

Kommentar zur Studie "Wärmewende 2030" der Agora Energiewende

Gabriele Purper, Falk Auer, Stand 14.07.2017

1. Studie "Wärmewende 2030"

Die Studie „Wärmewende 2030“¹ geht von der Zielsetzung der Bundesregierung aus, bis 2050 die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % zu senken. Als Zwischenziel sind bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 55 % zu mindern. Außerdem gilt es, bis 2030 38 % der nicht vom EU-Emissionshandel gedeckten Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

In der Studie werden sechs verschiedene Trend- und Zielszenarien herangezogen, um festzustellen, welche Schlüsseltechnologien bis 2030 in welcher Größenordnung erforderlich sind, um 2050 die Minderungsziele von 80 bzw. 95 % sicher erreichen zu können. Als Schlüsseltechnologien für den Wärmebereich werden dabei die energetische Gebäudesanierung, der Einsatz von Wärmepumpen und der Ausbau von Wärmenetzen identifiziert. Es wird festgestellt, dass, wenn der Ausbau von Wärmepumpen und Wärmenetzen bis 2030 lediglich dem Trend folgen würde, die Minderungsziele in 2050 nicht erreichbar sein würden. Nach den Ergebnissen der Studie würde 2030 vielmehr ein Bestand von fünf bis sechs Mio. Wärmepumpen erforderlich sein, um das 80 %ige Minderungsziel in 2050 nicht zu verfehlen. Das wären mindestens drei bis vier Mio. Wärmepumpen mehr als in den Trendszenarien vorgesehen. Für die Erreichung des 95 %igen Minderungsziels wäre schon 2030 ein Bestand von sechs bis acht Mio. Wärmepumpen notwendig.

Begründet wird die herausragende Rolle der Wärmepumpe wie folgt:

- die hohe Energieeffizienz der Wärmepumpe gegenüber der Option Power-to-Gas: Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe wird mit 3 bis 4,5 angegeben², während aus 1 kWh Strom bei Power-to-Gas lediglich 0,24 bis 0,84 kWh Wärme resultieren würden.
- die sich verringernde Emissionsintensität der Wärmepumpe mit zunehmendem Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung. Dabei wird der durchschnittliche Strommix des bundesdeutschen Kraftwerksparks unterstellt, der für 2030 mit 220 g CO₂/kWh beziffert wird. Der Anteil der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien am Kraftwerkspark müsste im Jahr 2030 mindestens 60 % betragen, um diesen Faktor zu erzielen.
- die Flexibilität der Wärmepumpe. Diese sollte durch drehzahlgeregelte Wärmepumpen und die Einführung von smart meter gewährleistet werden.

Das hauptsächliche Potenzial der Wärmepumpe wird den Erdreich-Wärmepumpen zugerechnet (etwas mehr als die Hälfte). Aber auch die Luft-Wärmepumpen sollten zum Einsatz kommen, sogar als monovalente Anlagen, dann als drehzahlgeregelte Anlage und nach entsprechender Sanierung des Gebäudes mit entsprechend geringem Wärmebedarf und bei Einbau einer Niedertemperaturheizung. Bei unvollständiger bzw. noch nicht erfolgter Gebäudesanierung würde der Luft-Wärmepumpe ein Gasheizkessel beigelegt werden.

¹ Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP): Wärmewende 2030 – Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor, Febr. 2017

² Differenziertere Angaben zu den angenommenen Jahresarbeitszahlen finden sich in: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP): Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr, 2015

Der Einsatz der Wärmepumpen würde einen zusätzlichen Bedarf an Kraftwerksleistung verursachen, wobei die höchste abgerufene Leistung in 2030 mit 10 bis 21 GW angegeben wird. Dies wird aber nicht als Problem gesehen. Zum einen würden die Wärmepumpen unter anderem Nachtspeicherheizungen und Durchlauferhitzer ersetzen, die heute 35 GW an Kraftwerksleistung erfordern, zum anderen könnte der Zubau von Gasturbinenkraftwerken kostengünstig erfolgen. 2050, wenn fossile Energieträger für den Strombereich nicht mehr zur Verfügung stehen, müsste das dazu erforderliche Gas mittels Power-to-Gas-Anlagen bereitgestellt werden.

Generell ist nach Ansicht der Verfasser „die Elektrifizierung auch der dezentralen Verbraucher unerlässlich“.

Die einzelnen Annahmen und Argumente der Studie speziell zu den Wärmepumpen werden im Folgenden näher beleuchtet, zunächst die Annahmen zu den Elektro-Wärmepumpen (Kap. 2) und anschließend die Auswirkungen auf den Strommarkt (Kap. 3). Im abschließenden Kapitel wird kurz auf Alternativen eingegangen und ein Fazit gezogen (Kap. 4).

2. Elektro-Wärmepumpen

2.1 Hohe Energieeffizienz von Elektro-Wärmepumpen

Die Jahresarbeitszahl JAZ, also das Verhältnis von Wärme am Ausgang einer Wärmepumpe zum notwendigen Strom an deren Eingang, ist die wichtigste Kenngröße zur Beurteilung der Energieeffizienz von Wärmepumpen. Die Deutsche Energieagentur (dena), das RWE und auch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) fordern für Elektro-Wärmepumpen einen Mindestwert von $JAZ = 3,0$. Das ist jedoch ein schwaches Energieeffizienzziel. Die Forschungsvereinigung Erneuerbare Energien (FVEE), die Bundesvereinigung der Verbraucherberatung und der BUND fordern deshalb wenigstens eine $JAZ = 4,0$ auch in der Praxis, um die ehrgeizigen Klimaschutzziele der Bundesregierung erreichen zu können. Damit werben schließlich auch die Wärmepumpen-Hersteller. Das heißt: Es dürfen nur noch maximal 25 % Strom notwendig sein, um zusammen mit 75 % aus den Umweltenergien ein Haus mit Wärme zu versorgen. Luft-Wärmepumpen sind dazu nicht in der Lage.

