

Expertise zum Einsatz von Luftwärmepumpen in Österreich

Endbericht

November 2015

Finanziert durch:

- Verein „Freie Wärme Österreich“
- proPellets Austria
- Schiedel GmbH

Georg Benke (Projektleiter)

Christof Amann

Stefan Amann

Impressum

e7 Energie Markt Analyse GmbH

Georg Benke

Walcherstraße 11/43

1020 Wien

Österreich

Telefon +43-1-907 80 26

Fax +43-1-907 80 26-10

office@e-sieben.at

www.e-sieben.at

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Technologiebeschreibung	4
Überblick über den Markt für Luftwärmepumpen.....	6
1.1 Marktentwicklung	6
1.2 Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung.....	7
1.3 Regionale Verteilung der Heizleistung.....	8
1.4 Exkurs: Deutschland	9
Review bestehender Studien.....	10
Erstellung eines typischen Stromnachfrageprofils von Luftwärmepumpen	12
1.5 Beschreibung des Systemansatzes	12
1.6 Auswirkungen auf das österreichische Lastprofil.....	15
1.7 Auswirkungen Heizstab	19
1.8 PV-Anlagen und Luftwärmepumpen	19
CO₂-Emissionen des Einsatzes der Luftwärmepumpe	21
1.9 Herleiten des CO ₂ -Emissionsfaktors.....	21
1.10 Vergleich der CO ₂ -Emissionen für Luft-Wärmepumpen mit denjenigen anderer Energieversorgungssysteme	22
Zusammenfassung und abschließende Empfehlungen	25
Literaturverzeichnis.....	27
Anhang 1: Analytierte Studien.....	29
Exkurs 1: „Analyse des Effekts von einem 25%igen Anteil von Luftwärmepumpen am gesamten österreichischen Wärmemarkt“	31
Exkurs 2: „Modellhafte Abschätzung des Einsatzes von Biomasseeinzelfeuerungen in Kombination mit Luftwärmepumpen in Österreich“	32

Zusammenfassung

Die Nachfrage nach Luftwärmepumpen ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Während im Jahre 2000 noch wenige Prozent der neu installierten Wärmepumpen Umgebungsluft als Medium für die Wärmebereitstellung nutzten, waren es 2014 bereits über 64%. 2014 dürfte die dabei installierte Heizleistung über 100 MW betragen.

Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

- a) Wie wirken sich Luftwärmepumpen auf das österreichische Stromnetz aus? Welche Erhöhung der Netzbelastung ist zu erwarten?
- b) Welche CO₂-Emissionen werden durch neu installierte Luftwärmepumpen durch die Stromerzeugung verursacht?

Luftwärmepumpen haben laut Feldmessungen eine durchschnittliche Arbeitszahl (Jahresarbeitszahl, JAZ) von maximal 3, wobei bei niedrigen Temperaturen, also bei steigendem Heizbedarf, die Effizienz der Wärmebereitstellung abnimmt. Bei sehr tiefen Temperaturen kommt in der Praxis zudem häufig zusätzlich ein Heizstab zum Einsatz, was die Spitzenstromnachfrage verstärkt. Somit erhöhen Luftwärmepumpen gerade in Zeiten mit der höchsten Leistungsnachfrage die Belastung des Energieversorgungssystems (Kraftwerke und Netze) zusätzlich. Dies verursacht volkswirtschaftliche Kosten.

Für die bis Ende 2014 in Österreich insgesamt installierten Luftwärmepumpen wurde anhand des Temperaturprofils der Jahre 2013 und 2014 die maximale Stromnachfrageleistung mit 320 MW bzw. 300 MW abgeschätzt.

Die durch die Luftwärmepumpen benötigte Leistungsnachfrage wurde der gesamten Stromleistungsnachfrage von Österreich gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Maximalleistung im österreichischen Stromnetz um rund 170 bis 180 MW erhöht wird. Diese Nachfrageleistung entspricht in etwa dem österreichischen Kohlekraftwerk Riedersbach II. Bedingt durch die Stromnachfragestruktur der Luftwärmepumpe erfolgt diese Erhöhung allerdings für weniger als 10 Stunde im Jahr. Zu Zeiten der Spitzennachfrage von Strom machen die Luftwärmepumpen damit rund 2% der Nachfrageleistung aus.

Der Strom, der für zusätzliche Luftwärmepumpen benötigt wird, verursacht CO₂-Emissionen in der Höhe von rund 650 g je kWh an Endenergie Strom. Dieser – im Vergleich zu oftmals angeführten CO₂ Werten, die auf einer Jahresdurchschnittsbetrachtung basieren – hohe Wert für den Stromeinsatz bei Wärmepumpen ergibt sich dadurch, dass nicht der Jahresmix der österreichischen Stromproduktion für die Bildung herangezogen wurde, sondern die Emissionen mit Hilfe eines Strommarktmodells für Österreich erhoben wurde. Dabei wurden sowohl der Einsatz der Primärenergie als auch die damit verbundenen Emissionen stundengenau berechnet.

Gegenüber fossilen Energieversorgungssystemen (z.B. Gaszentralheizung) ergibt sich bei Anwendung der Jahresarbeitszahlen, die auf Feldmessungen beruhen, keinen Vorteil hinsichtlich der CO₂-Emissionen. Als Primärenergiefaktor wurde ein Wert von ca. 2,4 ermittelt.

Bei der vorliegenden Kurzstudie handelt es sich um eine kompakte Zusammenfassung bekannter Daten und Fakten. Es haben sich aber bei der Zusammenstellung der Informationen zahlreiche Fragestellungen eröffnet.

Um die Auswirkungen der zusätzlichen Spitzennachfrage zu mindern, sollte im Heizungsfall zukünftig standardmäßig ein Wärmespeicher ein fixer Bestandteil der Luftwärmepumpen sein.

Nach Abschluss der Studie wurden 2 weitere Fragestellungen untersucht. Die Ergebnisse dieser Exkurse finden sich im Anhang.

Exkurs 1 hatte zum Ziel, den Effekt eines 25%igen Anteils von Luftwärmepumpen am gesamten österreichischen Wärmemarkt zu untersuchen. Dabei zeigte sich, dass dieses Szenario die Spitzenlast um 3,5 GW, das entspricht rund 35%, erhöhen würde. Die entsprechende elektrische Anschlussleistung der Wärmepumpen würde mit 5,4 GW der 2,5-fachen Spitzenleistung sämtlicher Donaukraftwerke entsprechen.

Im weiteren Exkurs 2 wurde untersucht, wie sich der Einsatz von Biomasseeinzelfeuerungen auf die Effizienz von Luftwärmepumpen auswirkt, wenn diese z.T. den Betrieb bei Minusgraden übernehmen. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich durch den Einsatz von Biomasseeinzelfeuerungen bei Minusgraden und einem Zeitraum von 5 h die Jahresarbeitszahl von Luftwärmepumpen um 2 bis 2,5% verbessern würde, das entspricht einer absoluten Verbesserung von rund 0,06 bis 0,07. Für den Fall, dass derartige Öfen den gesamten Betrieb unter 0° C übernehmen würde, stiege die JAZ der Luftwärmepumpen um 15,4% bzw. rd. 0,45.

Technologiebeschreibung

Das Prinzip der Wärmepumpe ist schon seit fast 200 Jahren bekannt und wurde anfänglich für Kältemaschinen eingesetzt. 1852 wurde nachgewiesen, dass Kältemaschinen auch zum Heizen verwendet werden können.

Dabei wird ein Medium mit Hilfe eines Kompressors (Abbildung 1) (4) unter Druck gesetzt. Dafür ist Energie meist in Form von Strom erforderlich. Durch die Druckerhöhung steigt die Temperatur des Mediums. Die nun im Medium enthaltene Wärme kann an einen zu erwärmenden Raum (Raumheizung) abgegeben (1) werden. Bei einer Drossel wird danach der vorhandene Druck wieder abgebaut (2), wobei auch die noch vorhandene Temperatur des Mediums weiter absinkt. Durch Umgebungswärme (3) erfolgt die Erhöhung der Temperatur, bevor der Prozess von neuem startet.

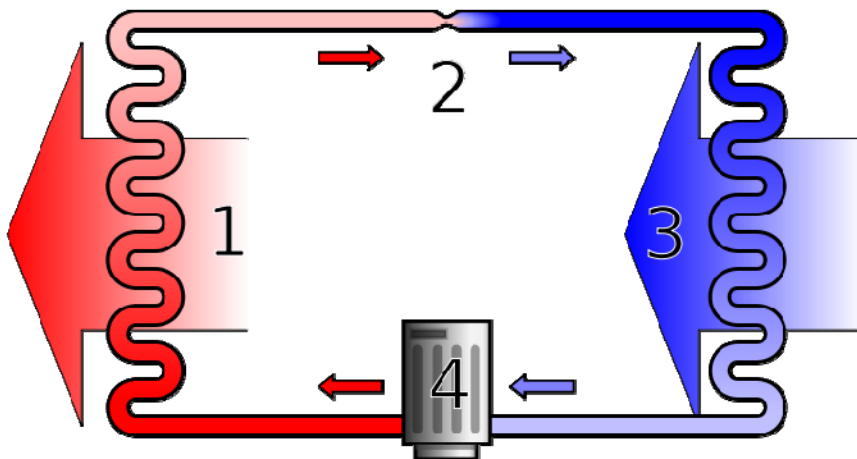


Abbildung 1: Wirkungsweise des Wärmepumpenprozess (Quelle: Wikipedia 2015).

Die Effizienz des Prozesses ist abhängig von der Temperaturerhöhung durch den Kompressor. Je geringer die Temperaturdifferenz ist, desto besser kann – bezogen auf den Antrieb für den Kompressor – der Strom in Wärme “verwandelt“ werden. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird durch den COP (Coefficient Of Performance, Leistungszahl), oder, bezogen auf den realen Betrieb, mit der JAZ (Jahresarbeitszahl) beschrieben.

Die Leistungszahl einer Wärmepumpe (COP), ist der Quotient aus der Wärme [W], die in den Heizkreis abgegeben wird, und der eingesetzten Energie (Q_c):

$$COP = W / Q_c$$

Formel 1

Bei einer Leistungszahl von 3,5 steht das 3,5-fache der eingesetzten Leistung als nutzbare Wärmeleistung zur Verfügung, der Zugewinn stammt aus der entzogenen Umgebungswärme. Die Leistungszahl hängt von der Höhe der oberen und unteren Temperatur und dem Verhältnis dieser beiden zueinander ab.

Die theoretisch maximal erreichbare Leistungszahl (COP_{max}) einer Wärmepumpe ist entsprechend dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik begrenzt durch den Kehrwert des Carnot-Wirkungsgrads η_C :

$$\text{COP}_{\text{max}} = \frac{1}{\eta_C} = \frac{T_{\text{warm}}}{T_{\text{warm}} - T_{\text{kalt}}} \quad \text{Formel 2}$$

In der Praxis erreichen die COPs der Wärmepumpe die Hälfte (0,45 bis 0,55) der theoretisch erreichbaren Werte.

Der JAZ ist definiert als das Verhältnis von erzeugter Wärme am Ausgang der Wärmepumpe zur notwendigen elektrischen Energie an deren Eingang, gerechnet über ein Betriebsjahr. Dieser Wert liegt in Abhängigkeit von der Nutzung sowie der Temperaturdifferenz in der Praxis im Bereich von 2 bis 5. Eine Jahresarbeitszahl von 4 bedeutet, dass aus einer kWh Strom das Vierfache an Wärme erzeugt wird.

Eine Differenzierung der Wärmepumpen erfolgt nach der Art der Wärmequelle, die wiederum einen Einfluss auf die JAZ hat:

- Außenluft,
- Abluft,
- Grundwasser,
- Oberflächenwasser,
- Erdwärme.

Bei der Außenluftwärmepumpe ist die Situation gegeben, dass keine konstante Umgebungswärme vorliegt. Vielmehr ist zum Zeitpunkt eines hohen Heizbedarfs durch die kalte Außenluft auch eine hohe Temperaturdifferenz zwischen der Außentemperatur (als Bezugstemperatur) und der Raumtemperatur (als Zieltemperatur) gegeben, wodurch sich die Leistungszahl reduziert.

Überblick über den Markt für Luftwärmepumpen

In folgendem Kapitel wird ein kurzer Überblick über die aktuelle Entwicklung des Marktes für Luftwärmepumpen dargestellt.

1.1 Marktentwicklung

Laut Biermayr et al. (2013) ist davon auszugehen, dass 2013 in Österreich rund 140.000 Wärmepumpen für Heizungen und 74.000 Wärmepumpen für die Brauchwassererwärmung vorhanden sind.

Die Marktentwicklung bei der Wärmepumpe war in den letzten Jahren sehr dynamisch. Zunächst hatte die Wärmepumpe einen relativ kleinen Marktanteil, hat sich dann aber zu einer relevanten Marktteilnehmerin entwickelt, deren Anteil an Installationen im Jahr 2013 bei rund 16,5% lag. Der Einsatz der Anlagen erfolgt dabei in etwa zu gleichen Teilen für den Neubau als auch Sanierungen.

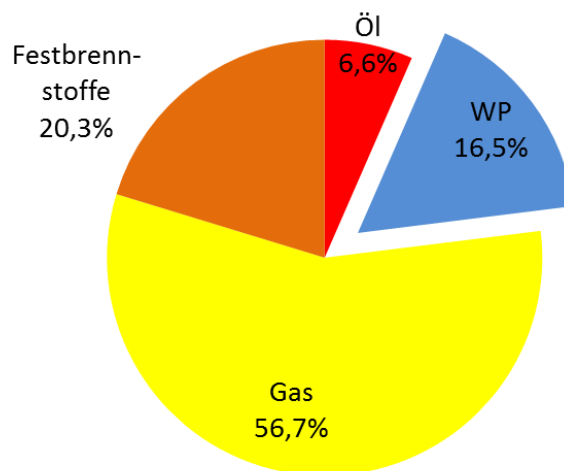


Abbildung 2: Heizungsmarkt in Österreich 2013 (Quelle: VÖK Verkaufserhebung 2013; Biermayr 2013; e7 Berechnungen 2015)

Auch innerhalb des Wärmepumpenmarktes kam es in den letzten Jahren zu einer deutlichen Verschiebung hinsichtlich der Wärmequellen. Während im Jahr 2000 der Anteil der Luftwärmepumpen bei den neu installierten Wärmepumpen einen Anteil von unter 10% hatte, waren es für das Jahr 2014 rund 64%. In Abbildung 3 ist die Entwicklung der letzten 15 Jahre (2005-2014) dargestellt. In den Jahren 1999 bis 2006 kam es zu einer stetigen

Zunahme der Nachfrage nach Wärmepumpen, wobei der Anteil der Luftwärmepumpen bei unter 20% blieb. Danach blieb die Gesamtnachfrage im Bereich von etwa 12.500 Stück, der Anteil der Luftwärmepumpe ist dabei kontinuierlich auf einen Wert von 64% im Jahr 2014 angewachsen.

