dieser Nachfrage auf die einzelnen Tagesstunden in Abhängigkeit der Außentemperatur für das Jahr 2016 erfolgte für alle Bundesländer und Anwendungsfälle gesondert anhand der Lastprofile nicht

gemessener Gaskunden [2]. Anhand der sogenannten neuen Sigmoidfunktion (mathematische Funktion mit einem S-förmigen Graphen) lässt sich dabei ermitteln, welche (tägliche) Gasnachfrage bei einer entsprechenden Außentemperatur zu erwarten ist, wobei zwischen verschiedenen Gebäudetypen unterschieden wird. Zusätzlich lässt sich der Gasverbrauch in Abhängigkeit der Außentemperatur auf die einzelnen Stunden aufteilen.

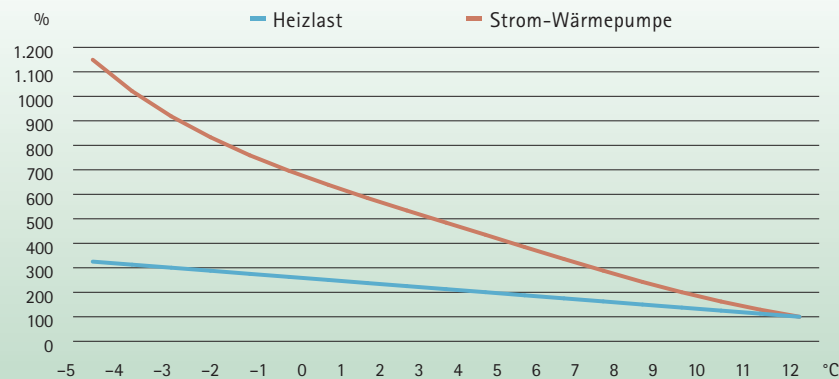
Für die vorliegende Studie wird vereinfachend angenommen, dass die Gasnachfrage direkt proportional zur Wärmenachfrage ist und dass Letztere bei Haushalten mit einer Gasheizung ident ist wie bei Haushalten mit Luftwärmepumpen. Aus der Verknüpfung der Wärmenachfrage mit der temperaturabhängigen Effizienz der Luftwärmepumpen konnte das Stromlastprofil abgeleitet werden. Diese Stromlastprofile wurden für alle Bundesländer und jeweils alle vier Anwendungsfälle für 15-Minuten-Intervalle berechnet. Letztlich lagen 36 Einzellastprofile vor, die aufsummiert das gesamtösterreichische Stromnachfrageprofil für alle installierten Luftwärmepumpen ergeben.

Auswirkungen auf das österreichische Lastprofil

Anhand des oben skizzierten Ansatzes ergibt sich ein Lastverlauf der Stromnachfrage auf Basis der Ende 2015 installierten Luftwärmepumpen, wobei für die Ermittlung der Nachfrage die Tagesmitteltemperaturen des Jahres 2016 herangezogen wurden. Dazu wurde das 15-Minuten-Lastprofil mit dem gesamten Stromlastprofil für Österreich verknüpft. Es zeigt sich, dass durch den Einsatz der Luftwärmepumpen 2016 eine um rund 300 MW höhere Spitzenleistung gegeben ist (Tab. 1). Dies macht rund 3 % der gesamten Netznachfrage aus. Für einzelne Tage (z. B. 3.1.2017) verursacht die Luftwärmepumpe mehr als 3 % des Stromverbrauchs dieses Tages. Dieser durchaus hohe Anteil erschwert die Regelbarkeit der Nachfrage.

Für die Jahre 2013 und 2014 wurden dieselben Berechnungen mit den Wärmepumpen-Daten von 2014 durchgeführt. Dabei konnte eine Erhöhung der Netzbelastung von etwa 200 MW ermittelt werden. Die Steigerung auf nunmehr fast 300 MW beruht auf tieferen Temperaturen 2016 und dem Zuwachs an Luftwärmepumpen. Der

Abhängigkeit der Heizlast und der Stromnachfrage von der Außentemperatur



Quelle: ÖNORM 2011, e7-Berechnung 2015

Abb. 2: Indexentwicklung der Heizlast und Leistungsnachfrage nach der Luftwärmepumpe in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Index 100 % bei 12 Grad Celsius)