Während die allgemeine Werbung nicht mehr zwischen den energie-ineffizienten Luft-Wärmepumpen und den energieeffizienten erdgekoppelten Wärmepumpen differenziert, tun das die Autoren der Wärmewendestudie 2030 aber noch. Allerdings gehen sie bei den Luft-Wärmepumpen mit einem JAZ-Wert in Höhe von 3,8 (Fußbodenheizung) von einem zu hohen Wert aus. Die Lokale Agenda 21 - Gruppe Energie Lahr kam bei einem Feldtest auf nur $2,8^3$ und das Institut für Solarenergie (ISE) auf $2,9^4$. Damit tragen Luft-Wärmepumpen auf absehbare Zeit nicht zum Klimaschutz bei. Das gilt auch in Verbindung mit der Photovoltaik und Erdgas-Brennwertkesseln (siehe Kap. 2.3).

³Siehe Schlussbericht Phasen 1 und 2 "Feldtest Wärmepumpen" der Lokalen Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr (2014) unter www.agenda-energie-lahr.de/WPFeldtestPhase2.html

⁴Siehe Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE): Zwischenergebnisse aus Wärmepumpen-Felduntersuchungen, 2009, Vortrag anlässlich eines Wärmepumpen-Symposiums am 29. Okt. 2009 in Karlsruhe

Bei den erdgekoppelten Wärmepumpen stimmen dagegen die angegebenen Energieeffizienzwerte von $JAZ = 4,2$ (Fußbodenheizung). Die Voraussetzungen sind freilich, dass alles fachgerecht geplant, installiert und betrieben werden muss. Das ist nach wie vor noch nicht überall der Fall.

2.2 Flexibilität von Wärmepumpen

Die Autoren der Wärmestudie plädieren für den Einsatz drehzahl geregelter Wärmepumpen. Diese Technik passt die Wärmeleistung von Wärmepumpen besser an die des Hauses an. Dadurch ist eine längere Laufzeit der Wärmepumpen möglich, was deren Takten (EIN/AUS-Schalten) verringert. Theoretisch kann sich das positiv auf die Energieeffizienz auswirken.

Die Idee der Autoren: Drehzahl geregelte Wärmepumpen fahren die meiste Zeit im Teillastbereich und sind damit netzdienlicher als normale Wärmepumpen⁵. Bei tiefen Außentemperaturen laufen aber auch sie unter Volllast. Um trotzdem netzdienlich zu sein, müssen sie aus dem Netz genommen werden. Dazu ist ein Wärmespeicher notwendig, den die Wärmepumpe (hoffentlich) zuvor aufgeladen hat. Gemäß der Agenda-Messungen⁶ erniedrigt ein solcher Speicher die Energieeffizienz des Wärmepumpen-Systems um 0,1 - 0,2 JAZ-Punkte, was bei einer $JAZ = 3,0$ im Mittel immerhin einen Verlust von 5 % bedeutet. Die Autoren der Studie erwähnen aber weder die Energieeffizienzminderung und die zusätzliche Investition für den Wärmespeicher, noch den Umstand, wer die Kosten für den zusätzlichen Stromverbrauch und des Speichers tragen sollte.

Eigentlich müsste der Verteilnetzbetreiber diese Kosten übernehmen, schließlich ist der Anlagenbetreiber bereit, seine Wärmepumpe flexibel arbeiten zu lassen und damit für eine Netzoptimierung freizugeben. Das Netz müsste digital mit Sensoren und die Haushalte mit Smart-Metern aufgerüstet werden. Diese „Intelligenten Zähler“ sind jedoch bei den Kleinverbrauchern aus Kostengründen nicht vorgesehen.

Insgesamt wurde dieser Änderungsaufwand und die Kosten noch nicht zu Ende gedacht und gerechnet. Bevor nicht eine unabhängige und belastbare Kosten-Nutzen-Analyse vorliegt, bleibt der Beitrag von Wärmepumpen zu einer Flexibilisierung des Verteilnetzes Theorie.

2.3 Luft-Wärmepumpen und Erdgas-Brennwertkessel

Bei unvollständiger oder noch nicht erfolgter Gebäudesanierung sollen die energieineffizienten Luft-Wärmepumpen zukünftig bivalent arbeiten, manche sprechen auch von einer Hybridtechnik. Sie macht allerdings nur bei Fußbodenheizungen einen Sinn. Die Idee: In den Übergangszeiten arbeiten die Luft-Wärmepumpen noch mit passablen Monatsarbeitszahlen und bei tieferen Temperaturen, wenn die Wärmepumpe sich mit der Arbeitszahl in Richtung eines Elektro-Heizstabes bewegt, übernimmt ein Erdgas-Brennwertkessel die Arbeit. Tendenziell erhöht das zwar die Kosten, weil Erdgas eine leitungsgebundene Energie ist, die jetzt nur noch wenig in An

⁵ Von der Netzbelastung her macht es allerdings keinen Unterschied, ob die Wärmepumpen drehzahl geregelt sind oder takten, denn das Takten wird in einem Kollektiv von Wärmepumpen nicht synchron erfolgen. In einem Kollektiv von ab etwa 200 Wärmepumpen werden keine Unterschiede mehr zwischen drehzahl geregelt und Takten feststellbar sein.

⁶ Siehe Schlussbericht, a.a.O.

spruch genommen wird, aber die Energieeffizienz des Wärmepumpen-Systems wird ansteigen.