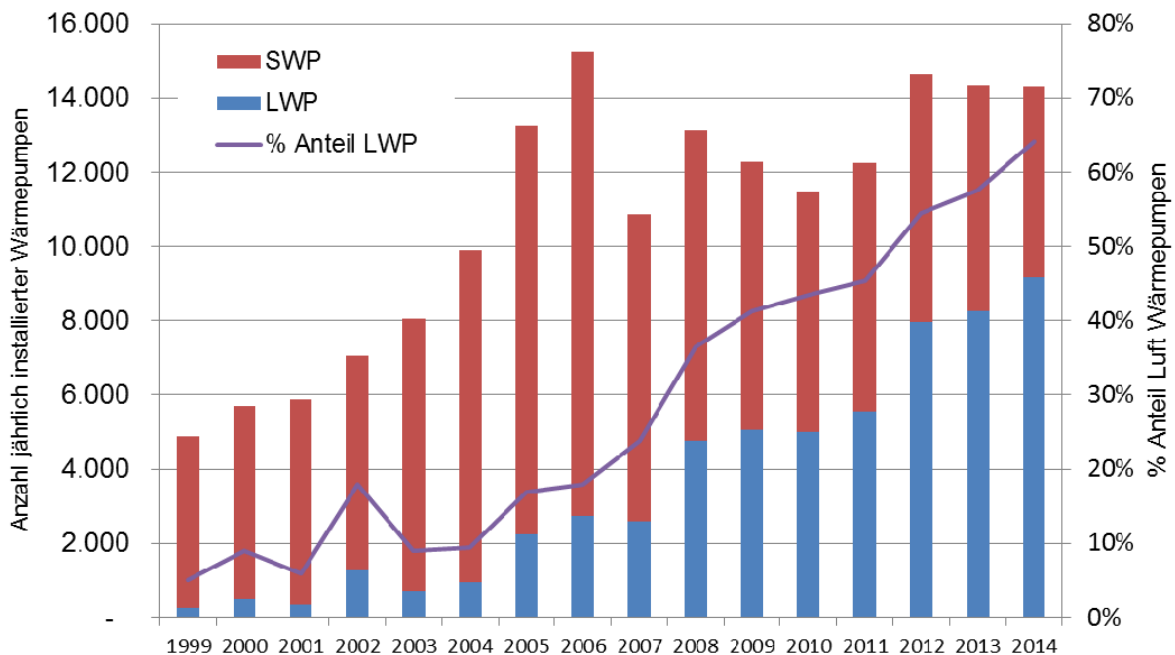


Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl der Wärmepumpeninstallationen in Österreich im Zeitraum 1999-2014 (LWP: Luftwärmepumpen; SWP: sonstige Wärmepumpen = keine Luftwärmepumpen) (Quelle: e7 auf Basis Biermayr 2013)

1.2 Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung

In der jährlich erscheinenden Marktstatistik zum Thema „Innovative Energietechnologien in Österreichs Marktentwicklung“ (Biermayr et al. 2013) werden für unterschiedliche Leistungsklassen die Anzahl der installierten Anlagen in Abhängigkeit der Wärmequellen dargestellt. Nach Meinung von Experten ist es möglich, die Größenordnung der jährlich installierten Heizleistung durch Luftwärmepumpen zu bestimmen. In Abbildung 4 ist die Zeitreihe der jährlichen Installationsleistungen und die aufsummierte Heizleistung ersichtlich.

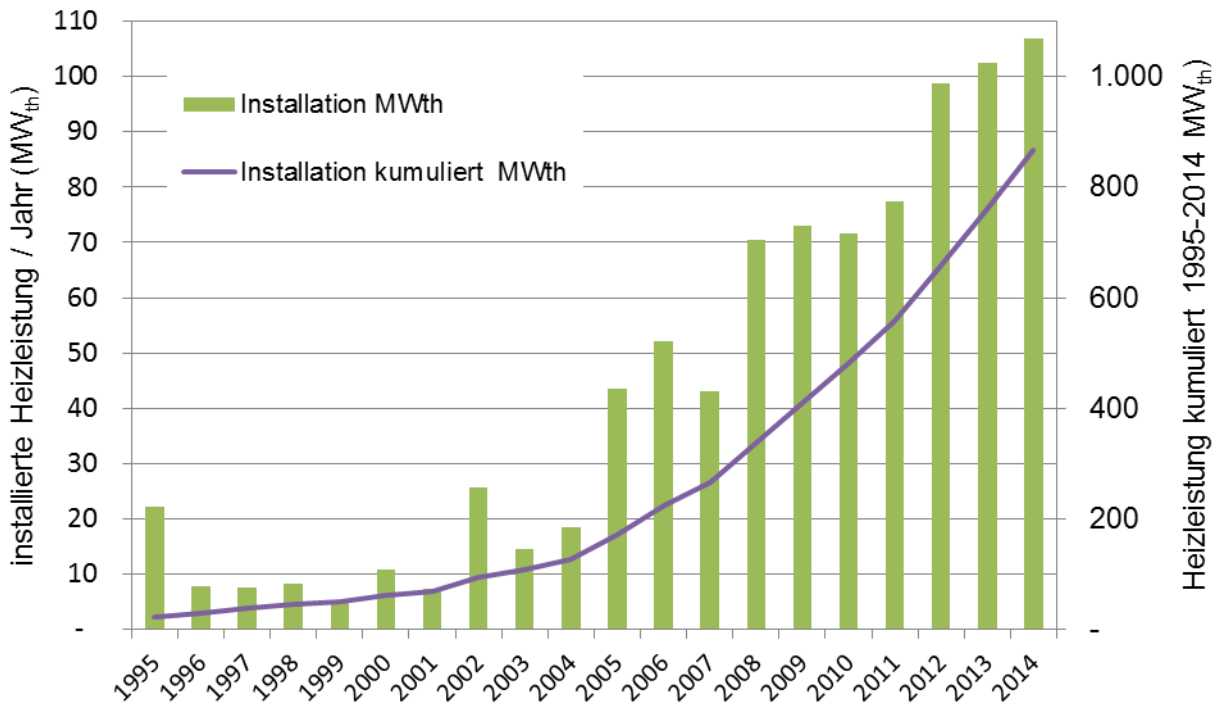


Abbildung 4: Entwicklung der installierten Heizleistung der Luftwärmepumpen in Österreich im Zeitraum 1995-2014 (Quelle: Biermayr et al. 2013, e7 Berechnungen 2015).

Da nicht davon auszugehen ist, dass alle Luftwärmepumpen Außenluft als Zuluft verwenden, sondern (industrielle) Abwärme nützen können bzw. einige Geräte bereits ausgefallen sind, wird für die Abschätzung der Heizleistung angenommen, dass die oben dargestellte Heizleistung in Abhängigkeit des Anlagenalters reduziert werden muss. Dadurch ergibt sich für Österreich eine relevante (kumulierte) Heizleistung für Luftwärmepumpen von 750 MW.

Dieser Wert stellt eine konservative Schätzung für die installierte Heizleistung für Luftwärmepumpen ohne Speicher dar und wird für die weiteren Analysen herangezogen.

1.3 Regionale Verteilung der Heizleistung

Um die Nachfragestruktur für die Heizleistung und somit die Auswirkungen auf die Netznachfrage nicht auf einen Standort und somit auf ein Temperaturprofil zu beziehen, wurde die ermittelte Heizleistung auf die neun österreichischen Bundesländer aufgeteilt. Innerhalb der Bundesländer erfolgte wiederum eine Untergliederung in die Einsatzgebiete Neubau und Sanierung von Einfamilienhäusern. Die Aufteilung erfolgte dabei auf Basis von Expertengesprächen und eigenen Berechnungen, wobei die Förderfälle Wärmepumpen (Biermayr et al. 2013) und die Wohnbauaktivitäten bei Ein- und Zweifamilienhäuser (Statistik

Austria) der letzten zehn Jahre herangezogen wurden. Dabei ist der Anspruch, die Heizleistung möglichst plausibel hinsichtlich der unterschiedlichen temperaturrelevanten Nachfragestrukturen in Österreich aufzuteilen.

	Installierte Heizleistung [MW]	Anteil Österreich [%]
Burgenland	53	7,1
Kärnten	56	7,4
Niederösterreich	240	31,9
Oberösterreich	185	24,6
Salzburg	30	3,9
Steiermark	74	9,9
Tirol	51	6,8
Vorarlberg	33	4,4
Wien	29	3,9
Österreich	750	100,0

Tabelle 1: Abschätzung der installierten Heizleistung Ende 2014 von Luftwärmepumpen (Quelle: e7 Berechnung 2015)

1.4 Exkurs: Deutschland

Laut BINE (2013) betrug im Jahr 2011 die elektrische Anschlussleistung aller in Deutschland installierten Wärmepumpen ca. 1,5 GW. Im Extremfall könnten diese Wärmepumpensysteme pro Tag 36 GWh elektrische Energie beziehen. Zum Vergleich: die Kapazität (2013) der in Deutschland installierten Pumpspeicherkraftwerke betrug etwa 40 GWh. Laut Bundesverband Wärmepumpe könnte sich die elektrische Anschlussleistung bis zum Jahr 2020 auf 4,4 GW erhöhen.

Review bestehender Studien

Um eine realitätsnahe, plausible Größenordnung für die Jahresarbeitszahl von Luftwärmepumpen zu erhalten, wurden aktuelle Studien analysiert. Dabei wurden insbesondere auch dokumentiert, wer Auftraggeber der Studie waren und welche Quellen für die angegebenen Effizienzwerte herangezogen wurden.

Folgende Arbeiten konnten als maßgeblich für diese Studie identifiziert werden (ein Überblick über die Studien findet sich im Anhang 1: Analyisierte Studien):

- Miara et al. 2014,
- Auer und Schote 2014a,
- Auer und Schote 2014b,
- Wagner et al. 2013,
- Danielski, Fröling und Joelsson 2012,
- Miara et al. 2011,
- Nabe et al. 2011 und
- Goers et al. 2009.

Einige Kernaussagen der analysierten Studien sind im Folgenden angeführt:

In der Studie Miara et al. (2014) wird eine steigende Effizienz bei den Systemen ermittelt. Die Studie wurde unter anderem von elf Wärmepumpenhersteller finanziert und fachlich begleitet. Für Luftwärmepumpen ergibt sich ein JAZ von 3,1, wobei der Großteil der untersuchten Wärmepumpen in Neubauten war.

Laut Auer und Schote (2014a und 2014b) sind Luft-Wärmepumpen in Hinblick auf den Beitrag zum Klimaschutz kritisch zu bewerten. In Feldmessungen wurde gezeigt, dass nur 3 von 24 untersuchten Luft-Wärmepumpen eine JAZ größer 3 erreicht haben. Leistungsmängel treten beispielsweise durch eine nicht optimale Auslegung auf, welche allerdings mit neuerer Technik und verbesserten Fachwissen die JAZ auf über 3,0 anheben könnte.

Wagner et al. (2013) geben eine JAZ von 3,1 für den Neubau und 2,8 für Bestandsgebäude an. Diese Werte stammen vom Bundesverband Wärmepumpe e.V. Die Autoren zeigen, dass in Deutschland der zusätzliche Jahresstrombedarf für Wärmepumpen im Jahr 2030 rund 13,5 TWh betragen wird, womit der Strombedarf aller Wärmepumpen rund 3,5 % des Gesamtstrombedarfs in Deutschland ausmachen könnte. Die Studie sieht jedoch Vorteile im Hinblick auf Treibhausgasemissionen und Primärenergieeinsatz, da aus Sicht der Autoren konventionelle Heizgeräte substituiert werden und zusätzliche erneuerbare Energie im Wärmesektor genutzt wird. Gegenüber einer Sole/Wasser-Wärmepumpe erhöhen sich die CO₂-Emissionen beim Einsatz einer Luft-Wärmepumpe um 20%, gegenüber einer

Wärmeversorgung durch einen Gas-Brennwert-Kessel mit solarer Trinkwassererzeugung verringern sich die CO₂-Emissionen um 14%.

Danielski, Fröling und Joelsson (2012) weisen darauf hin, dass der Einsatz von Luftwärmepumpen die Stromnachfrage reduzieren kann, wenn diese Stromheizungen ersetzen. Allerdings wird dadurch nicht die Spitzenlast reduziert. Generell gilt jedoch: Luftwärmepumpen können die Stromnachfrage sowie die Spitzenlast erhöhen.

Miara et al. (2011) ermittelten bei messtechnischen Untersuchungen von 18 Anlagen eine durchschnittliche Effizienz von 2,89. Die Studie weist darauf hin, dass Wärmepumpen ohne Pufferspeicher am effizientesten sind und dass Luft-Wärmepumpen gegenüber Wasser- und Erdreichanlagen deutliche Nachteile haben.

Nabe et al. (2011) zeigen, dass sich durch eine stromgeführte Fahrweise von Wärmepumpen 20% der verursachten CO₂-Emissionen reduzieren ließen. Als durchschnittliche JAZ von neu installierten Luft-Wärmepumpen werden mit Bezug auf den Bundesverband Wärmepumpe e.V. für den Neubau ein Wert von 3,18 und für die Sanierung ein Wert von 2,93 genannt.

Laut Goers et al. (2009) weisen die Systemkombinationen Luft/Wasser-Wärmepumpe + Elektroboiler und Luft/Wasser-Wärmepumpe + Solarthermie für das Szenario sanierter Altbau die höchsten Jahresgesamtkosten auf. Als Jahreskennzahlen werden für die Raumheizung 3,5 im Neubau und 3,0 bei der Sanierung herangezogen, die entsprechenden Werte für Raumheizung plus Warmwasser betragen 3,3 bzw. 2,8. Diese Werte stammen vom Bundesverband Wärmepumpe Austria.

Zusammenfassend kann gesagt werden: In denjenigen Studien, in denen Feldmessungen durchgeführt wurden, werden Jahresarbeitszahlen von 2,8 bis 3 genannt, wobei mit steigendem Heizbedarf die Effizienz der Wärmebereitstellung abnimmt. Allerdings beziehen sich die meisten Studien auf Werte, die vom Bundesverband der Wärmepumpen (Deutschland und Österreich) zur Verfügung gestellt wurden, verzichten also auf Messungen. Generell ist aber – wie bei allen Heizsystemen – eine höhere Effizienz durch Überprüfung und nachfolgende Justierung gegeben.

Erstellung eines typischen Stromnachfrageprofils von Luftwärmepumpen

Zur Darstellung und Analyse der Auswirkungen des Einsatzes von Luft-Wärmepumpen auf das österreichische Stromnetz wurden über den Zeitraum von zwei Jahre das Stromlastprofil der Luftwärmepumpen erstellt und in Relation zum österreichischen Stromnachfrageprofil gesetzt. Um möglichst realitätsnahe vorzugehen, wurden dabei die Jahre 2013 und 2014 herangezogen. Für diese Jahre sind sowohl detaillierte Temperaturprofile als auch die Stromnachfrageprofile des Stromnetzes vorhanden. Hinsichtlich der Leistung der Luftwärmepumpen wird die gesamte Ende 2014 installierte Anzahl der Luft-Wärmepumpen herangezogen.

1.5 Beschreibung des Systemansatzes

Für die Ermittlung des Lastprofils wurde wie folgt vorgegangen. Die ermittelte gesamte installierte Heizleistung wurde auf die einzelnen Bundesländer und wiederum in vier unterschiedliche Anwendungsfälle für die Luftwärmepumpe aufgeteilt. Dabei handelt es sich um die Anwendungsfälle:

- Einsatz bei der Sanierung von Gebäuden mit Baujahr 2005-2014,
- Einsatz im Neubau Raumheizung mit Warmwasser,
- Einsatz im Neubau Raumheizung ohne Warmwasser und
- Einsatz in Gebäuden mit Baujahr vor 2005.

Dadurch ergibt sich eine Einteilung in 36 Gruppen (4 Anwendungsfälle * 9 Bundesländer) die jeweils über die Heizleistung (MW) beschrieben wird.