Tab. 1: Auswirkungen der Luftwärmepumpe (LWP) auf das österreichische Stromnetz

	2013	2014	2016
Maximale österreichische Netznachfrage	10.092 MW	10.136 MW	10.400 MW
Zeitpunkt max. Netznachfrage	27.11.2013 17:15	10.12.2014 17:30	19.01.2016 18:00
Maximale elektrische Leistung LWP	322 MW	299 MW	368 MW
Zeitpunkt Maximalleistung	26.1.2013 6:00	30.12.2014 6:00	22.01.2016 6:00
Nachfrage Luftwärmepumpe/Jahr	581 GWh	424 GWh	513 GWh
Nachfrage Luftwärmepumpe Jänner	120 GWh	104 GWh	127 GWh
Zusätzliche max. Netzerhöhung	196 MW	175 MW	321 MW
Netzerhöhung	2,0 %	1,8 %	3,1 %
Durchschnittliche Netzerhöhung (50 Stunden)	186 MW	180 MW	224 MW
Durchschnittliche Netzerhöhung (200 Stunden)	183 MW	158 MW	192 MW
Durchschnittliche Netzerhöhung (500 Stunden)	175 MW	139 MW	163 MW

Werte für 2013 und 2014 jeweils mit den Wärmepumpen-Daten von 2014)
Quelle: e7

Vergleich der drei Jahre zeigt die Problematik der Forcierung der Luftwärmepumpe deutlich auf: Luftwärmepumpen beeinflussen die Leistungsnachfrage in Stromnetzen, wobei sich der Zeitraum mit hoher Leistungsnachfrage generell im Netz mit der Nachfrage nach Strom für Luftwärmepumpen deckt. Eine Forcierung der Luftwärmepumpen bedeutet in dieser Form, dass entsprechende Kapazitäten im System zur Verfügung stehen müssen, die aber nur selten abgefragt werden.

Weiteres Wachstum

Da bereits heute ein relevanter Anteil an der Leistungsnachfrage durch Luftwärmepumpen gegeben ist, stellt sich die Frage, was ein weiteres Wachstum der Luftwärmepumpen bedeuten würde. Hier sind wir ganz bewusst der überzeichneten Frage nachgegangen, welcher Leistungsbedarf bestünde, wenn rund 25 % der Raumwärme durch Luftwärmepumpen erzeugt würden. Ausgehend von aktuellen Daten (2013) wird ein Raumwärmeverbrauch von 332 PJ in Österreich herangezogen. Ein Anteil von

25 % davon verursacht eine maximale Heizleistung von rund 14 GW, was wiederum eine elektrische Anschlussleistung von rund 5,4 GW ergibt. Aufgrund von Gleichzeitigkeitseffekten usw. ist von einem Leistungsbedarf im Umfang von 3,5 GW auszugehen. In Relation dazu ist die Leistung der österreichischen Donaukraftwerke zu sehen, die bei rund 2,1 GW liegt – jedoch während der Heizperiode oft nur ein Leistungsvermögen von 50 % davon aufweist.

Zusätzlicher Leistungsanteil von 35 % erforderlich

Wie dieser zusätzliche Leistungsbedarf – der noch dazu eine ausgeprägte Spitze und eher kurze Nachfragezeiten (Volllaststunden) aufweist – bereitgestellt werden kann, sollte verstärkt hinterfragt werden. Kann ein zusätzlicher Leistungsanteil von 35 % durch ein „smartes“ Netz geregelt werden? Welche Speicher sind in welcher Größe zu dimensionieren und wie stellen sich diese Kosten volkswirtschaftlich dar? Die Auswirkungen dieser zusätzlichen Leistungsnachfrage sind in Abb. 3 dargestellt.

Stromerzeugung im Winterhalbjahr

Die Frage hinsichtlich der Leistungsnachfrage ist aber auch, wie weit diese Leistung auf Basis nicht fossiler Energie bereitgestellt werden kann. Oder anders formuliert: Wie ökologisch kann derzeit diese Spitzennachfrage gestaltet werden? Eine Antwort darauf liefert die Situation im Jänner 2017. Die monatliche Durchschnittstemperatur lag zum Beispiel in Linz bei $-4,7^{\circ}\text{C}$. Die Netzbelastung war dementsprechend groß. An insgesamt 17 Tagen war die Leistungsnachfrage größer als 10.000 MW, am 24. Jänner (Dienstag) wurde mit 10.578 MW der Spitzenwert erreicht. Aber wie wurde die Energie im Jänner 2017 erzeugt?