Um wie viel, das hat die Agenda-Gruppe bereits bei drei Mehrfamilienhäusern der Städtischen Wohnbau Lahr untersucht⁷. Das Ergebnis: Die Luft-Wärmepumpen kommen allein nur auf Jahresarbeitszahlen zwischen 2,0 und 2,7. Diese Werte sind noch schlechter als die Agenda-Gruppe in ihrem Feldtest als Durchschnitt ermittelt hat. Auch die nachträgliche Beistellung von Erdgas-Brennwertkesseln erhöhte die Jahresarbeitszahlen nur um 0,3 bis 0,5 JAZ-Punkte. Keine der drei bivalent betriebenen Luft-Wärmepumpenanlagen übertraf aber das schwache Energieeffizienzziel mit einer JAZ = 3,0. Der Schlussbericht stellt deshalb zurückhaltend fest: „In Bezug auf die Installationskosten und die Anlagenkomplexität sind andere Systeme oftmals vorteilhafter.“

Damit arbeiten Luft-Wärmepumpen auch in Verbindung mit Erdgas-Brennwertkesseln energie-ineffizient. Dieses System ist deshalb keine Zukunftslösung. Das gilt auch für die Kombination mit der Photovoltaik⁸. Bewährt hat sich dagegen die Verbindung mit der Solarthermie⁹.

2.4 Dominanz der Erdreich-Wärmepumpen

„Etwas mehr als die Hälfte“ der eingesetzten Wärmepumpen sollten Erdreich-Wärmepumpen sein. In der Studie des Fraunhofer IWES und des Fraunhofer IBP¹⁰ wird das Potenzial der Erdreich-Wärmepumpen näher bestimmt. Für den Gebäudebestand wird zwischen den einzelnen Baualtersklassen differenziert. Das maximal mögliche Potenzial der Erdreich-Wärmepumpe am Raumwärmebedarf wird dabei mit zwischen 50 % in den Baualtersklassen bis 1994 (sowohl Ein- als auch Mehrfamilienhäuser) und 80 % für die Ein- und Mehrfamilienhäuser ab 1995 beziffert.

Beide Studien des IWES/IBP weisen zwar auf die Probleme speziell bei Erdreich-Wärmepumpen hin, sehen darin aber offensichtlich kein dauerhaftes Hindernis für ihre große Verbreitung. Speziell bei Mehrfamilienhäusern, zumal in dicht besiedelten Stadtgebieten, dürfte es oftmals an Möglichkeiten für Erdsonden-Bohrungen mangeln; die Akzeptanz für Bohrungen mit den damit verbundenen relativ hohen Aufwendungen dürfte auch bei den Besitzern von Einfamilienhäusern eher gering sein. Erdreich-Wärmepumpen bedürfen darüber hinaus der Genehmigung, auch hieraus können Einschränkungen resultieren. Um die relativ hohe Jahresarbeitszahl bei einer Erdreich-Wärmepumpe zu erzielen, ist zudem auch hier eine Umstellung auf Niedertemperaturheizung erforderlich.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass die Integration von erdgekoppelten Wärmepumpen in den Gebäudebestand unter Berücksichtigung des damit verbundenen Umbaus des Heizsystems (nachträglicher Einbau einer Fußbodenheizung etc.) und des Einbaus eines Pufferspeichers mit einem besonders hohen Investitionskostenniveau verbunden ist. Da diese hohen Anschaffungskosten von den Vermietern aufzu-

⁷ Siehe Schlussbericht, a.a.O. und Auer, F.: Hybridheizung: Luftwärmepumpen und Erdgaskessel: Wirklich von beidem das Beste?, in: Sonnenenergie 2/2017

⁸ Auer, F.: Photovoltaik und Wärmepumpe – wirklich eine optimale Kombination?, in: Sonnenenergie 2/2016

⁹ Siehe Schlussbericht, a.a.O.

¹⁰ Fraunhofer IWES, Fraunhofer IPB, a.a.O.

bringen sind, wird es im Mietwohnungsbestand ohne besondere Impulse nur zu wenigen Elektro-Wärmepumpen kommen. Ein weiteres Dilemma ist, dass die hohen Investitionen sich nur lohnen, wenn der jährliche Wärmebedarf relativ hoch ist. In einem gut gedämmten Haus, das aber noch keine Passivhausqualität hat, führt die erdgekoppelte Wärmepumpe zu höheren spezifischen Wärmekosten¹¹ im Vergleich zu Niedrigenergiehäusern.

Der Trend auf dem Markt geht eindeutig zur Luft-Wärmepumpe hin. Erdreich-Wärmepumpen machten in den letzten drei Jahren nur jeweils um die 30 % des Marktes für Wärmepumpen aus. 2014 wurden 58.000 Wärmepumpen abgesetzt, 31,9 % davon waren Wärmepumpen mit der Wärmequelle Erdreich. Für 2015 lauten die entsprechenden Zahlen 57.000, davon 29,8 % Erdreich-Wärmepumpen und für 2016 66.500 Wärmepumpen mit einem Anteil der Erdreich-Wärmepumpen von 31,1 %. Ob sich dieser Trend angesichts der doch gewichtigen Hindernisse für Erdreich-Wärmepumpen vornehmlich im Gebäudebestand umkehren lässt, steht dahin.

3. Auswirkungen auf den Strommarkt

3.1 Zunehmender Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung

Bei der derzeitigen Stagnation des Anteils der erneuerbaren Energien am deutschen Strommix in Höhe von 32 % ist auch aus Sicht der Autoren der Wärmestudie ein ökologischer Betrieb von geplanten 5 Mio. Elektro-Wärmepumpen bei weitem nicht möglich. Deutschland visiert zwar für das Jahr 2030 einen Erneuerbaren-Anteil von 45 % an, die Autoren halten aber mehr als 60 % für notwendig. Zum Vergleich: Die Schweiz und Österreich haben heute schon einen so hohen Anteil und Norwegen sogar 98 %. Wegen der ganzjährigen Wasserkraftnutzung in den beiden Alpenländern lässt sich bei einem weiteren Anstieg der Erneuerbaren auch der Betrieb von Luft-Wärmepumpen rechtfertigen.