Die Effizienz der Luftwärmepumpen ist abhängig von der Außentemperatur. Je niedriger die Außentemperatur, desto niedriger die Effizienz. In Abbildung 5 ist für den für verschiedene Nachfragestrukturen entsprechend der ÖNORM H 5056 dargestellt¹, welche Effizienz (COP) sich dabei ergibt. Ein COP von 3 bedeutet, dass mit einer kWh Strom 3 kWh Wärme erzeugt werden kann. Der COP sinkt somit mit abnehmender Außentemperatur und liegt bei Minusgraden je nach Anwendungsfall deutlich unter 3, z.T. sogar unter 2.

¹ Es wird davon ausgegangen, dass die ÖNORM H 5056 den idealisierten Nachfragezustand darstellt, der in der Praxis selten erreicht wird. Da jedoch keine anderen Vergleichswerte verfügbar sind, wurden diese Daten für die Berechnung herangezogen. In der Realität dürften die Werte (COP) geringer sein.

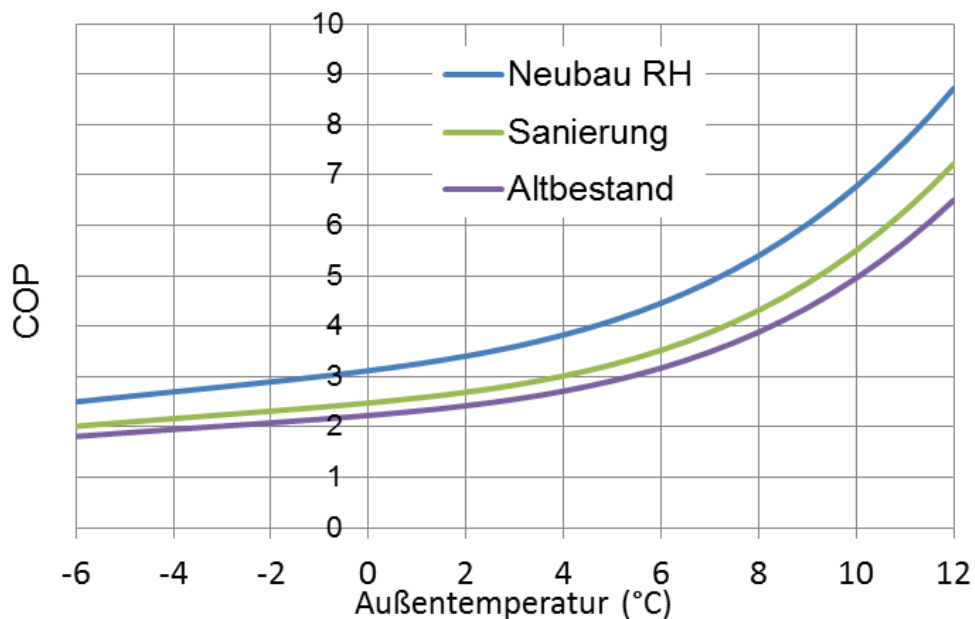


Abbildung 5: Abhängigkeit des COP Wertes von der Außentemperatur (Quelle: ÖNORM 2011, e7 Berechnung 2015).

Zur Modellierung eines realistischen Lastprofils der Wärmepumpen für Österreich wurden für alle 9 österreichischen Bundesländer das Profil der Tagesdurchschnittstemperaturen für die Jahre 2013 und 2014 herangezogen. Die gewählten Orte lagen dabei zumeist im Umfeld der Landeshauptstädte.

Über die Temperaturen ergibt sich der Bedarf an der täglichen Heizleistung, wobei die Heizkurven je nach Bundesland auf -12°C oder -14°C so eingestellt, dass bei den angeführten Temperaturen die maximale Heizleistung zur Verfügung steht.

In Abbildung 6 ist dargestellt, wie sich bei gegebener Außentemperatur die Heiz- und die Stromleistung für Luftwärmepumpen entwickeln. Daraus ergibt sich die in Abbildung 6 dargestellte Stromnachfrage (rote Linie) in Abhängigkeit der Außentemperatur. Diese Darstellung erfolgt für alle vier gewählten Anwendungsfälle der Luftwärmepumpen. Durch die Verschlechterung der Effizienz der Wärmepumpen bei niedrigen Temperaturen steigt die Stromleistung bei sinkenden Temperaturen überproportional im Vergleich zur Heizleistung. Dies wirkt sich letztlich in einer stark ausgeprägten Spitzennachfrage aus. So wird bei -5°C das zehnfache an Strom benötigt wie bei 12°C . Die Heizlast steigt dabei aber lediglich beim dreifachen.

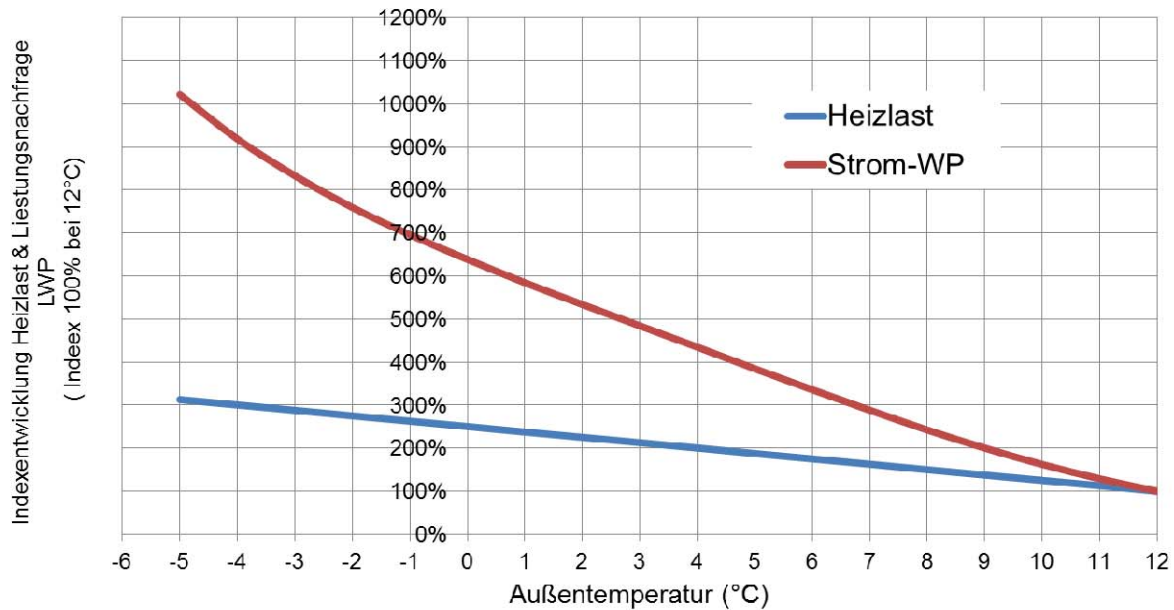


Abbildung 6: Abhängigkeit der Heizlast und der Stromnachfrage von der Außentemperatur (Quelle: ÖNORM 2011, e7 Berechnung 2015).

Sowohl die Modellierung der täglichen Wärmenachfrage als auch die Aufteilung dieser Nachfrage auf die einzelnen Tagesstunden in Abhängigkeit der Außentemperatur erfolgte für alle Bundesländer und Anwendungsfälle gesondert anhand der Lastprofile nicht-gemessener Gaskunden². Anhand der sogenannten neuen Sigmoidfunktion³ 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 einzelne Stunden aufteilen. Für die vorliegende Studie wird vereinfachend angenommen, dass die Gasnachfrage direkt proportional zur Wärmenachfrage ist und die Wärmenachfrage bei Haushalten mit einer Gasheizung ident ist wie bei Haushalten mit Luft-Wärmepumpen. Aus der Verknüpfung der Wärmenachfrage mit der temperaturabhängigen Effizienz der Luft-Wärmepumpen konnte dann das entsprechende Stromlastprofil abgeleitet werden. Diese Stromlastprofile wurden für alle 9 Bundesländer und jeweils alle 4 Anwendungsfälle für 15-Minuten-Intervalle berechnet. Letztlich lagen 36 Einzellastprofile vor, die aufsummiert das gesamt-österreichische Stromnachfrageprofil für alle installierten Luft-Wärmepumpen ergeben.

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.

³ Eine Sigmoidfunktion, Schwanenhalsfunktion oder S-Funktion ist eine mathematische Funktion mit einem S-förmigen Graphen.

1.6 Auswirkungen auf das österreichische Lastprofil

Anhand des oben skizzierten Ansatzes ergibt sich ein Lastverlauf der Stromnachfrage auf Basis der Ende 2014 installierten Luft-Wärmepumpen, wobei für die Ermittlung der Nachfrage die Tagesmitteltemperaturen der Jahre 2013 und 2014 herangezogen wurden.

Welche Auswirkungen hat nun die Stromnachfrage, die mit dem Einsatz der Luftwärmepumpe in Österreich verbunden ist? Um diese Frage zu beantworten, wurde das 15-Minuten-Lastprofil mit dem gesamten Strom-Lastprofil für Österreich verknüpft. Es zeigt sich, dass durch den Einsatz der Luft-Wärmepumpen eine um rund 175 bis 200 MW höhere Spitzenleistung gegeben ist. Dies macht rund 1,8% der gesamten Netznachfrage aus. Zum Vergleich: Diese Leistung entspricht in etwa dem österreichischen Kohlekraftwerk Riedersbach II.

Die wesentlichen Auswirkungen sind für die Jahre 2013 und 2014 in Tabelle 2 zusammengefasst. Die angeführte Maximalleistung entspricht der maximalen Endnachfrage beim Endkunden. Um die dafür erforderliche Stromerzeugung zu ermitteln, müssen dazu noch die Netzverluste berücksichtigt werden, die im Bereich von 3 bis 5% liegen.

Im Jahre 2013 betrug die maximale Leistungsnachfrage durch Luftwärmepumpen 322 MW, im Jahr 2014 waren es 299 MW. Diese Unterschiede erklären sich aus den unterschiedlichen Temperaturverläufen der Untersuchungsjahre.

Ausgehend vom Temperaturprofil für 2013 und 2014 ergibt sich damit ein Stromverbrauch für Luft-Wärmepumpen für das Jahr 2013 von 581 GWh und 2014 von 424 GWh.

Die durchschnittliche Netzerhöhung gibt an, um wieviel die Netzbelastung bei den 50 Stunden mit der höchsten Leistungsnachfrage im Durchschnitt höher war.

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

Tabelle 2: Auswirkungen der LWP auf das österreichische Stromnetz 2013 und 2014

Der Vergleich der beiden Jahre zeigt die Problematik der Forcierung der Luft-Wärmepumpe deutlich auf. Luft-Wärmepumpen 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 Verfügung stehen müssen.

In Abbildung 7 ist exemplarisch für ausgewählte Tage im Dezember 2013 die Leistungsnachfrage mit (blaue Linie) und ohne Luft-Wärmepumpe (rote Linie) dargestellt. Die höchsten Differenzen zwischen den Kurven ergeben sich jeweils um ca. 6:00 Uhr.

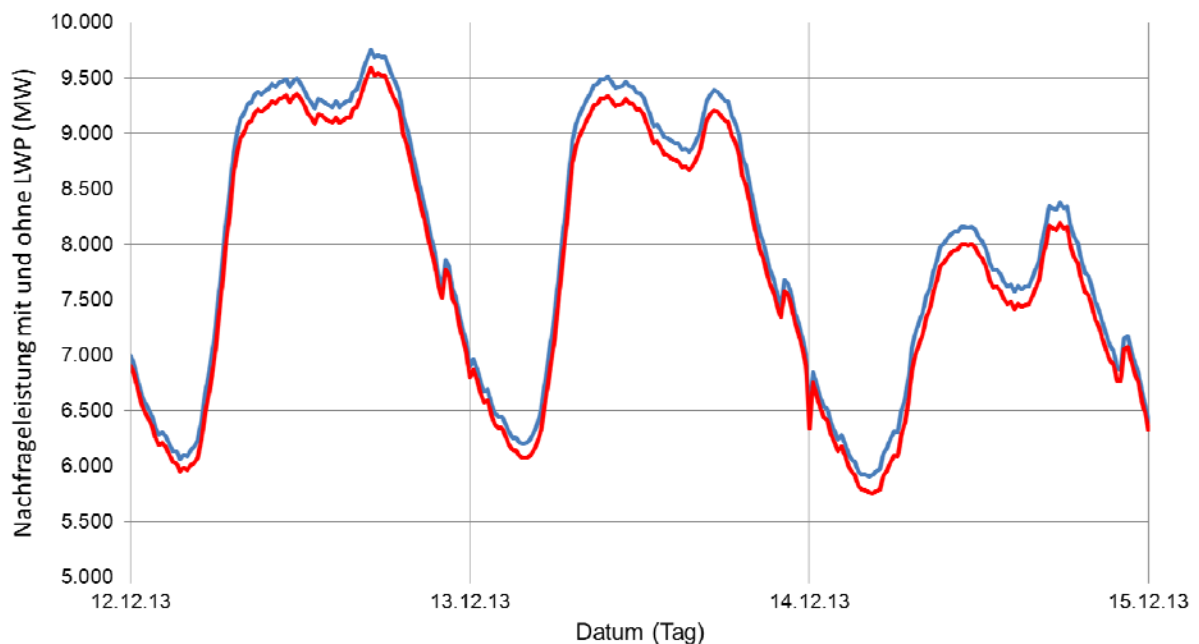


Abbildung 7: Leistungsnachfrage in Österreich im Dezember 2013 mit (blaue Linie) und ohne (rote Linie) Nachfrage Luft-Wärmepumpe (Quelle: e7 Berechnung 2015).

In Abbildung 8 und Abbildung 9 sind für die Jahre 2013 und 2014 die Leistungsabnahme ohne Luftwärmepumpe (rote Linie) geordnet nach der Größe absteigend für die 500 Stunden mit der größten Leistungsnachfrage dargestellt. Die blaue Linie stellt jeweils für dieselben Zeitpunkte die Gesamtnachfrage in Österreich inklusive Luft-Wärmepumpe dar. Es zeigt sich deutlich, dass es zur Spitzenzeiten zu einer Erhebung der Leistung durch die Luft-Wärmepumpen kommt.

Die blaue Linie (österr. Netz) liegt weniger als 10 Stunden über der Maximalleistung der roten Kurven (österreichisches Netz ohne LWP). Dies kann als Indikator gesehen werden, wie stark ausgeprägt die Spitzenleistung ist. Für weniger als 10 Stunden muss eine zusätzliche Leistung von 175 bis 200 MW zur Verfügung gestellt werden.