Anteil der Windstromerzeugung schwankt zwischen 0 und 20 %

In Abb. 4 ist die Stromerzeugungsstruktur ausgewählter Energieträger (Wind, Laufkraftwerke, Gas) dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Windkraft bereits zeitweise einen Leistungsanteil von über 20 % am Aufkommen hat. Aber auch die starke

Schwankung ist ersichtlich. So gab es fast keine Windstromproduktion an den Tagen um den 11.1.2017. Das war mit $-8,7^{\circ}\text{C}$ (in Linz) einer der kältesten Tage. Auch bei einem weiteren Ausbau der Windenergie wird es diese Flauten geben. Die Stromerzeugung von Gas dürfte mit etwa 4.100 MW im Zeitraum vom 20.1. bis 25.1. ziemlich am Limit gefahren sein. Die Laufkraftwerke erbrachten eine Leistung von unter 2.000 MW. Dies stellt weniger als 40 % ihrer vorhandenen Kapazitäten dar.

Aus der Summe dieser Situation musste im Jänner viel Energie primär aus Deutschland bezogen werden. Ob dies bis zum Jahr 2022, wenn der Atomausstieg in Deutschland vollzogen ist, auch noch so leicht möglich ist, wird sich zeigen.

Photovoltaik und Wärmepumpen – eine vorbildhafte Lösung?

Photovoltaik wird auch immer wieder als ideale Ergänzung für Stromheizungen bezeichnet. Eine grobe Abschätzung von e7 hat ergeben, dass für die vollständige Versorgung einer Luftwärmepumpe für ein

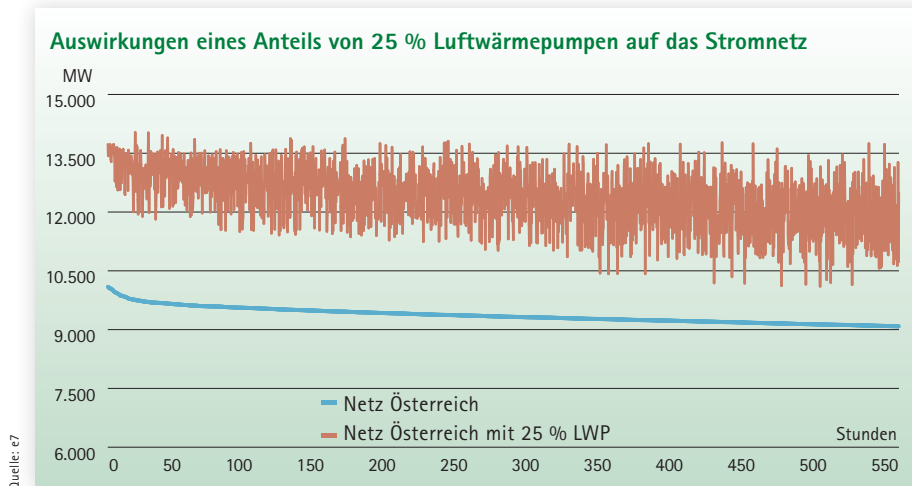


Abb. 3: Geordnete Dauerlastgangkurve für das Jahr 2013 (blaue Linie) für die 500 Stunden mit der größten Leistung sowie die Erhöhung dieser Nachfrage bei einem Anteil von 25 % an Luftwärmepumpen

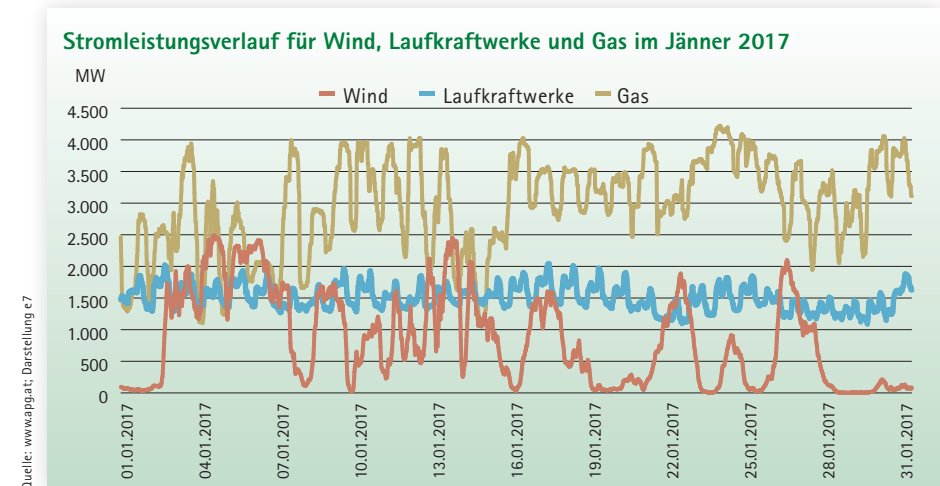


Abb. 4: Stromleistungsverlauf für Wind, Laufkraftwerke und Gas in Österreich im Jänner 2017 zeigt für einige Tage große Lücken auf, die durch Importe gedeckt werden mussten.