Anders dagegen in Deutschland: Hier steigt laut Umweltbundesamt der Anteil der erneuerbaren Energien am Strommix seit zwei Jahren nicht mehr an. Der Grund: Die Bundesregierung drosselt die Energiewende seit 2012 zu Gunsten des Einsatzes von Kohlekraftwerken. Nach der Photovoltaik und der Biomasse ist ab nächstem Jahr auch die Windenergie an Land dran, die kostengünstigste unter den Erneuerbaren. Darüber hinaus tut die Regierung auch nur wenig, um die Kohlenstoffdioxid-Emission zu verringern. Das betrifft nicht nur die Stromerzeugung, sondern auch die Sektoren Wärme und Verkehr: Alle Bemühungen um mehr Energieeffizienz und erneuerbare Energien werden konterkariert durch den vermehrten Einsatz fossiler Kraftwerke, den Kauf schwerer Geländewagen¹², die Verlagerung von Gütern von der Bahn auf die Straße und die zunehmende Düngung in der Landwirtschaft.

Weil der politische Wille fehlt, die selbst gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen, werden deshalb die Luft-Wärmepumpen noch auf absehbare Zeit energie-ineffizient arbeiten.

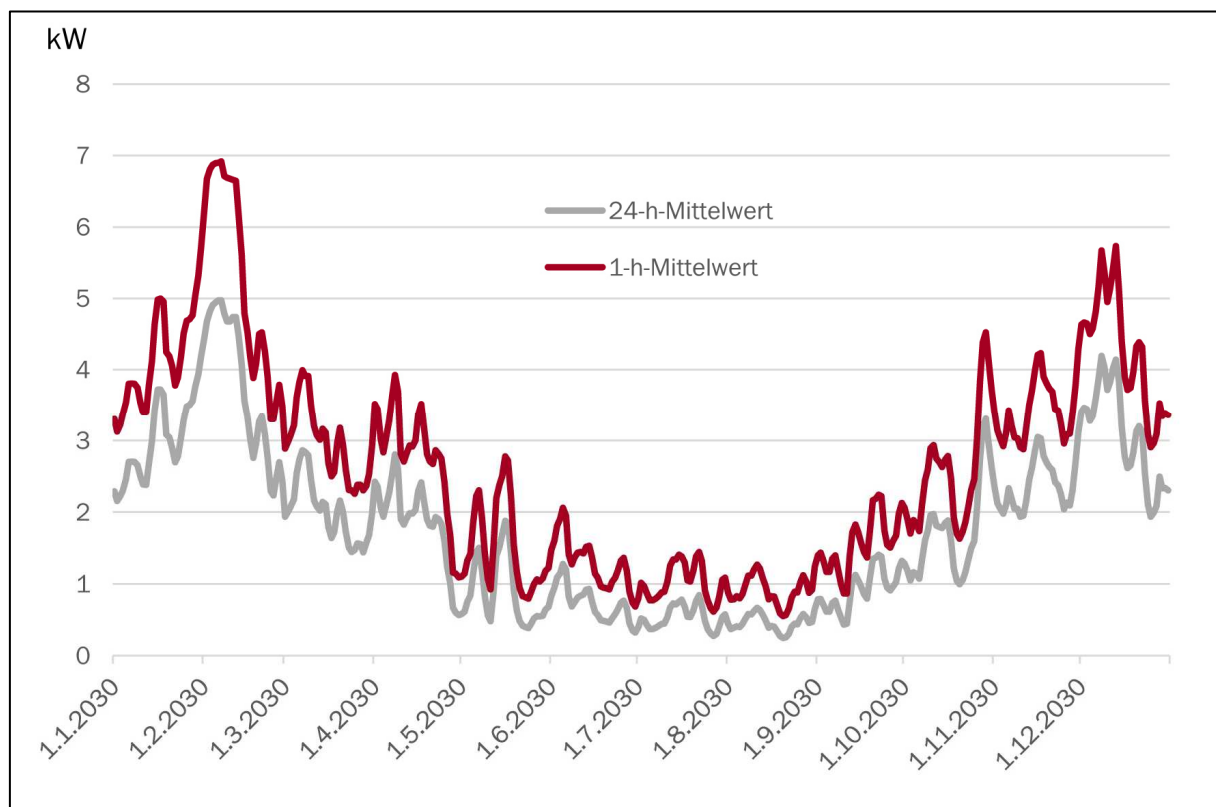
¹¹ Kosten je Kilowattstunde Wärme

¹² 2016 hatten sie einen Anteil von 21 % an den Neuwagen mit Tendenz nach oben.

3.2 Sich verringernde Emissionsintensität der Wärmepumpe

Der durchschnittliche Strommix für 2030 wird mit 220 g CO₂/kWh angenommen. Damit müsste er sich gegenüber dem heutigen Faktor von 535 g CO₂/kWh¹³ um mehr als die Hälfte vermindern. Hinsichtlich der Veränderung des Kraftwerksparks bezieht sich die Studie auf den Kohlekonsenspfad der Agora Energiewende¹⁴. Danach sollen die Kohleförderung und –nutzung schrittweise bis zum Endpunkt 2040 auf null gesetzt werden. Bis 2030 müssten dazu etwa 15,5 GW an Braunkohlekraftwerken und ca. 18 GW an Steinkohlekraftwerken stillgelegt werden, was fast zwei Drittel der derzeitigen Kohlekraftwerkskapazität umfassen würde. Neue Kohlekraftwerksprojekte¹⁵ dürften nicht mehr realisiert werden.

Der durchschnittliche Strommix des bundesdeutschen Kraftwerksparks eignet sich jedoch nicht als Kennwert für die Emissionsintensität der Wärmepumpe, da es sich bei der Gebäudeheizlast und damit beim entsprechenden Strombedarf für die Wärmepumpe nicht um eine gleichmäßig über das Jahr bzw. über den Tag verteilte Nachfrage handelt, wie die folgende Abbildung¹⁶ zeigt.