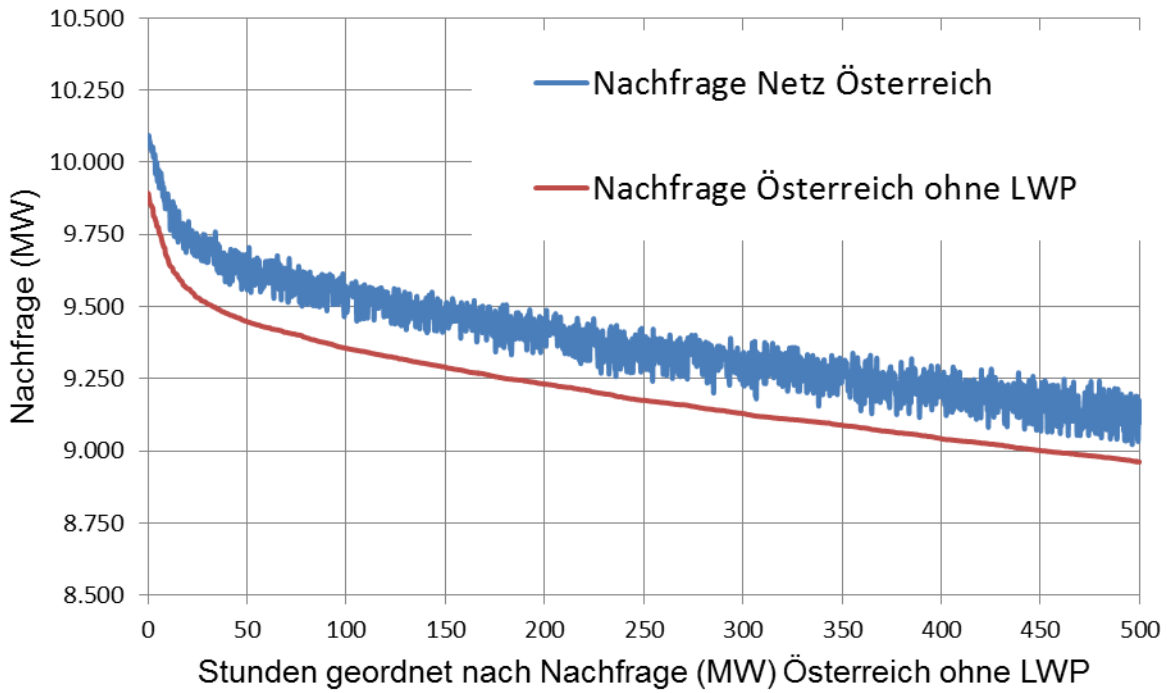


Abbildung 8: Leistungsaufnahme für die 500 Stunden mit der größten Leistungsnachfrage 2013 (Quelle: e7 Berechnungen 2015)

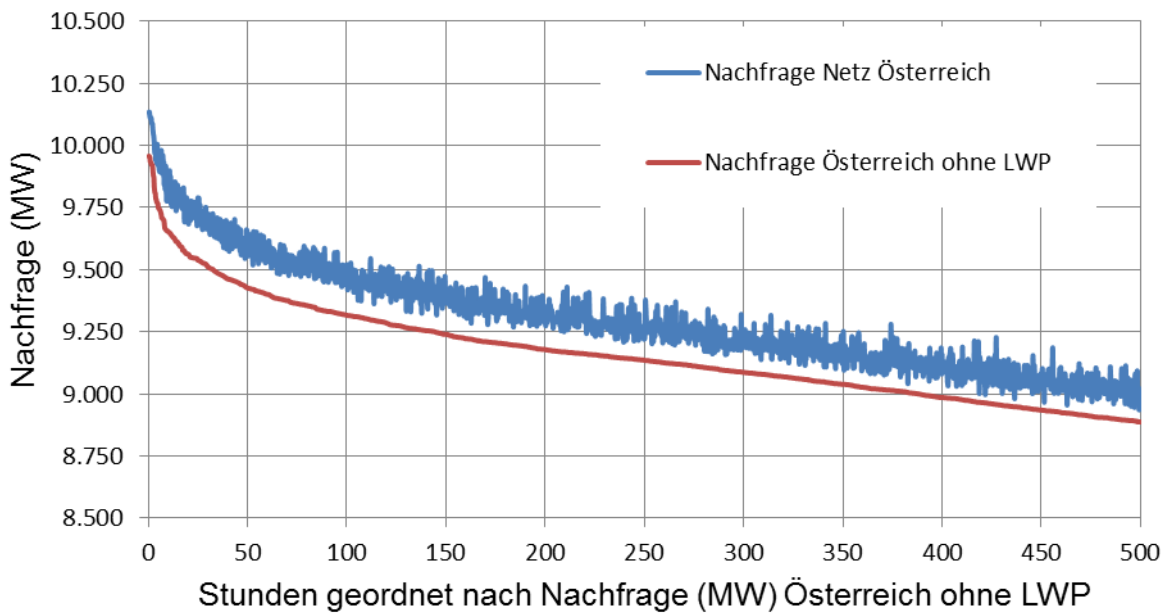


Abbildung 9: Leistungsaufnahme für die 500 Stunden mit der größten Leistungsnachfrage 2014 (Quelle: e7 Berechnungen 2015)

1.7 Auswirkungen Heizstab

Bei vielen Luftwärmepumpen ist es üblich, für Tage mit sehr niedrigen Außentemperaturen die erforderliche Spitzenleistung durch einen integrierten Heizstab zur Verfügung zu stellen. Dadurch lässt sich die Wärmepumpe kleiner dimensionieren, was sich in verringerten Investitionskosten niederschlägt. In Summe ist aber davon auszugehen, dass durch diese Systemkonfiguration die Jahresarbeitszahl der Luft-Wärmepumpe weiter sinkt und der Effekt der Spitzenlast verstärkt wird⁴.

Im Rahmen der Betrachtung lagen jedoch dazu keine Informationen über die direkten Auswirkungen vor, noch traten sehr tiefe Temperaturen im Betrachtungszeitraum 2013 und 2014 auf. Für die Modellierung der Auswirkungen auf das Stromnetz und die Emission von Treibhausgasen wurde daher diese Konfiguration außer Acht gelassen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die bereits erwähnten Effekte (starke Erhöhung der Spitzenleistung für sehr kurze Zeitintervalle) dadurch verstärkt werden und noch höhere Leistungsreserven bereitgestellt werden müssen.

1.8 PV-Anlagen und Luftwärmepumpen

Des Öfteren wird als Argument für die Luft-Wärmepumpe angeführt, dass die Kombination einer Luft-Wärmepumpe mit einer vorhanden Photovoltaikanlage eine nachhaltige und vorbildhafte Lösung darstellt.

In der Praxis wird dabei im Sommer der überschüssig erzeugte Strom ins Netz eingespeist und im Winter wiederum aus dem Netz bezogen. Diese Jahresbilanzbetrachtung muss kritisch gesehen werden, da in Zeiten hoher Stromnachfrage – im Winter am Vormittag und am Abend – nur sehr wenig oder kein PV-Strom zur Verfügung steht. Für eine „energieautarke“ bzw. nachhaltige Lösung müsste der benötigte Strom für die Luft-Wärmepumpe im System Gebäude bleiben und entsprechend der Nachfrage erzeugt werden, was ohne Stromspeicher (Batterie etc.) nur sehr schwer zu erreichen ist.

Abbildung 10 zeigt, wie sich die monatlichen Stromerträge einer PV-Anlage auf die einzelnen Monate aufteilen. Ergänzend wird als Abbild der Wärmenachfrage die Darstellung die monatliche Gradtageszahl dargestellt. Es ist gut ersichtlich, dass die Erzeugung des PV-Stroms genau gegenläufig zum Heizbedarf ist.

⁴ Teilweise erfolgt sogar eine bewusste Unterdimensionierung der Anlage unter Ausnutzung des Heizstab, wie eine Erhebung bei Wärmepumpenunternehmen ergab: „... unterdimensionierte Auslegung zur Effizienzsteigerung der Anleitung an 90% der Wintertage. Fehlende Abdeckung wird durch einen elektrischen Zuheizung ergänzt.“ (Zitat eines befragten WP-Erzeuger)

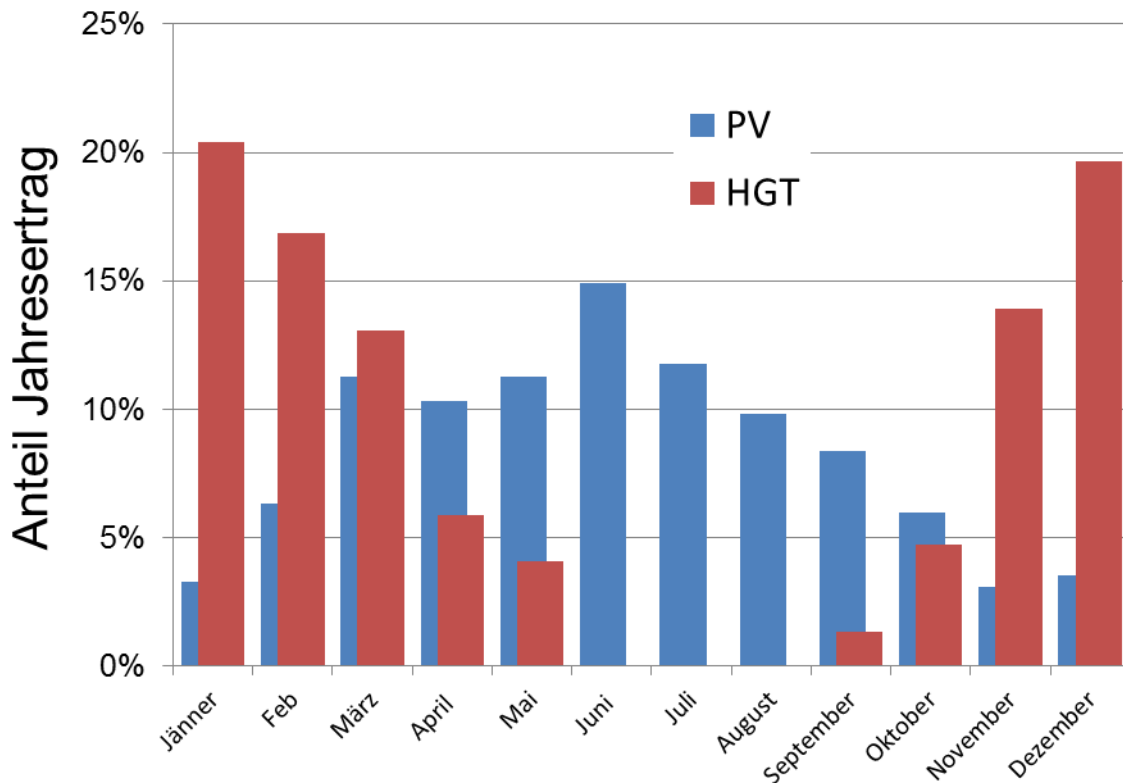


Abbildung 10: Verteilung der Jahreswärmenachfrage (HGT) und des Ertrags einer PV Anlage (realer Standort) für das Jahr 2014 (Quelle: e7 Berechnungen 2015)

Um nun wirklich die Stromnachfrage durch ein PV zu decken, muss die PV-Anlage sehr groß ausgelegt werden. Eine grobe Abschätzung für eine 5 kW Luft-Wärmepumpe ergibt, dass die erforderliche PV-Anlage ungefähr $45 \text{ kW}_{\text{peak}}$ (entspricht ca. 350 m^2) groß sein müsste. Dabei wird davon ausgegangen, dass an jedem Wintertag die PV-Anlage ihren Ertrag liefert.

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. Somit sind hier zusätzlich Batterien notwendig, die die notwendigen Reserven für diese Zeit bereitstellen sowie ein Speichervermögen über mehrere Tagen aufweisen.

Es kann deshalb nicht davon ausgegangen werden, dass in der propagierten Kombination Luft-Wärmepumpe mit einer PV-Anlage zusätzliche nachhaltige und vorbildhafte Aspekte vorliegen.

CO₂-Emissionen des Einsatzes der Luftwärmepumpe

Im Folgenden soll analysiert werden, welche CO₂-Emissionen durch den Einsatz des Stromes für einen realen Betrieb von Luft-Wärmepumpen verursacht werden. Dabei wurde im Gegensatz zum meist angewandten Jahresbilanzverfahren eine detaillierte Modellierung des gesamten österreichischen Strommarktes auf Stundenebene herangezogen.

1.9 Herleiten des CO₂-Emissionsfaktors

Um die CO₂-Emissionen durch den Einsatz der Luft-Wärmepumpen bestimmen zu können, wurden der Einsatz des österreichischen Kraftwerksparks für die Jahre 2013 und 2014 modelliert⁵. Dabei wurden für den bestehenden Lastverlauf der Jahre 2013 und 2014 der österreichischen Stromnachfrage auf Stundenebene die jeweilige Leistung der eingesetzten Kraftwerke und die damit verbundenen CO₂-Emissionen ermittelt.

Die Analyse der Daten zeigte, dass sich die Veränderung der Nachfrage fast vollständig in der Veränderung der Leistung beim Betrieb von Gas- und Steinkohlekraftwerken widerspiegelt. Durch die Marktregeln des Strommarktes (Merit-Order) ergibt sich für die Stromproduktion durch erneuerbare Energien bei einer Veränderung der Nachfrage keine Leistungsänderung, was auch für einige fossile Kraftwerkstypen gilt. Diese haben somit auf die CO₂-Emission durch den Einsatz von Luftwärmepumpen keinen Einfluss. Die hohe Komplexität der Modellierung legte es nahe, zur Vermeidung von Modellartefakten den inländischen Strommarkt für die Berechnung heranzuziehen und die Importe oder Exporte von Strom zu vernachlässigen. Netzverluste wurden in der Berechnung mit einem Wert von 3% berücksichtigt.

Für die Ermittlung des Emissionsfaktors für CO₂ wurden die Stundenwerte der CO₂-Emissionen, die durch den Betrieb der Luft-Wärmepumpen verursacht werden für das gesamte Jahr aufsummiert und mit dem entsprechenden Stromverbrauch (Endenergie) in Verbindung gesetzt. In Tabelle 3 sind dazu die wichtigsten Werte angeführt.

Zusätzlich zur oben beschriebenen Berechnung der CO₂-Emissionsfaktoren wurden weitere Szenarien mit unterschiedlichen Verhältnissen zwischen den Energieträgern Gas und Steinkohle betrachtet. Dabei zeigte sich, dass die Streubreite der Emissionsfaktoren zwischen 600 und 730 g pro kWh liegt. Für die weitere Analyse wurde der Wert für 2014, also 642 g pro kWh herangezogen.

⁵ Die Berechnungen dafür wurden durch die PROGNOSE AG spezifisch für diese Fragestellung durchgeführt.

Die Berechnung des Primärenergiefaktors erfolgte durch Division

	Referenzjahr 2013	Referenzjahr 2014
CO ₂ -Emissionsfaktor Jahresbilanz gesamter Stromverbrauch Österreich [g/kWh Strom Endenergie]	131	123
CO ₂ -Emissionsfaktor Luft-Wärmepumpe Stundenbilanzverfahren [g/kWh Strom Endenergie]	652	642
Primärenergiefaktor Luftwärmepumpe	2,43	2,41

Tabelle 3: CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren für Strom für den Einsatz Luftwärmepumpen (Quelle: e7 auf Basis Berechnung Prognos Deutschland).

Die CO₂-Werte weichen deutlich von den üblich angesetzt Emissionswerten für den Strom in Österreich ab. Ursache dafür ist, dass der gewählte Ansatz nicht die Jahresbilanz der Gesamtstromproduktion heranzieht, sondern im Detail und auf Stundenebene analysiert, welche Kraftwerke jeweils in Betrieb sind, um eine entsprechende zusätzliche Nachfrage zu befriedigen.

1.10 Vergleich der CO₂-Emissionen für Luft-Wärmepumpen mit denjenigen anderer Energieversorgungssysteme

Da die Luft-Wärmepumpe vor allem für das Heizen eingesetzt wird, wird in Folge ein Vergleich den CO₂-Emissionen die von Energieversorgungssystemen, die mit fossilen Energieträgern Gas und Heizöl betrieben werden. Ein Vergleich mit biogenen Brennstoffen (z.B. Pellets) ist auf Grund der CO₂-Freiheit dieser Brennstoffe nicht zweckmäßig.