Einfamilienhaus (rund 130 m²) eine Photovoltaikfläche von circa 350 m² vorhanden sein muss. Unberücksichtigt ist dabei, dass die PV-Anlage im Winter primär im Zeitraum zwischen 10 bis 14 Uhr Strom liefert und die Nachfrage nach dem Strom für die Wärmepumpe in den Morgen- und Abendstunden erfolgt. Die Anlage ist also um eine Batterie für etwa 12 bis 15 kWh Speicher zu ergänzen, damit auch an dunkleren Tagen die Wärmeversorgung gesichert ist. Dabei ist der Warmwasserbedarf noch nicht berücksichtigt.

Aber werfen wir auch einen Blick zu dieser Zeit nach Deutschland. In den Medien war plötzlich von der Dunkelflaute die Rede, die fast dieselbe Situation wie in Österreich beschrieb. Der Himmel war mit Wolken bedeckt, sodass selbst für den Jänner wenig Photovoltaik-Strom erzeugt wurde. Gleichzeitig war auch eine Flaute gegeben, die die Windräder zum Teil ruhen ließ. Einspringen mussten in diesem Fall die Kohlekraftwerke, die sogar noch nach Österreich und Frankreich exportieren konnten.

In Österreich kennen wir ähnliche Fälle, wobei der Klassiker hier eher das sibirische Hoch ist. Dabei ist es windstill, klar und dadurch sehr kalt. 2012 war so ein Jahr, in dem es im Februar rund 14 Tage Durchschnittstemperaturen von weniger als -12 °C gab.

Schlussfolgerungen

Der Trend zu mehr Stromeinsatz fürs Heizen wird nicht zu stoppen sein. Dadurch kommt es zunehmend zu einer Nachfrage nach sehr kurzfristig genutzter Spitzenleistung, die dafür in Reserve (zum Teil auch Speichern) gehalten werden muss. Um für diese Problematik zu sensibilisieren, sollte der Fokus von energiewirtschaftlichen Fragestellungen vermehrt auch auf die zeitliche Verfügbarkeit und somit auf die Leistungsnachfrage nach der Energie gelegt werden. Ein reines Analysieren unter Verwendung von kWh und unter Ausblenden der zeit-

lichen Verfügbarkeit führt zu falschen Schlüssen. Der Einsatz von strombetriebenen Heizungen kann – unter gewissen Rahmenbedingungen – einen wichtigen Beitrag zur Energiewende darstellen. Allerdings werden häufig wesentliche Aspekte in der Bewertung solcher Heizungen ausgeblendet: Insbesondere die Auswirkungen auf die Netzinfrastruktur und die Bewertung strombetriebener Heizungen hinsichtlich ihrer verursachten Emissionen an Treibhausgasen und Luftschadstoffen bedarf weiterer Analysen.

Um die Problematik der kurzfristigen Spitzenleistung nicht zu groß werden zu lassen, empfiehlt es sich, gezielt Maßnahmen diesbezüglich zu setzen. Dazu gehören unter anderem:

- a) Stromdirektheizungen als Hauptheizungen sind – auch wenn sie den Namen „innovativ“ tragen – nicht zulässig.
- b) Stromheizungen müssen über einen eigenen Wärmespeicher verfügen, um die Stromnachfrage zeitlich besser steuern zu können.
- c) Es sind Maßnahmen zu setzen, damit Netzbetreiber Stromheizungen bei Bedarf wegschalten können.
- d) Hinsichtlich der Bildung von CO₂-Faktoren für Stromheizungen sind Jahresbilanzverfahren aufgrund der ausgeprägten zeitlichen Nachfrage zu Engpasszeiten abzulehnen.

Literatur

[1] Benke G.; Amann C.; Amann S. (2015): Kurzexpertise: Auswirkungen der Luftwärmepumpe auf das österreichische Stromnetz; http://www.e-sieben.at/de/projekte/1515_LWP.php

[2] Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (2008): Lastprofile nicht leistungsgemessener Kunden (HE, HM, HG, PG, PK und PW) der Gasnetzbetreiber Österreichs – Überarbeitung 2008. Studie im Auftrag des Fachverbandes Gas & Wärme. Graz. ■

Dr. Georg Benke, DI Christof Amann
e7 Energie Markt Analyse GmbH
georg.benke@e-sieben.at