Durchschnittliche (24-h-Mittelwert) und maximale Gebäudeheizlast (1-h-Mittelwert) an den Tagen des Jahres 2030

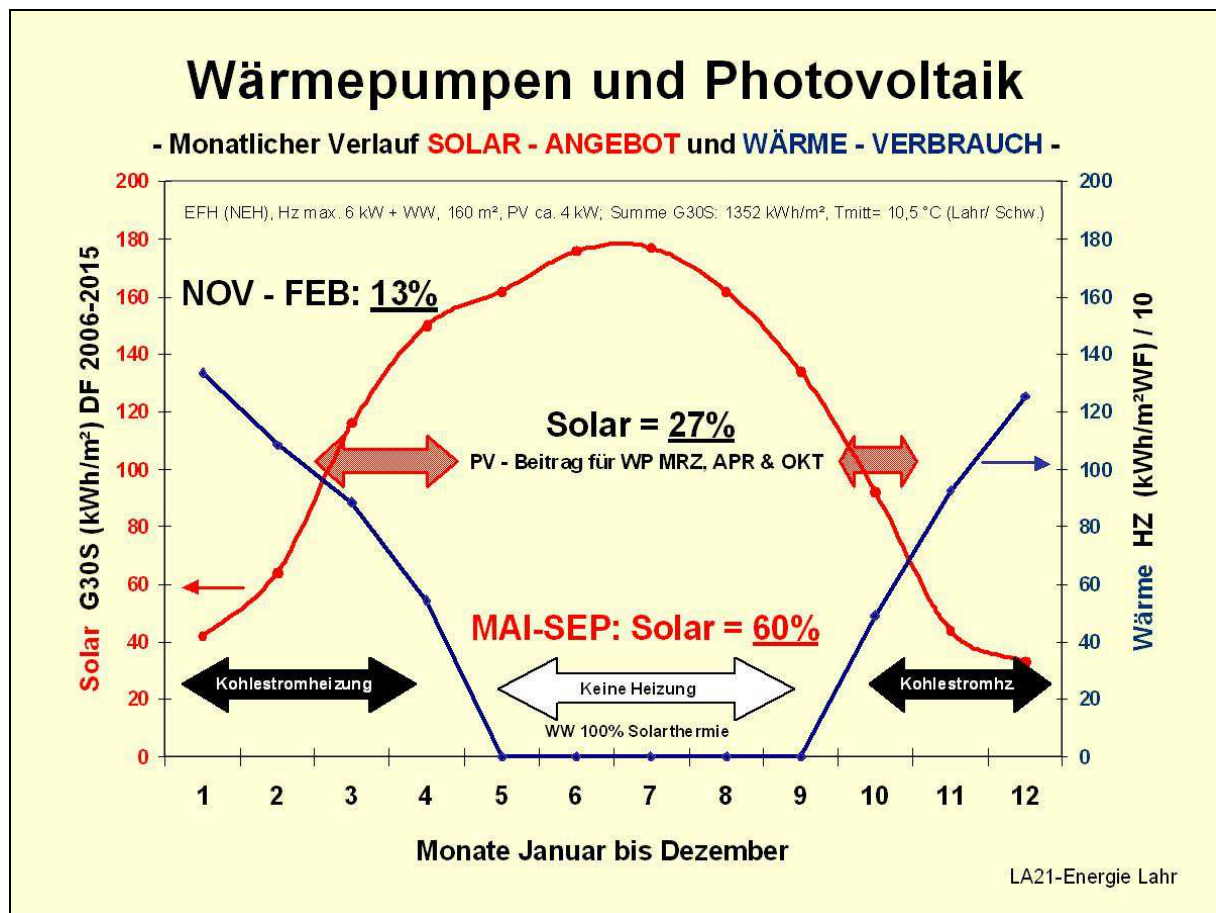
¹³ Siehe Umweltbundesamt: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommixes in den Jahren 1990 – 2015, Climate Change 26/2016, Dessau-Roßlau 2016

¹⁴ Siehe Agora Energiewende: Elf Eckpunkte für einen Kohlekonsens, Konzept zur schrittweisen Dekarbonisierung des deutschen Stromsektors (Kurzfassung), Jan. 2016

¹⁵ Derzeit befinden sich ein Steinkohlekraftwerk im Bau und jeweils ein Steinkohle- und ein Braunkohlekraftwerk im Genehmigungsverfahren, siehe BDEW Kraftwerksliste 2016, www.bdew.de

¹⁶ M. Bräuninger: Der Einfluss monovalenter Strom-Wärmepumpen auf den Bedarf an gesicherter Kraftwerksleistung, Hamburg, August 2015

Das Angebot an Strom aus Photovoltaik und die Stromnachfrage fallen zudem zeitlich stark auseinander, wie aus der folgenden Abbildung¹⁷ ersichtlich.



Die Stromnachfrage der Wärmepumpen kann deshalb nur zum geringeren Teil durch Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden. Die Windenergie bietet zwar etwas günstigere Voraussetzungen, aber auch nur zeitweise. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die zusätzliche Stromnachfrage der Wärmepumpen in der Hauptsache durch konventionelle fossile Mittellast- und Spitzenlastwerke gedeckt werden muss. Zudem kommen angesichts der geltenden „merit order“ auf dem Strommarkt zunächst die Kraftwerke mit den niedrigsten Grenzkosten zum Einsatz, also abgeschriebene, wenig umweltfreundliche (Kohle-) Kraftwerke. Deshalb sollte anstelle des durchschnittlichen Strommixes ein Verdrängungsstrommix angelegt werden¹⁸. Schaumburg und Seifried gehen von einem heutigen Faktor von 865 g CO₂/kWh für den Wärmepumpenstrom einschließlich der Netz- und Umspannverluste aus¹⁹.

Die Studie beziffert den Verdrängungsstrommix²⁰ für 2030 mit 600 g CO₂/kWh. Dieser gegenüber dem heutigen Faktor niedrigere Wert würde sich nur dann rechtfertigen, wenn es gelänge, mehr erneuerbaren Strom nicht nur generell, sondern passgenau zur Deckung der Wärmepumpennachfrage zu nutzen. Da eine Änderung der klimati-

¹⁷ Auer, F., a.a.O.