In Abbildung 11 ist der Vergleich dargestellt. Bei einem für Luftwärmepumpen mit einem angenommen JAZ von 3 ist eine Gasheizung ab 91,4% Jahresnutzungsgrad CO₂-„freundlicher“, bei einer JAZ von 2,8 würde ein Jahresnutzungsgrad von 86,4 bei der Gasheizung bedeuten, dass beide Wärmeversorgungssysteme bezüglich ihrer verursachten CO₂-Emissionen ident sind. Geht man für Luftwärmepumpen von JAZ zwischen 2,8 und 3,0 im realen Betrieb aus, so haben Ölheizungen deutlich höhere CO₂ .Emissionen. Bei Ölheizungen mit einer Effizienz von 95%, müsste die JAZ der Luft-Wärmepumpe bei unter 2,25 liegen, damit die Ölheizung bezüglich der verursachten CO₂-Emissionen einen Vorteil brächte.

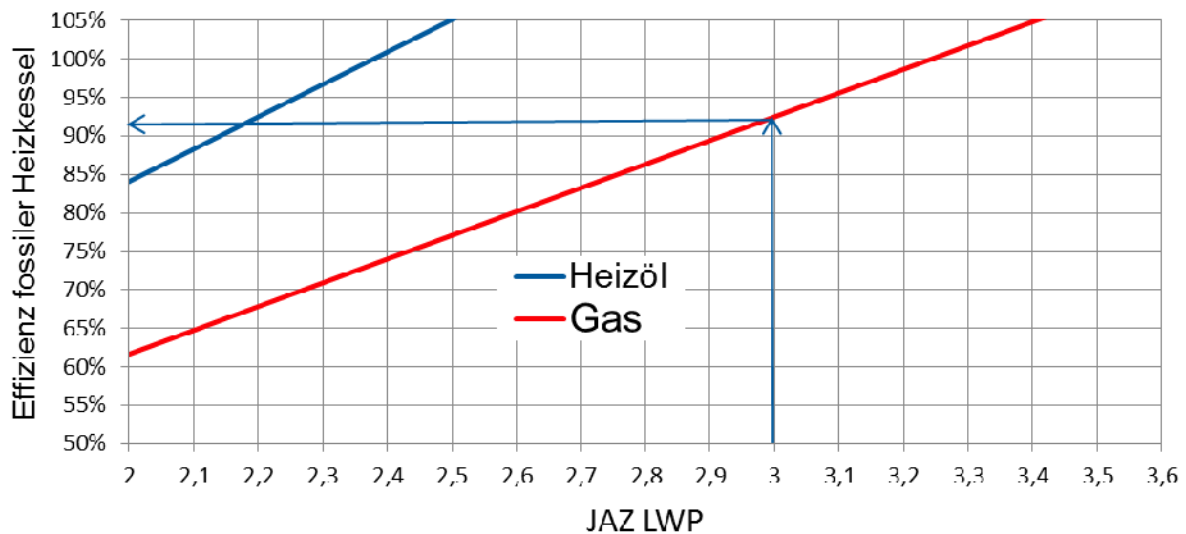


Abbildung 11: Vergleich der CO₂ Emissionen (Strom 642 gr/ kWh) in Abhängigkeit der Effizienz (Quelle: Berechnungen e7).

In Abbildung 12 stellte eine andere Darstellung des oben erläuterten Vergleiches dar. Dabei wird für die Jahresarbeitszahl von 3 gezeigt, bei welchem CO₂-Emissionsfaktor für Strom die gleiche Menge an CO₂-Emissionen beim Einsatz von Energieversorgungssystemen, die mit fossile Energieträgern betrieben werden, auftreten. Ein Beispiel: Bei einem CO₂-Emissionsfaktor von 642 g je kWh muss ein Gaskessel ein Jahresnutzungsgrad größer 91,4% aufweisen, um weniger CO₂ als die Luft-Wärmepumpe zu erzeugen. Unter den Gegebenen Rahmenbedingungen sind für Öl keine realistischen Betriebszustände möglich, die einen Vorteil für die Öl-Heizung ergeben.

Hingegen ist bei Gas sogar ein CO₂ Vorteil gegeben. Hier ist für neue Gas-Brennwertgeräte ein Jahresnutzungsgrad von größer 95% zu erwarten.

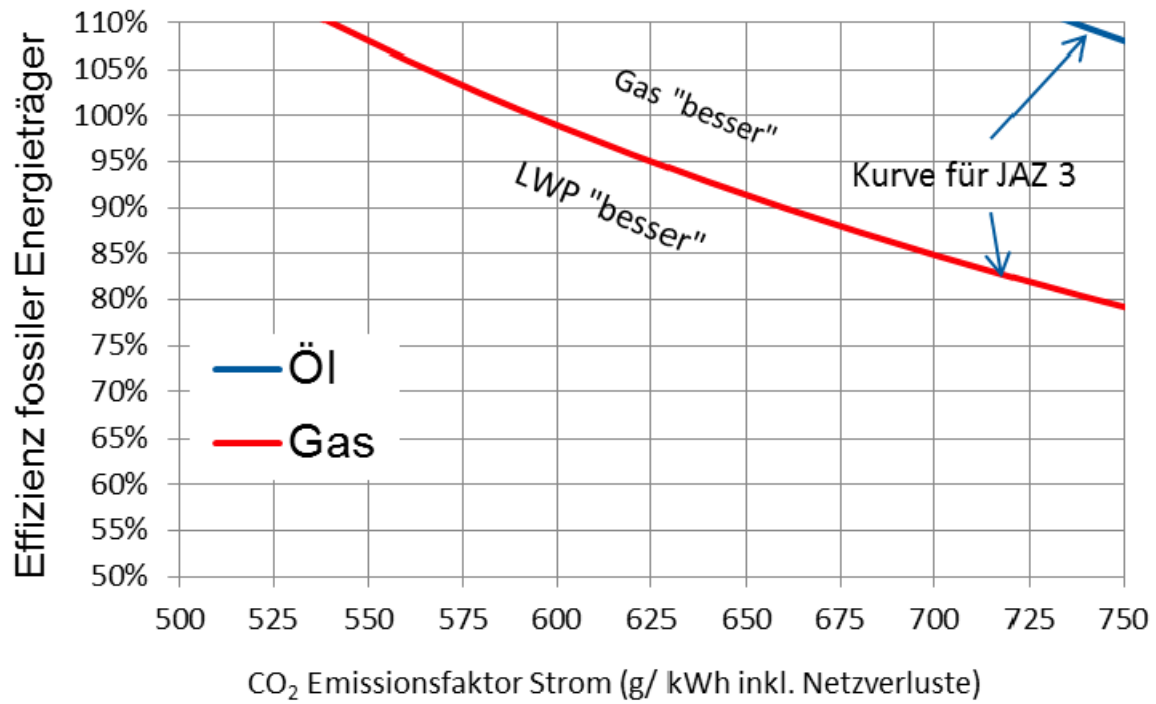


Abbildung 12: Vergleich der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit der Effizienz (Quelle: Berechnungen e7).

Zusammenfassung und abschließende Empfehlungen

Diese Kurzexpertise hat zum Ziel, anhand vorhandener Informationen und Studien die Problematik des forcierten Einsatzes der Luftwärmepumpen darzustellen. Ergänzt wurden diese Erkenntnisse um eine detaillierte Modellierung der durch die Luftwärmepumpen verursachten CO₂-Emissionen im österreichischen Kraftwerkspark. Dabei haben sich zahlreiche Fragestellungen und Empfehlungen ergeben, die zusammengefasst hier angeführt werden. Die Autoren sind sich bewusst, dass mit dieser Kurzexpertise eine kritische Diskussion angestoßen werden kann.

Es wird hier noch einmal darauf verwiesen, dass diese Kurzstudie die Situation für die Jahre 2013 und 2014 beschreibt.

Die wesentlichen Erkenntnisse der Kurzexpertise im Überblick

- Derzeit wird bei Wärmepumpen häufig von einer Arbeitszahl von 4 gesprochen, während Feldtest für Luft-Wärmepumpen eine reale, mittlere Jahresarbeitszahl im Bereich von 2,8 bis 3,0 ergeben.
- Teilweise ist der Eindruck gegeben, dass bei der Darstellung der Wärmepumpen bewusst auf eine Differenzierung nach der Art des Wärmemediums verzichtet wird.
- Durch den spezifischen Lastverlauf der Luft-Wärmepumpen erhöht sich die Netzbelastung (Spitzenlast) durch den Luft-Wärmepumpen-Bestand des Jahres 2014 um bis zu 200 MW, das sind knapp 2% der österreichischen Spitzenlast. Diese 2% sind auch unter dem derzeit geringen Leistungsanteil der LWP am österr. Raumwärmemarkt zu betrachten.
- Für eine realistische ökologische Bewertung von Energieversorgungssystemen sollte auf Emissionsfaktoren zurückgegriffen werden, die auf detaillierten Analysen (Modellierungen) basieren.
- Im Vergleich zu Ölheizungen können Luft-Wärmepumpen auf Vorteile in Hinsicht auf die Emission von CO₂ verweisen, bei Gasheizungen hängt das Ergebnis der Bewertung von der spezifischen Konstellation ab. Beide Energieversorgungssysteme haben ähnliche Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen.

Weitere zu bearbeitende Fragestellungen

- Die Auswirkungen der Luft-Wärmepumpe auf die Spitzennachfrage und die dafür bereitzustellenden Kraftwerkskapazitäten sollten detaillierter untersucht werden.

- Die Auswirkungen von Luft-Wärmepumpen, die mit einem elektrisch betriebenen Heizstab, der bei niedrigen Temperaturen zum Einsatz kommt, betrieben werden, sollte verstärkt aus Sicht der Leistungsnachfrage analysiert werden. Wichtig wären bei dieser Fragestellungen zusätzlich Messreihen.
- Nachdem Luft-Wärmepumpen und Gasheizungen aus Sicht der CO₂-Emissionen sehr ähnlich sind, sollten Systemkonfigurationen entwickelt und untersucht werden, die sich positiv auf diese Emissionen auswirken (das betrifft insbesondere die Warmwassererzeugung, der Einsatz von Speichern, die Nutzung von Abluft etc.).
- Systemkonfiguration mit biogenen Energieträgern (CO₂-Neutralität) sollten verstärkt als Option näher analysiert werden.

Abschließende Empfehlungen

- Bei der Diskussion über Wärmepumpen sollte **stärker zwischen den Wärmequellen differenziert** werden.
- Die Beurteilung von Wärmeversorgungssysteme erfordert **Daten aus dem Realbetrieb**. Prüfstandsmessungen sind dazu nur bedingt geeignet.
- Luft-Wärmepumpen mit einer realen Jahresarbeitszahl von 2,8 bis 3,0 sind im Hinblick auf die verursachten CO₂-Emissionen weitgehend gleichwertig mit modernen Gasheizungen. Die Charakterisierung der Luft-Wärmepumpen unter aktuellen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen als **nachhaltiges Heizsystem sollte daher hinterfragt werden**.
- Luft-Wärmepumpen sollten aufgrund ihrer starken Auswirkungen auf das Lastprofil mit **Wärmespeichern** versehen werden, bzw. sollte für diese Möglichkeit bestehen, Luftwärmepumpe zu Spitzenzeiten vom Netz zu nehmen.
- Ein weiteres Wachstum der Luft-Wärmepumpen sollte auch unter dem Aspekt der **Auswirkungen der kurzfristigen Leistungsnachfrage am Strommarkt analysiert** werden.

Literaturverzeichnis

Auer, F. und Schote, H. (2014a): Wärme aus der Umwelt auch gut für die Umwelt? Ergebnisse einer siebenjährigen Praxisuntersuchung: Erdgekoppelte Wärmepumpen sparen deutlich Primärenergie ein Kritische Bewertung von Luft-Wärmepumpen. Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald). URL: www.agenda-energie-lahr.de.

Auer, F. und Schote, H. (2014b): Die Energieeffizienz der Kompakt – Luft-Wärmepumpe Nr. 2101 mit kontrollierter Wohnraumlüftung, Wärmerückgewinnung, Warmwasserbereitung und Solaranlage in Schwanau – Ottenheim (Oberrhein). Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie der Stadt Lahr (Schwarzwald). URL: www.agenda-energie-lahr.de.

Biermayr, P. et al. (2013): Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2013. BMVIT. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 26/2014. URL: <http://tinyurl.com/pwsy3z6>.

BINE (2013): Die Wärmepumpe im Stromnetz. URL: http://www.energieinstitut.at/tools/machvier/doc/BINE_WP_Effizienz_reale_Bedingungen.pdf.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. (2009): BWP-Branchenstudie 2009 - Szenarien und politische Handlungsempfehlungen. Berlin.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. (2011): BWP-Branchenstudie 2011 - Szenarien und politische Handlungsempfehlungen. Berlin.

Danielski, I., Fröling, M. und Joelsson, A. (2012): Air source heat pumps and their role in the Swedish energy system. The 18th Greening of Industry Network conference. October 2012. Sweden. URL: <https://gin.confex.com/gin/2012/webprogram/Paper3666.html>.

Energieverwertungsagentur; Ausweitung der Studie „Wärmepumpen und Öl-/Gasheizungen Im Vergleich“ (1999, Wien, Otto Starzer)

Goers, S., Friedl, C., Tichler, R., Greibl, E. und Horst Steinmüller (2009): Ökologische, energetische und ökonomische Bewertung des Heizsystems Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizsystemen. Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz im Auftrag des Bundesverbandes Wärmepumpe Austria (BWP). URL: <http://www.ehpa.org/uploads/media/StudieHeizsystemWaermepumpe.pdf>.

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.

Leven, B., Neubarth, J. und Weber, C. (2001): Ökonomische und ökologische Bewertung der elektrischen Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizungssystemen. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart. Projekt gefördert durch Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg. URL: http://www.ochsner.com/fileadmin/downloads/Studien/IER_FB80_Waermepumpe.pdf.

Linzer Energieinstitut; Ökologische, energetische und ökonomische Bewertung des Heizsystems Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizsystemen (DI Dr. Horst Steinmüller & Dipl.- Volksw. Sebastian Goers, 2009)

Miara, M., Günther, D., Kramer, T., Oltersdorf, T.; Langner R., Helmling S, Wapler J (2014); „WP Monitor“ Feldmessung von Wärmepumpenanlagen. URL: https://wp-monitor.ise.fraunhofer.de/german/index/das_projekt.html

Miara, M., Günther, D., Kramer, T., Oltersdorf, T. und Jeannette Wapler; (2011): Effizienz: Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb. URL: http://wp-effizienz.ise.fraunhofer.de/download/wp_effizienz_endbericht_langfassung.pdf.

Nabe, C., Hasche, B., Offermann, M. Papaefthymiou, G., Seefeldt, F., Thamling, N. und Dziomba, H. (2011): Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strom und zur Netzintegration erneuerbarer Energien. Ecofys Germany GmbH. Beauftrag durch das Bundesministerium für Wirtschaft & Technologie. URL: http://www.ecofys.com/files/files/ecofys_2011_potenziale_der_waermepumpe.pdf.

Österreichisches Normungsinstitut (2011): ÖNOMR H 5056. Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Heiztechnik-Energiebedarf.

Österreichische Energieagentur; Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen (Simader, Benke, Ritter; 2007)

Prognos / Ecofys; Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strom und zur Netzintegration erneuerbarer Energien (2011)

The Swedish energy agency (2009). IVT Nordic Inverter 12 KHR-N. 2012.

VÖK 2013: VÖK Verkaufszahlenerhebung Kalenderjahr 2013 (1.-4.Quartal).