¹⁸ Siehe IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Marktanalyse Heizstrom, Heidelberg Sept. 2013

¹⁹ Siehe Schaumburg, D., Seifried D.: Wärmepumpen – ein klimaschonendes Heizsystem?, Ökonomische und Ökologische Konzepte, www.oe2.de

²⁰ Den sie aber wie erwähnt nicht für ihre Berechnungen einsetzt, siehe oben.

schen Bedingungen nicht zur Debatte steht, kommen dafür nur Stromspeicher in Frage. Die Speicherung des Stroms aus erneuerbaren Energien stößt jedoch bis auf weiteres auf reale Grenzen: Der Bau neuer Pumpspeicherwerke in Deutschland ist aus ökologischen Gründen kaum zu erwarten. Die bisherigen sonstigen Stromspeicher sind aufwendig und kostenintensiv. Ob Forschung und Entwicklung hier zu technischen und kostengünstigen Lösungen kommen, die einen breiten Einsatz gestatten, ist abzuwarten.

Wie erwähnt, wird in der Studie ein Ausbau auf mindestens 60 % Anteil der erneuerbaren Energien im Stromsektor im Jahr 2030 als Voraussetzung angesehen, um die Ziele zur Treibhausgasreduzierung zu erreichen. Die Bundesregierung strebt lediglich einen Anteil von 45 % an und wird, wie dargestellt, mit der derzeitigen Politik, den Ausbau der erneuerbaren Energien zu deckeln, auf keinen Fall das in der Studie anvisierte Ziel erreichen.

3.3 Flexibilität der Wärmepumpe

Nach der Argumentation der Befürworter könnte die Wärmepumpe dank ihrer Leistungsregelung und des Pufferspeichers (siehe Kap. 2.2) auch stromgeführt betrieben werden. Wenn Überschüsse aus der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien vorhanden sind – also bei negativer Residualenergie -, könnte sie, unabhängig vom aktuellen Wärmebedarf, diesen Strom aufnehmen und die erzeugte Wärme ggf. in den Pufferspeicher leiten. Umgekehrt, ist die Stromnachfrage höher als die Erzeugung aus erneuerbaren Energien (positive Residualenergie), würden die Wärmepumpen, wiederum unabhängig vom Wärmebedarf, abgeschaltet. Die ggf. benötigte Wärme sollte dann aus dem Pufferspeicher entnommen werden.

Die Verwendung des Überschussstroms aus erneuerbaren Energien für Wärmeanwendungen wird als „Power-to-heat“ bezeichnet. 2015 betrug diese „Ausfallarbeit durch Einspeisemanagementmaßnahmen“ 4.722 GWh, was einen Anteil von 2,8 % an der gesamten Erzeugungsmenge von EEG-Anlagen ausmachte²¹. Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass damit der Strombedarf der Wärmepumpen in 2015 von 4.916 GWh mengenmäßig fast schon gedeckt werden könnte. Aber diese Betrachtung ist rein bilanziell. Der Anfall der Überschussenergie deckt sich weder vom Ort, zeitlichem Verlauf noch von der jeweiligen Menge mit dem Bedarf an Wärmepumpenstrom. Im Gegenteil erzeugt die Wärmepumpe, wie gezeigt, Bedarf an zusätzlicher Residualenergie in der kritischen Winterzeit. Dieser Bedarf muss durch konventionelle Quellen bereitgestellt werden.

Hinsichtlich des Überschussstroms fehlt in der Studie auch eine Gegenüberstellung möglicher Alternativen. Überschussstrom kann nicht nur durch flexible Anwendungen genutzt werden, sondern es ist möglich, ihn durch verschiedene Maßnahmen gar nicht erst entstehen zu lassen. Dazu zählen nachfrageseitige Maßnahmen, der Netzausbau und die Reduzierung der „must-run“ Fahrweise der konventionellen Kraftwerke²². Insbesondere nachfrageseitige Maßnahmen wie das Lastmanagement²³ und Stromeffizienz stehen hier aus Kosten- und Umweltgründen an erster Stelle.

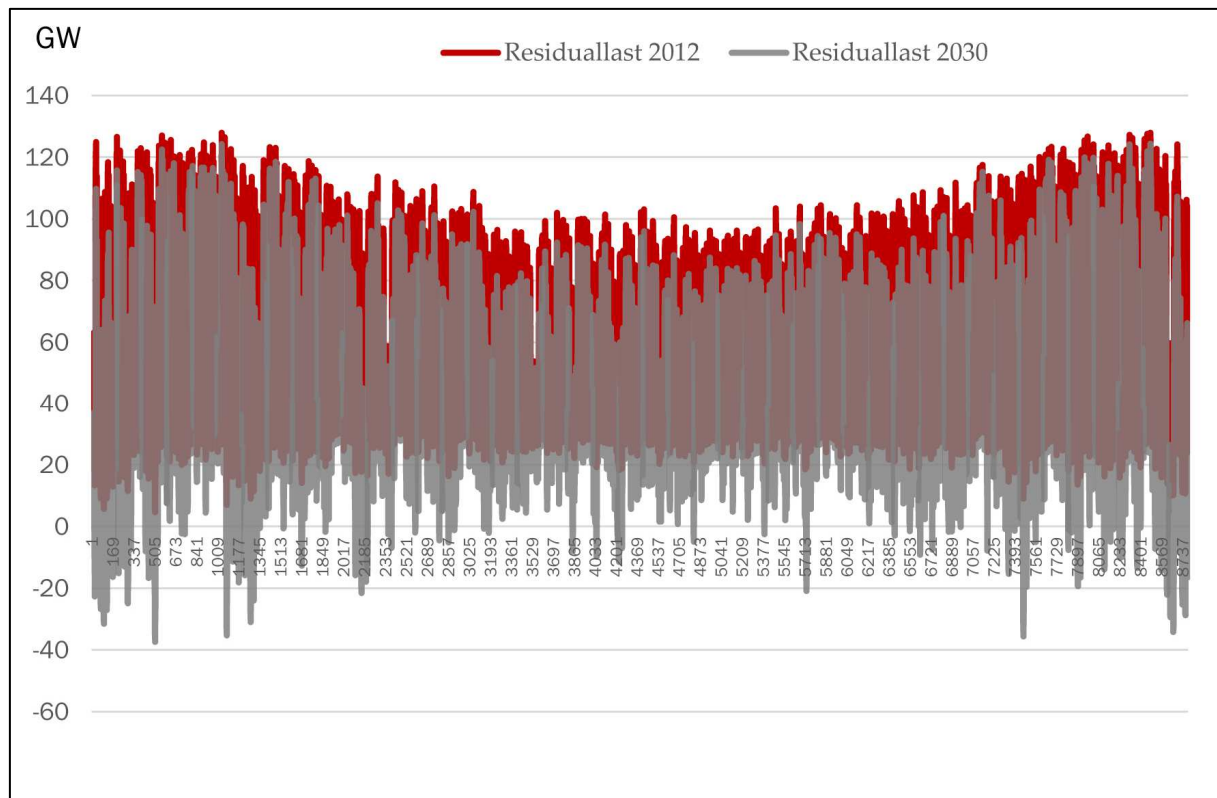
²¹ Siehe Bundesnetzagentur, Bundeskartellamt: Monitoringbericht 2016, Stand 30.Nov. 2016

²² „Must-run“ ist die systemweite Mindesterzeugung zur Stabilisierung der Netzfrequenz. Es ist zu prüfen, inwieweit diese System-Dienstleistung von Wind- und Photovoltaikanlagen übernommen werden kann.

3.4 Zusätzlich erforderliche Kraftwerkskapazität

Im Jahre 2015 waren 897.570 Wärmepumpen mit einer thermischen Gesamtleistung von 8.894 MW und einem Stromverbrauch von 4.916 GWh in Betrieb²⁴. Bei einer vereinfachenden Extrapolation und Annahme einer Jahresarbeitszahl von 3 würde dies 2030 für den anvisierten Bestand von 5 bis 6 Mio. Wärmepumpen einen jährlichen Stromverbrauch von 27 bis 32,4 TWh bzw. bei 6 bis 8,1 Mio. Wärmepumpen von 32,4 bis 43,7 TWh bedeuten sowie eine elektrische Leistung von 16,5 bis 19,8 GW bzw. 19,8 bis 26,7 GW.

Aber auch hier ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich. Auch 2030 wird es noch Stunden mit hoher Residuallast geben, in denen die Stromnachfrage durch konventionelle Kraftwerke gedeckt werden muss, wie die folgende Abbildung zeigt.



Residuallast im Jahr 2012 und die Prognose der Residuallast 2030²⁵

Deshalb muss geprüft werden, zu welcher Zeit die Stromnachfrage der Wärmepumpe anfällt und ob sie mit den Zeiten ohnehin hoher Residuallast zusammenfällt. Bräuninger²⁶ untersuchte dies für zwei Szenarien im Jahr 2030, in denen 10 bzw. 20 % der vorhandenen Öl- und Gasheizanlagen durch Wärmepumpen ersetzt werden.

²³ Beim Lastmanagement werden flexible Stromnachfrager in Industrie, Gewerbe und Haushalten dann eingeschaltet, wenn Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht. Die Stromnachfrage wird dabei nicht erhöht, sondern verschiebt sich nur zeitlich, was zugleich wirtschaftlich und umweltfreundlich ist.

²⁴ Siehe Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: 5. Monitoring Bericht zur Energiewende. Die Energie der Zukunft, Berichtsjahr 2015, Anhang

²⁵ Bräuninger, a.a.O.

²⁶ Bräuninger, a.a.O.

Danach beläuft sich die zusätzlich erforderliche gesicherte Kraftwerksleistung bei einem Bestand von 1,9 bzw. 3,8 Mio. Wärmepumpen auf 4 bzw. 8 GW.

Eine solche differenzierte Betrachtung fehlt in der Studie. Der Hinweis, dass die Wärmepumpen elektrische Direktheizungen ersetzen, für die nach Angaben in der Studie bisher 35 GW vorgehalten werden, geht fehl. Nach vorliegenden Angaben gab es 2010 etwa 1,6 Mio. Nachtspeicherheizungen, deren Stromverbrauch sich auf 10 bis 15 TWh belief²⁷. Dies dürfte in der Zwischenzeit weiter abgenommen haben. Nachtspeicherheizungen wurden hauptsächlich propagiert, um die einstigen „Nacht-täler“ der konventionellen Kraftwerke zu füllen. Es ist davon auszugehen, dass deren Strombedarf aktuell durch (Kohle-)Mittellastkraftwerke gedeckt wird. Diese Kraftwerke sollen nach dem Kohlekonsenspfad nach und nach abgeschaltet werden; sie stünden somit für die Bereitstellung des Wärmepumpenstroms nicht mehr zur Verfügung; ganz abgesehen davon, dass es grundsätzlich nicht wünschenswert ist, Wärmepumpenstrom durch Kohlekraftwerke bereitzustellen.

Es wird angegeben, dass aufgrund des bis 2030 erreichten Wärmepumpenausbaus der Bedarf an abgesicherter Leistung um 10 bis 21 GW ansteigen wird. Die Studie empfiehlt dafür „kostengünstige Gasturbinen“. Nimmt man die heutige Kraftwerkskapazität von ca. 204 GW²⁸ als Maßstab, müssten zusätzliche Kapazitäten von ca. 10 bis 20 % allein für die Absicherung von Wärmepumpen bereitgestellt werden, vom ebenfalls erforderlichen Netzausbau ganz zu schweigen.

Inwieweit diese Angabe von 10 bis 21 GW auch die Situation sogenannter „Dunkelflauten“ berücksichtigen, ist unklar. „Dunkelflauten“ sind Zeiten, in denen die Windenergie und die Photovoltaik auf Grund von entsprechenden Wetterbedingungen kaum oder gar keinen Strom produzieren und gleichzeitig anhaltende Kälte herrscht²⁹. Der Strombedarf der Wärmepumpen in dieser Kälteperiode wäre auf Grund der schlechten Jahresarbeitszahlen praktisch dreimal so hoch wie in den genannten Szenarien³⁰ berechnet und müsste durch gesicherte und regelbare Kraftwerksleistung abgesichert werden.