Wagner, U., Hamacher, T., Heilek, C., Kühne, M. und Tzscheuschler, P. (2013): Energiewirtschaftliche Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung. Technische Universität München. Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik. Studie im Auftrag des Bundesverbandes Wärmepumpe e. V. URL: https://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bwppublication/Energiewirtschaftliche_Bewertung_der_W%C3%A4rmepumpe_-_BWP-Studie_2013.pdf.

Wärmepumpe Austria (2015): Förderungsliste Länder und EVU's. URL: <http://www.waermepumpe-austria.at/foerderungen.html>.

Wikipedia (2015): Wärmepumpe. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmepumpe>.

Anhang 1: Analyisierte Studien

Autoren	Jahr	Titel	Land	Auftraggeber	Jahresarbeitszahl (JAZ) bzw. Leistungskennzahl (COP)	CO2 Emissionen	Aussage(n)
Mara et al.	2014	„WP Monitor Plus“ Feldmessung von Wärmepumpenanlagen	Deutschland und Österreich	BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie); Fraunhofer ISE. Das Projekt wurde sowohl finanziell als auch fachlich von elf Wärmepumpenherstellern unterstützt.	Feldmessung von 87 Anlagen (Wärmequelle Außenluft im Mittel) Jahresarbeitszahlen (JAZ) von 3,1 (2,3...4,3)/		Der Fokus der Untersuchung liegt auf Wärmepumpen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung in neuen oder auch – in einigen wenigen Fällen - entsprechend sanierten Einfamilienhäusern. Ziel ist auch die Erhöhung der Akzeptanz der Wärmepumpentechnologie durch die Verbreitung und Präsentation der Ergebnisse aus den durchgeführten Messungen.
Auer und Schote	2014a	Wärme aus der Umwelt auch gut für die Umwelt? Ergebnisse einer siebenjährigen Praxisuntersuchung: Erdgekoppelte Wärmepumpen sparen deutlich Primärenergie ein Kritische Bewertung von Luft-Wärmepumpen.					I) Luft-Wärmepumpen sind im Hinblick auf den Beitrag zum Klimaschutz kritisch zu bewerten. II) Leistungsmängel liegen in einer nicht-optimalen Auslegung, etc. Mit neuerer Technik und verbessertem Fachwissen könnte JAZ von LWP auf über JAZ = 3,0 angehoben werden.
Auer und Schote	2014b	Die Energieeffizienz der Kompakt – Luft-Wärmepumpe Nr. 2101 mit kontrollierter Wohnraumlüftung, Wärmerückgewinnung, Warmwasserbereitung und Solaranlage in Schwanau – Ottenheim (Oberrhein).	Deutschland	Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (Schwarzwald)	Feldmessung: Nur 3 von 24 untersuchten Luft-Wärmepumpen übertreffen den Mindestwert (dena, etc.) der Jahresarbeitszahl von JAZ = 3,0.		Kritik an der Studie: BWP: www.aermpumpe.de/newletter/bwp-inform-012014.html ; Fraunhofer: www.enbausa.de/heizung-warmwasser/aktuelles/artikel/luftwaermpumpen-nur-heisse-luft-3727.html .
Wagner et al.	2013	Energieökonomische Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung	Deutschland	Bundesverbandes Wärmepumpe e. V.	JAZ (Aufwandszahl) laut BWP (2011): Neubau: 3,1 (0,32) Bestandsgebäude: 2,8 (0,35)	Veränderung der CO2-Emissionen bei Einsatz von Luft/Wasser-WP (2011) gegenüber Öl-BW + sol. TWE (2011) -34%, gegenüber Gas-BW + sol. TWE (2011) -14%, gegenüber Pellet-Kessel (2011) +116% und gegenüber Sole/Wasser-WP (2011) +20%.	I) Der zusätzlich Jahresstrombedarf wird 2030 rund 13,5 TWh betragen, womit der Strombedarf aller Wärmepumpen rund 3,5 % des Gesamtstrombedarfs in Deutschland ausmacht. II) Obwohl CO2e und PE-Einsatz im Stromsektor durch den Ausbau der WP zunehmen, ergeben sich Vorteile. So wird die Wärmebereitstellung konventioneller Heizgeräte substituiert und zusätzliche erneuerbare elektrische Energie im Wärmesektor genutzt.
Danielski, Fröling und Joelsson	2012	Air source heat pumps and their role in the Swedish energy system	Schweden		COP und die Heizleistung zur Berechnung der Fallstudie beziehen sich auf Testergebnisse nach Swedish Energy Agency (2009).		I) Einsatz von LWP kann Stromnachfrage reduzieren, wenn diese Stromheizungen ersetzen. Allerdings wird dadurch nicht die Spitzenlast reduziert; II) Luftwärmepumpen können die Stromnachfrage sowie die Spitzenlast erhöhen;

Autoren	Jahr	Titel	Land	Auftraggeber	Jahresarbeitszahl (JAZ) bzw. Leistungszahl (COP)	CO2 Emissionen	Aussage(n)
Miara et al.	2011	Wärmepumpen Effizienz: Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb.	Deutschland	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (50%); Finanzielle und fachliche Unterstützung durch sieben Wärmepumpenhersteller und zwei EVU's.	Messtechnische Untersuchung: 18 Anlagen erreichten durchschnittlich eine Effizienz von 2,89.		I) Im Rahmen des Feldtests schnitten Wärmepumpen mit direkter Heizkreisbelastung, also ohne Pufferspeicher, am effizientesten ab. II) LWP haben deutliche Nachteile gegenüber Wasser- und Erdreich-Anlagen (wegen großen Spektrum abzufahrender Betriebspunkte und mehrheitlich großen Temperaturhuben).
Nabe et al.	2011	Potenziale der Wärmepumpe zum Lastmanagement im Strom und zur Netzintegration erneuerbarer Energien.	Deutschland	Bundesministerium für Wirtschaft & Technologie	durchschn. JAZ von neu installierten LWP laut BWP (2009): Neubau: 3,18 Renovierung: 2,93	Unter Annahmen stromgeführte Fahrweise von Wärmepumpen: Reduktionen von CO2-Emissionen v. 0,2-0,3 Mio. t/a oder, auf die Emissionen der Wärmepumpen bezogen, eine Verringerung in der Größenordnung von rund 20%.	Stromgeführte Betrieb der WP (Luft/Wasser; Sole/Wasser) führt zu Lastverschiebungen zur Stunde der Jahreshöchstlast. Jahreshöchstlast kann durch die Lastverschiebung reduziert werden.
Goers et al.	2009	Ökologische, energetische und ökonomische Bewertung des Heizsystems Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizsystemen	Österreich	Bundesverbandes Wärmepumpe Austria	Jahreskennzahlen vom BWP (nicht näher spezifiziert) bereit gestellt: Neubau: 3,5 (RW), 3,3 (RW plus WW) Sanierung: 3,0 (RW), 2,8 (RW plus WW)	Luft/Wasser- und Erdreich/Wasser-Wärmepumpe weisen eine ökologisch wirksame Differenz bezüglich der CO2e-Emissionen der Systeme der fossilen Energieträger (Erdgas und Heizöl extra leicht) auf.	Für das Szenario sanierter Altbau weisen die Systemkombinationen Luft/Wasser-Wärmepumpe + Elektroboiler und Luft/Wasser-Wärmepumpe + Solarthermie die höchsten Jahresgesamtkosten auf.

Exkurs 1: „Analyse des Effekts von einem 25%igen Anteil von Luftwärmepumpen am gesamten österreichischen Wärmemarkt“

Exkurs 1 „Analyse des Effekts von einem 25%igen Anteil von Luftwärmepumpen am gesamten österreichischen Wärmemarkt“ wurde im Auftrag von „proPellets Austria“ erstellt.

25% Heat Pumps

Analysis on effects of a heat pump share of 25% of the Austrian heat market

Report

October 2015

Client: Pro Pellets Austria

Christof Amann

Georg Benke

Imprint

e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11
1020 Vienna
Österreich

Telefon +43-1-907 80 26-58
Fax +43-1-907 80 26-10
office@e-sieben.at
<http://www.e-sieben.at>

1 Introduction

This short study analyses the effects of a heat pump share of 25% of the Austrian heat market on the electricity system. It is based on a former study on air driven heat pumps and it uses the model approach developed in that study.

2 Method

Major data sources for the study are:

- Statistik Austria 2015: Nutzenergieanalyse für Österreich 1993-2013. www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html, download: September 30, 2015.
- Benke, Georg; Amann, Christof; Amann, Stefan 2015 (not published yet): Expertise zum Einsatz von Luftwärmepumpen in Österreich. Final Report. Vienna. [including references and additional data sources]

2.1 Austrian heat market 2013

In 2013, final energy consumption for heating and cooling („Raumheizung und Klimatisierung“; does not include hot water production and cooking) amounted to 332.176 TJ which is a share of 29,7% of total final energy consumption of 1.119.241 TJ¹.

2013 [TJ]	Austria (all sectors)		Private households	
final energy consumption	1.119.241		278.171	
heating and cooling	332.176	29,7%	205.030	73,7%
(of which is electricity)	26.435	(8,0%)	11.832	(5,8%)

Heating systems with electricity (heat pumps and direct electric heating) consumed 26.435 TJ which is a share of 8,0% of final energy for heating and cooling.

For comparison: Private households consumed 205.030 TJ for heating and cooling (61,7% of total heating and cooling energy consumption). In this sector, electricity had a share of 5,8% of heating and cooling consumption.

¹ The figures of the Austrian heat market 2014 are already available, too. However, using data of 2014 would lead to similar figures, results and conclusions.

In order to estimate the heat consumption, a general annual efficiency of 90% for all heating systems was assumed. This led to a total heat use of 298.958 TJ. This figure is the basis for the following calculations.

2.2 Modelling of a 25% share of the heat market

25% of the heat use amounts to 74.740 TJ or 20.761 GWh.

For the calculation of the corresponding heat power a number of 1.500 full load hours was applied to total energy consumption for heating and cooling as well as for the 25% share. Total heat power was 55 GW, 25% share resulted in 14 GW. For comparison: In 2013 maximum electrical power of the Austrian electricity system was 10,1 GW.

However, 25% share heat power of 14 GW is not directly comparable to electricity power. Assumed that the whole 25% share are supplied with heat pumps, this figure has to be adjusted with the annual efficiency of heat pumps. Corresponding (maximum nominal) electrical power results in 5,6 GW or even more².

Due to simplification³ this nominal heat power was distributed to all 9 Austrian provinces uniformly. However, the distribution is only relevant for a realistic picture in terms of spatial development of average daily temperature which is the basis for the calculation of the heat demand. It was further assumed that 50% of the power was distributed to single family buildings and 50% to multi family buildings. New buildings and refurbished buildings had a common share of 50% each.

2.3 Effects on the Austrian Electricity System

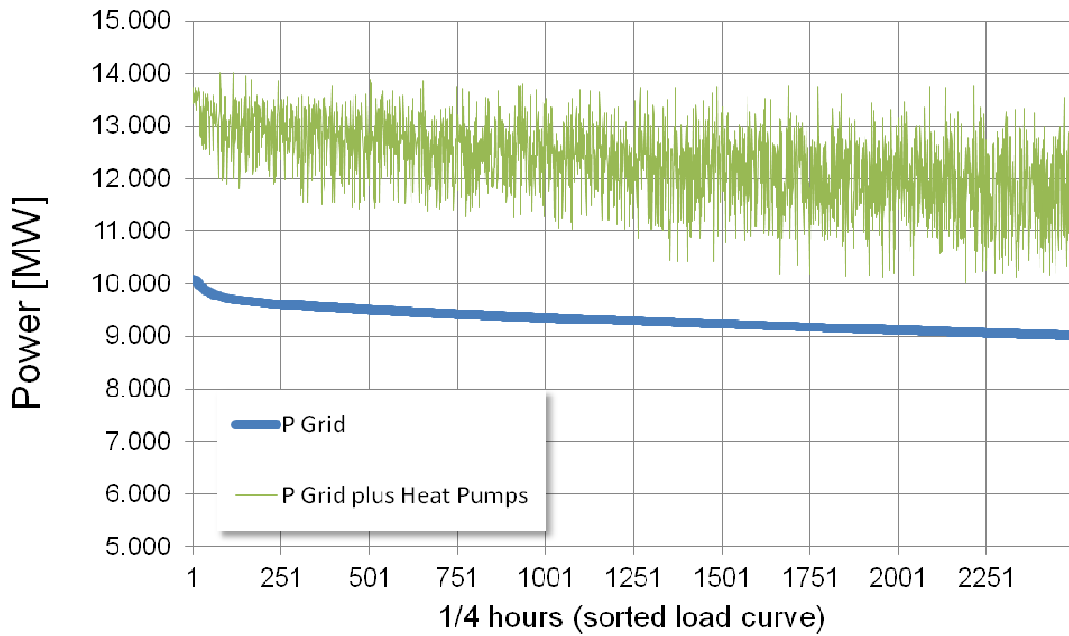
2013 stands for a representative year⁴. A maximum electrical power of 5,4 GW would have been used for heat pumps in that particular year. However, in very cold years this value would be even higher. This power can be compared to appr. 2,5 times the maximum power of all power plants along the River Danube in Austria.

The following figure shows the peak load of the Austrian grid (blue line) and the effect on that grid, if 25% of the heat demand would be provided by air driven heat pumps (green line). Maximum power would increase by appr. 3,5 GW.

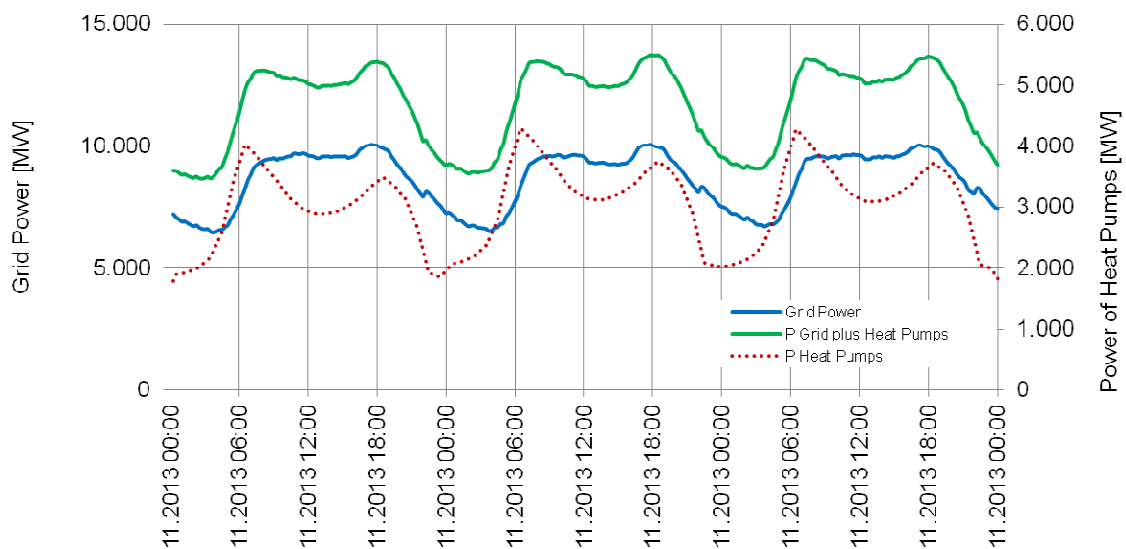
² This is due to the fact, that efficiency of air-driven heat pumps decreases with low outside temperatures.

³ A more detailed distribution would lead to a significant increase of effort without any relevant effect on the results and the conclusions.

⁴ However, 2013 was not a very cold year.



The difference to the maximum power of 5,4 GW is due to differences in the daily profile. While the electricity grid has its maximum at 7-9 p.m. (evening), heat pumps show a maximum power at 6 a.m. in the morning. However, there is an evening peak but that peak is lower than the morning peak. This effect is shown in the figure below, where the red dotted line is the daily profile of heat pumps (different scale!), the blue and the green lines show the grid profiles with and without a 25% share of heat pumps.



3 Results and conclusions

- Heat consumption in Austria was 332.176 TJ in 2013, this is a share of 29,7% of total final energy consumption.
- Total power necessary to provide this amount of heat is estimated by 55 GW, a 25% share would therefore be 14 GW of (nominal) heat power.
- For comparison: Austrian electricity had a peak load of 10,1 GW in 2013.
- For the case that this 25% share would be provided by (air driven) heat pumps, an additional maximum electrical power of 5,4 GW was calculated. This power can be compared to appr. 2,5 times the maximum power of all power plants along the River Danube in Austria.
- The effect on the Austrian electrical power system would be an increase of peak load in an order of magnitude of 3,5 GW, that is 35% of the peak load in 2013. For the 500 hours with the highest electrical load in 2013, an additional 3 GW (in average) would be required.

Exkurs 2: „Modellhafte Abschätzung des Einsatzes von Biomasseeinzelfeuerungen in Kombination mit Luftwärmepumpen in Österreich“

Exkurs 2: „Modellhafte Abschätzung des Einsatzes von Biomasseeinzelfeuerungen in Kombination mit Luftwärmepumpen in Österreich“ wurde im Auftrag des Vereins „Freie Wärme Österreich“ erstellt.

Modellhafte Abschätzung des Einsatzes von Biomasseeinzelfeuerungen in Kombination mit Luftwärmepumpen in Österreich

Bericht

Wien, Oktober 2015

Projektteam: Christof Amann
Georg Benke

e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11
1020 Wien
T: +43 1 907 80 26 – 58
christof.amann@e-sieben.at

e7 Energie Markt Analyse GmbH

Walcherstraße 11/43 A-1020 Wien | T +43-1-907 80 26 | F +43-1-907 80 26 | www.e-sieben.at | office@e-sieben.at
Firmenbuch-Nr.: 295192g HG Wien | UID-Nr.: ATU63453337 | IBAN: AT482011128819067900 BIC: GIBAATWWXXX

1 Hintergrund und Zielsetzungen

Zur Klärung der Frage, wie sich eine kombinierte Nutzung von Luft-Wärmepumpen und Biomasse-Einzelfeuerstätten (EFS) auf die Effizienz der Luftwärmepumpe (Jahresarbeitszahl, JAZ) auswirkt, wurden mehrere Szenarien gerechnet. Ziel war eine Grobabschätzung zur Quantifizierung der Effekte.

Die Kurzstudie baut auf den Ergebnissen und den Methoden der am 18.9.2015 abgeschlossenen Expertise zu Luft-Wärmepumpen¹ auf.

2 Methode

2.1 Szenariendefinition

Für die Bearbeitung der Fragestellung wurde ein Mix² an Neubau und Sanierung, sowohl bei Einfamilienhäusern als auch bei Mehrfamiliengebäuden in das Modell eingepflegt. Es werden 3 Szenarien definiert. Referenzleistung ist 5 kW, die Berechnung erfolgt für das Jahr 2013³. Dabei werden vereinfachend folgende Betriebsweisen untersucht:

- „Frühheizung“ (Einzelfeuerstätte wird um 6.00 Uhr beheizt)
- „Abendheizung“ (Einzelfeuerstätte wird um 17.00 Uhr beheizt)
- Kachelofen („Ganztagesheizung“)

Es wird angenommen, dass die jeweiligen Betriebsweisen nur dann angewandt werden, wenn die Tagesmitteltemperatur 0°C oder weniger beträgt. Bei den ersten beiden Betriebsweisen beträgt die Heizungsdauer pauschal 5 h. Beide Werte, sowohl die Einschalttemperatur als auch die Heizungsdauer, werden in der folgenden Analyse jedoch zusätzlich variiert.

¹ Benke, Georg; Amann, Christof; Amann, Stefan 2015 (unveröffentlicht): Expertise zum Einsatz von Luftwärmepumpen in Österreich. Endbericht. Wien.

² Die konkrete Wahl des Mixes hat nur sehr geringen Einfluss auf die Ergebnisse!

³ Die Wahl des Bezugsjahres und die Referenzleistung haben nur einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse und die ableitbaren Schlussfolgerungen.

2.2 Szenarienberechnung

Die Berechnungen werden für die Jahre 2013 für einen realen Temperaturverlauf angestellt. Berechnet bzw. dargestellt werden die Effekte auf folgende Parameter:

- Veränderung der Jahresarbeitszahl
- Veränderung des Tagesprofils der Stromnachfrage bei kalten Außentemperaturen
- Veränderung des Jahresprofils der elektrischen Leistung

2.2.1 Veränderung der JAZ der Luft-Wärmepumpe

Die Modellierung erfolgte anhand des in der Hauptstudie entwickelten Methode, die davon ausgeht, dass die Wärmenachfrage anhand der Außentemperatur (Tagesmitteltemperatur) simuliert werden kann. Die Aufteilung auf die einzelnen Stunden des Tages erfolgt in Form von Tagesprofilen, die sich in Abhängigkeit der Tagesmitteltemperaturen verändern.

Für die Berechnung wird nun das Modell so erweitert, dass der Einschaltzeitpunkt einer allfälligen Einzelfeuerstätte sowie die Heizungsdauer in Stunden als Variablen eingegeben werden können. Zusätzlich muss die Temperatur, ab der die Einzelfeuerstätte in Betrieb geht, definiert werden. In Zeiten, in denen die Einzelfeuerstätte in Betrieb ist, wird die Wärmepumpe nicht betrieben.

2.2.2 Veränderung des Tagesprofils der Stromnachfrage

Die Abschaltung der Wärmepumpen für den Zeitraum, in dem die Einzelfeuerstätte in Betrieb ist, wirkt sich auf das Tagesprofil aus, diese Effekte werden grafisch dargestellt.

2.2.3 Veränderung des Jahresprofils der elektrischen Leistung

Die Veränderung der Jahresprofile für die elektrische Leistung⁴ wird in Form von geordneten Lastgangkurven dargestellt.

⁴ Die Veränderung der Jahresprofile darf nicht mit der Netzbelastung gleichgesetzt werden.

3 Ergebnisse

3.1 Veränderung der Jahresarbeitszahl

Folgende Veränderungen der JAZ würden sich ergeben, falls bei Temperaturen unter 0° C eine Einzelfeuerstätte (EFS) die Heizung übernimmt (Tabelle 1):

- Szenario 1 („Frühheizung“, 6.00 bis 11.00 Uhr): + 2,4%
- Szenario 2 („Abendheizung“, 17.00 bis 22.00 Uhr): + 2,1%
- Szenario 3 („Ganztagesheizung“, 0.00 bis 24.00 Uhr): + 15,4%

	Erhöhung JAZ	Veränderung bei JAZ = 2,80	Veränderung bei JAZ = 3,00
„Frühheizung“	+ 2,4%	2,87 (+ 0,07)	3,07 (+ 0,07)
„Abendheizung“	+ 2,1%	2,86 (+ 0,06)	3,06 (+ 0,06)
„Ganztagesheizung“	+ 15,4%	3,23 (+ 0,43)	3,46 (+ 0,46)

Tabelle 1: Auswirkungen von EFS auf die JAZ (Q: Eigene Berechnungen e7)

Grund für die Erhöhung der JAZ ist die Tatsache, dass die Effizienz von Wärmepumpen mit sinkender Temperatur deutlich abnimmt. Durch das Zuschalten von Einzelfeuerstätten in diesen Bereichen wird die Wärmepumpe verstärkt in Bereichen betrieben, die eine höhere Effizienz aufweisen. Die tatsächliche Erhöhung kann jedoch nur modellhaft bzw. empirisch ermittelt werden.

Eine Zuheizung mit Einzelfeuerstätten wirkt sich also mit Ausnahme der „Ganztagesheizung“ nur gering auf die JAZ aus. Es muss zudem bedacht werden, dass von einem 100%igen Einsatz der Einzelfeuerstätte unter den gegebenen Bedingungen ausgegangen wurde, eine Annahme, die in der Realität nur bei vollautomatisierten Systemen erreichbar wäre.

In der folgenden Tabelle 2 ist die Veränderung (Erhöhung) der JAZ für den Fall dargestellt, dass die Einzelfeuerstätte um 6.00 Uhr Früh bzw um 17.00 Uhr in Betrieb genommen wird. Dabei wird die Dauer der zusätzlichen Heizung im Bereich von 1 bis 12 Stunden bei der „Frühheizung“ bzw. 1 bis 7 Stunden bei der „Abendheizung“ (AUS nach Mitternacht) variiert.

Einschaltdauer	6.00 Uhr EIN	17.00 Uhr EIN
1 Stunde	0,6%	0,5%
2 Stunden	1,0%	0,9%
3 Stunden	1,5%	1,4%
4 Stunden	2,0%	1,8%
5 Stunden (Referenzfall)	2,4%	2,1%
6 Stunden	2,9%	2,4%
7 Stunden	3,3%	2,6%
8 Stunden	3,8%	-
9 Stunden	4,4%	-
10 Stunden	4,9%	-
11 Stunden	5,6%	-
12 Stunden	6,3%	-

Tabelle 2: Veränderung der JAZ in Abhängigkeit der Einschaltdauer für die Szenarien 1 und 2 (Q: Eigene Berechnungen e7)

Variiert man die Einschalttemperatur von - 5 bis + 5° C, so ergibt sich folgendes Bild für die untersuchten Szenarien (Tabelle 3).

Einschalttemperatur	6.00 bis 11.00 Uhr „Frühheizung“	17.00 bis 22.00 Uhr „Abendheizung“	0.00 bis 24.00 Uhr „Ganztagesheizung“
- 5° C	0,3%	0,3%	1,2%
- 4° C	0,7%	0,7%	3,2%
- 3° C	1,2%	1,1%	5,5%
- 2° C	1,8%	1,5%	8,9%
- 1° C	2,0%	1,8%	11,2%
0° C (Referenzfall)	2,4%	2,1%	15,1%
+ 1° C	2,8%	2,4%	21,0%
+ 2° C	3,0%	2,5%	29,2%
+ 3° C	3,0%	2,6%	37,4%
+ 4° C	3,0%	2,5%	46,4%
+ 5° C	2,8%	2,4%	52,2%

Tabelle 3: Veränderung der JAZ in Abhängigkeit der Einschalttemperatur (Q: Eigene Berechnungen e7)

Deutliche Erhöhungen der JAZ ergeben sich dabei nur für die Ganztagesheizung.

3.2 Veränderungen der Tages- und Jahresprofile

Sowohl die Veränderung des Tagesprofils, also auch des Jahresprofils wird grafisch dargestellt, beim Tagesgang werden repräsentative Tage dargestellt, beim Jahresgang werden die geordneten Lastgangkurve verglichen. Der Vergleich der geordneten Lastganglinien kann jedoch nicht als Netzbelastung interpretiert werden. Beide Linien wurden für sich jeweils nach der Größe geordnet. Die Darstellung muss vielmehr so interpretiert werden, dass sich durch das Zuschalten der EFS die Betriebsstunden reduzieren und somit die Kurve „quasi“ nach links wandert. Der Effekt auf die Netzbelastung müsste gesondert modelliert werden. Einzig die Spitzenleistung kann verglichen werden.

3.2.1 Szenario „Frühheizung“

In der folgenden Abbildung wird ein typischer Tagesgang für einen Novembertag mit einer Tagesmitteltemperatur kleiner 0° C für das Szenario „Frühheizung“ dargestellt.

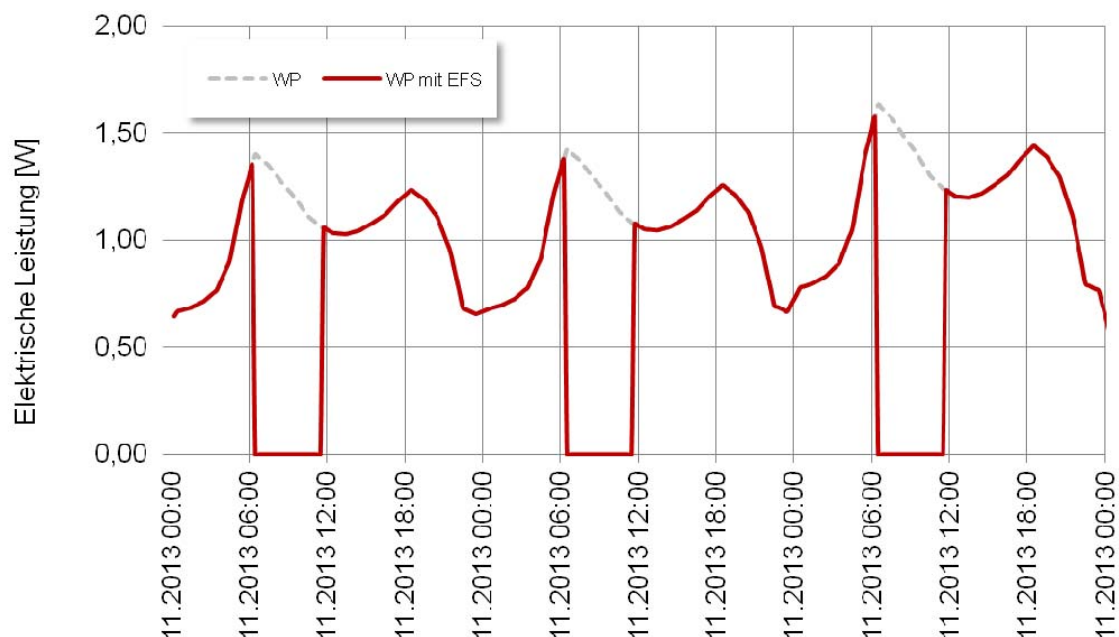


Abbildung 1: Tagesgang der elektrischen Leistung für das Szenario „Frühheizung“ an einem Novembertag (Q: Eigene Darstellung e7)

Die Auswirkungen auf den Jahreslastgang zeigt, dass die maximale Spitzenleistung minimal reduziert, generell ist die Kurve durch die Nutzung einer Einzelfeuerstelle etwas nach links gerückt, was als Reduktion der Betriebsstunden interpretiert werden kann. In der oberen Kurve sind 7.000 h dargestellt (Abbildung 2), die untere Kurve umfasst die 1.000 h (Abbildung 3) mit den höchsten Leistungen (jeweils nach abfallender Höhe geordnet).

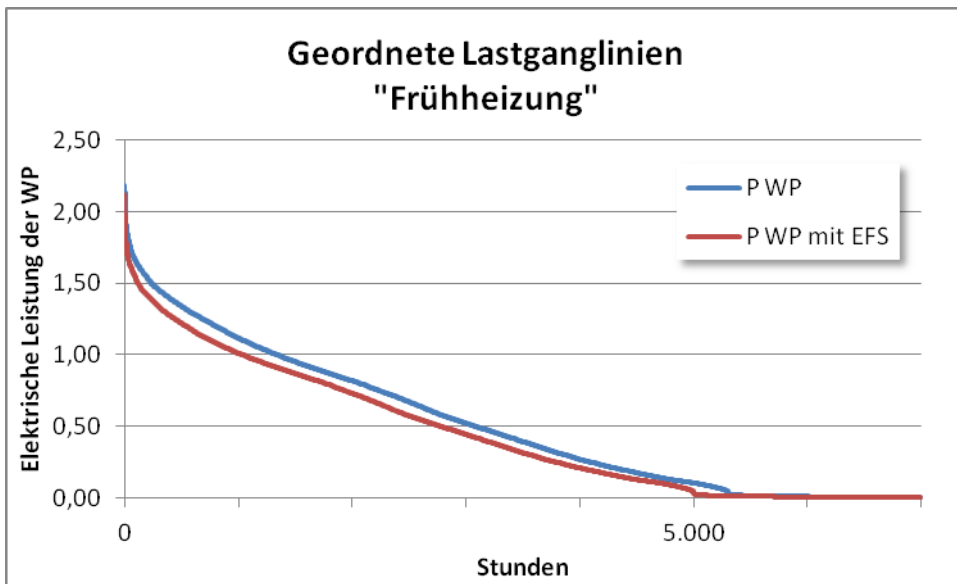


Abbildung 2: Geordnete Lastgangkurven für das Szenario Frühheizung im Vergleich zum Referenzfall (Q: Eigene Darstellung e7)

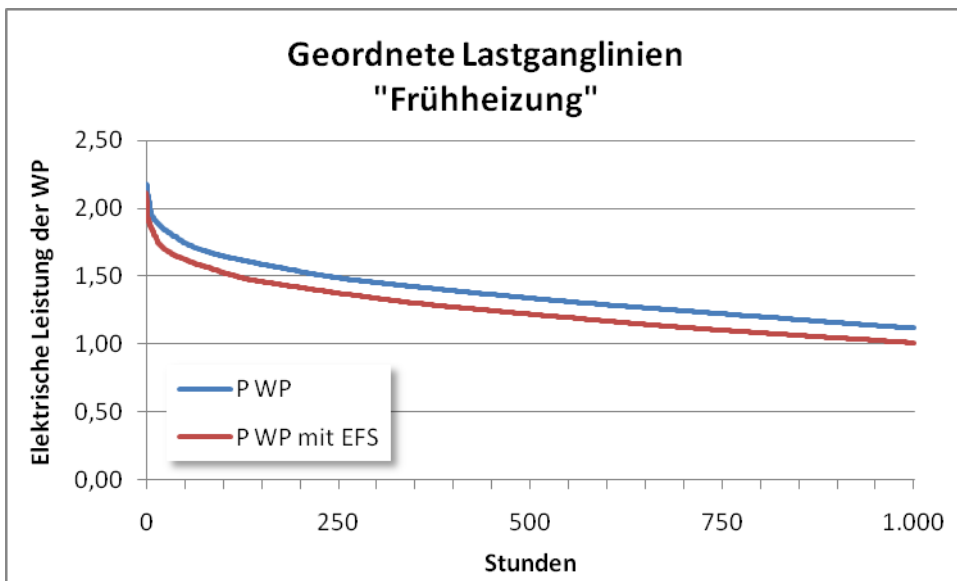


Abbildung 3: Geordnete Lastgangkurven für das Szenario „Frühheizung“ im Vergleich zum Referenzfall - 1.000 h (Q: Eigene Darstellung e7)

3.2.2 Szenario „Abendheizung“

Betrachtet man die „Abendheizung“ so zeigt sich, dass die Abendspitze etwas gekappt wird, die Frühspitze bleibt unangetastet (Abbildung 4).

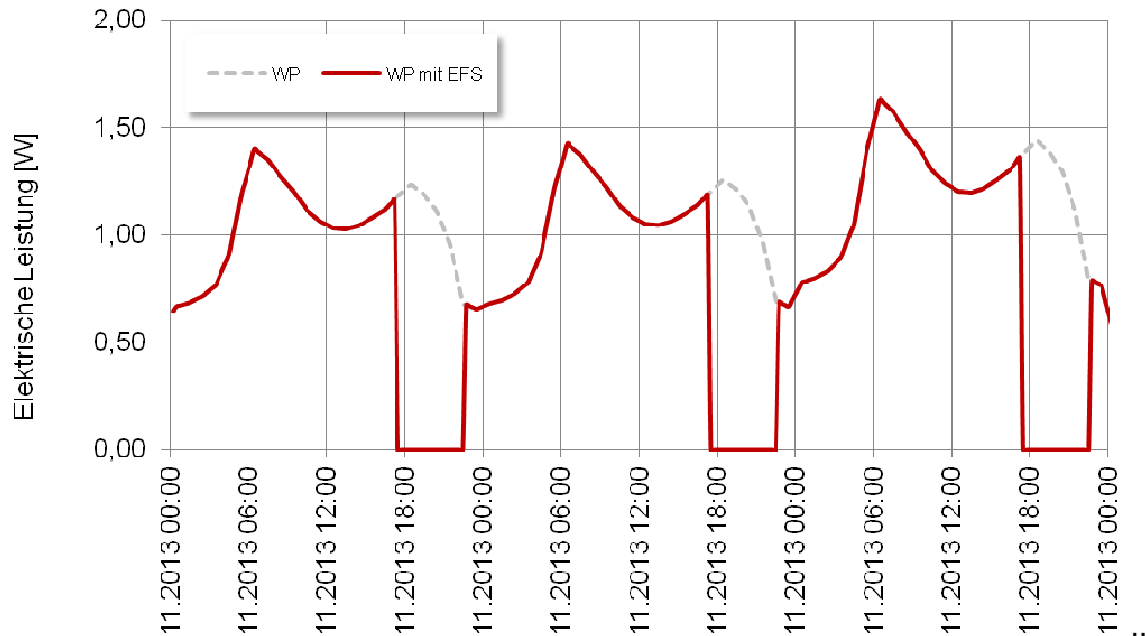


Abbildung 4: Tagesgang der elektrischen Leistung für das Szenario „Abendheizung“ an einem Novembertag (Q: Eigene Darstellung e7)

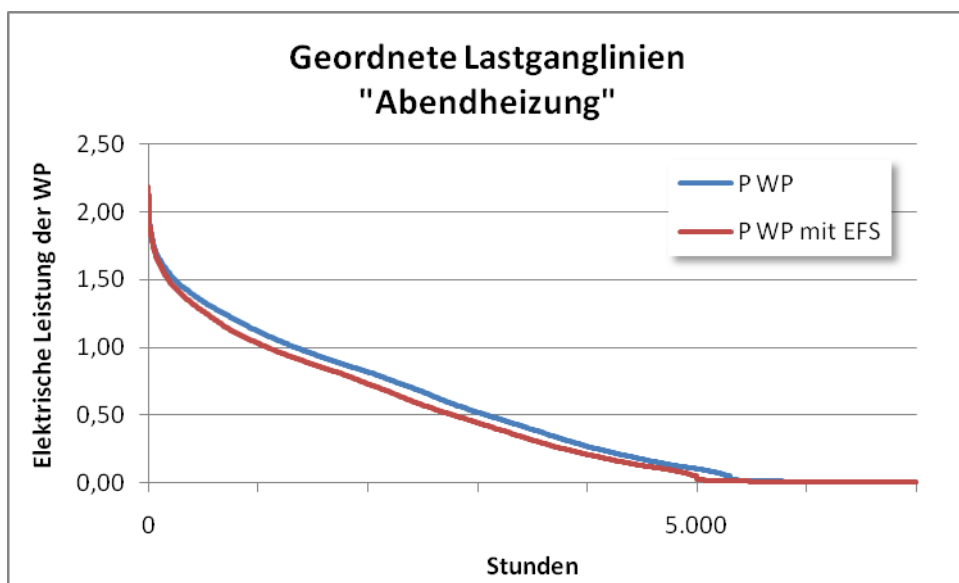


Abbildung 5: Geordnete Lastgangkurven für das Szenario „Abendheizung“ im Vergleich zum Referenzfall (Q: Eigene Darstellung e7)

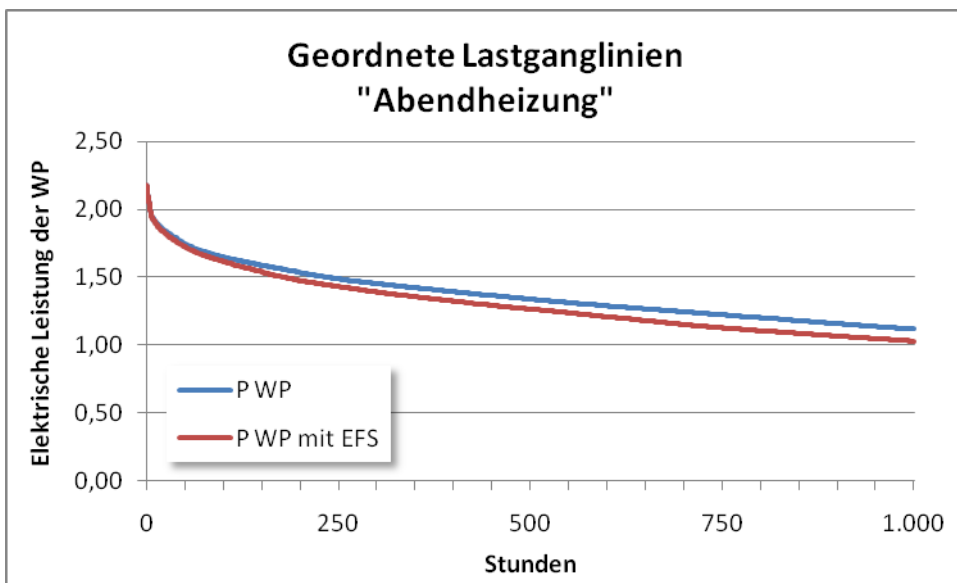


Abbildung 6: Geordnete Lastgangkurven für das Szenario „Abendheizung“ im Vergleich zum Referenzfall - 1.000 h (Q: Eigene Darstellung e7)

Auch hier verschiebt sich die Kurve durch die veränderten Betriebsstunden etwas nach links, allerdings ist die Spitzenleistung bei beiden Fällen ident (Abbildung 5 und Abbildung 6).

3.3 Szenario „Ganztagesheizung“

Einen deutlich stärkeren Effekt auf die Spitzenleistung hat erwartungsgemäß der Einsatz von „Ganztagesheizungen“, die bei 0° C oder weniger in Betrieb gehen.

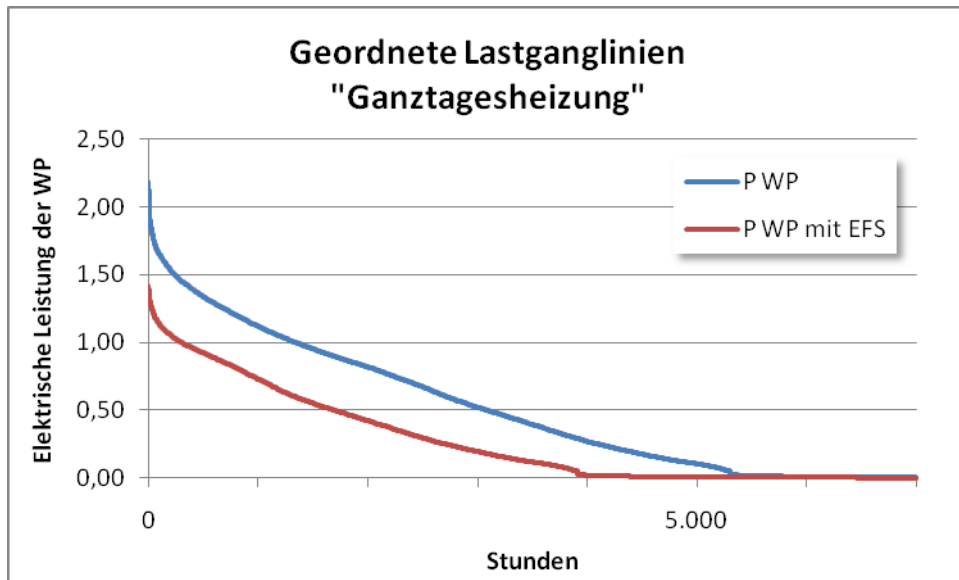


Abbildung 7: Geordnete Lastgangkurven für das Szenario „Ganztagesheizung“ im Vergleich zum Referenzfall (Q: Eigene Darstellung e7)

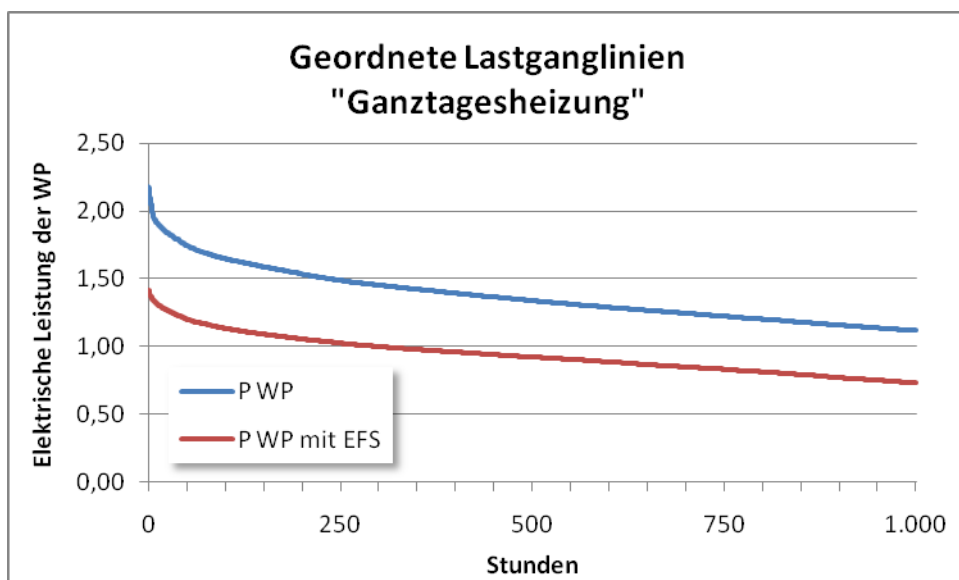


Abbildung 8: Geordnete Lastganglinien für das Szenario „Ganztagesheizung“ im Vergleich zum Referenzfall - 1.000 h (Q: Eigene Darstellung e7)

Bei der „Ganztagesheizung“ sinkt die Spitzenlast um 35% von 2,18 auf 1,42 kW. Eine deutliche Reduktion der Betriebsstunden ist klarerweise auch in diesem Szenario zu beobachten.

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Einsatz von Einzelfeuerstätten, die bei einer Außentemperatur von 0° C oder weniger für eine gewisse Dauer den Einsatz von Wärmepumpen reduzieren führt für die beiden Szenarien 1 („Frühheizung“) und 2 („Abendheizung“) nur zu geringen Erhöhungen der Jahresarbeitszahlen (+ 2,4% bzw. 2,1%). Im Szenario 3 („Ganztagesheizung“) wird angenommen, dass die Wärmepumpe ausschließlich bei positiven Tagesmitteltemperaturen in Betrieb ist. Dadurch würde sich die Jahresarbeitszahl um 15,4% erhöhen. Dabei ist aber zu beachten, dass von einem 100%igen Einsatz der Einzelfeuerstätte ausgegangen wurde, in der Realität wären daher deutlich geringere Erhöhungen zu erwarten.

Die Auswirkungen auf den Tages- und Jahresgang sind bei den Szenarien 1 und 2 ebenfalls sehr gering, beim Szenario 3 würde sich die Spitzenleistung um 35% reduzieren. Welche konkreten Auswirkungen diese Szenarien auf das österreichische Netz hätte, müsste in einer eigenen Untersuchung analysiert werden.