4. Elektrifizierung aller Sektoren und ausgeschlossene Alternativen (KWK)

Die „Sektorkopplung“, die Verbindung von Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich, wird in der Studie als „unerlässlich“ betrachtet. Als Folge dessen muss sich – nach Aussage der Studie – auch der Wärmesektor „elektrifizieren“.

Dabei wird - neben den bereits erwähnten Argumenten - außer Acht gelassen, dass sich die Bundesregierung unter anderem zum Ziel gesetzt hat, bis 2050 den Stromverbrauch um 25 % zu vermindern. Dieses Ziel steht nicht für sich, sondern ist im Zusammenhang mit der Reduzierung des Primärenergieverbrauchs zu stellen, der bis zu diesem Zeitpunkt mindestens halbiert werden sollte. Der Studie zufolge wird

²⁷ Siehe Bundeskartellamt: Heizstrom – Marktüberblick und Verfahren, Bericht, Bonn, Sept. 2010

²⁸ Siehe Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur, Erzeugungsanlagen Stand 16.11.2016, www.bundesnetzagentur.de

²⁹ Eine solche „Dunkelflaute“ herrschte zum Beispiel zwischen dem 16. und 26. Januar 2017, siehe Wetzel, D.: Die „Dunkelflaute“ bringt Deutschlands Stromversorgung ans Limit, veröffentlicht am 6.2.2017, www.welt.de

³⁰ bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 3. Unter null Grad wird bei einer Luft-Wärmepumpe der Heizstab als Elektrodirektheizung eingesetzt, es sei denn, es ist ein zusätzliches konventionelles Heizsystem vorhanden.

der Stromverbrauch durch die Wärmepumpen nur „einen geringen Zuwachs“ erfahren, da die Wärmepumpen als „effiziente Verbraucher“ zum Teil ineffiziente Anwendungen wie die Nachtspeicherheizung ersetzen. Der Stromverbrauch der Wärmepumpen wird an einer Stelle für 2030 mit 17 bis 53 TWh beziffert³¹. Gemessen am heutigen Bruttostromverbrauch (2015: 594 TWh) würde dies unter sonst gleichen Bedingungen einen Mehrverbrauch von 3 bis 9 % bedeuten.

Laut Studie ist dieser zusätzliche Bedarf vollständig durch Strom aus erneuerbaren Energien zu decken. Da wie gezeigt Photovoltaik- und Windenergieanlagen dazu kaum Beiträge leisten können, läuft es auf einen entsprechenden Zubau an Gasturbinen hinaus, die in der Folge mit erneuerbarem Gas, gewonnen aus Power-to-Gas-Anlagen, betrieben werden müssten. Die Gasturbinen werden im reinen Strombetrieb gefahren, was einen entsprechend geringen Wirkungsgrad nach sich zieht. Die im Vergleich zu Wärmepumpen konstatierte schlechte „Ausbeute“ aus Power-to-Gas-Anlagen wird also zur Stromerzeugung mit relativ geringem Wirkungsgrad genutzt, der darüber hinaus noch ausschließlich für Wärmeanwendungen dient, eine exergetisch niederwertige Anwendung im Vergleich zur hochwertigen Stromenergie.

Die Effizienz einer solchen Kette ist fraglich. Der Schluss aus der Studie, dass die Gasturbinen ja nur einen relativ geringen Teil der Stromnachfrage von Wärmepumpen decken müssten, geht, wie dargelegt, fehl.

In der Studie wird zur Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie für den Gebäudebereich keine wirkliche Alternative³² geprüft, insbesondere nicht die Kraft-Wärme-Kopplung. Kraft-Wärme-Kopplung wird in der Studie nur als „Effizienztechnologie für den Stromsektor“ gesehen. Im Wärmesektor soll sie – außer in der Industrie – nur im Zusammenhang mit (Fern-)Wärmenetzen eine Rolle spielen.

Kraft-Wärme-Kopplung ist ein Effizienzprinzip, das außerordentlich vielseitig einsetzbar ist. Entsprechende Anlagen sind in allen Leistungsgrößen auf dem Markt und mit fast allen Energieträgern, auch erneuerbaren, zu betreiben. Fossiles Erdgas, mit dem derzeit vor allem die mittleren und kleinen Anlagen versorgt werden, kann auf Dauer durch erneuerbares Gas aus Power-to-Gas-Anlagen ersetzt werden. Das erneuerbare Gas wird hier direkt und energieeffizient zur Stromversorgung eingesetzt. Dies bietet außerdem die Chance, die gut ausgebaute und weit gefächerte Gasinfrastruktur (Speicher und Netze) nutzen zu können. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind darüber hinaus flexibel einzusetzen und bilden damit vor allem auf der regionalen Ebene eine gute Ergänzung zum fluktuierenden (dezentralen) Angebot von Wind und Sonne. Die Stromversorgung könnte auf diese Weise mittels regionalen virtuellen Kraftwerken dezentral strukturiert und damit der Bau von überregionalen Netzen zu einem erheblichen Teil vermieden werden.

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen können auch bei der dezentralen Gebäude-Wärmeversorgung eingesetzt werden. Das Problem der Wärmepumpen, Strombedarf zu einer Zeit zu generieren, in denen keine natürlichen erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung stehen, gibt es bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nicht. Im

³¹ Da diese Angabe nur in einer Fußnote zu finden, ist weder klar, auf welche Anzahl von Wärmepumpen sie sich bezieht noch auf welches Jahr.

³² Auf den (alternativen) Einbau moderner Gasbrennwertkessel wird kurz eingegangen, gegenüber denen Wärmepumpen laut Studie hinsichtlich Effizienz und Treibhausgasemissionen besser zu bewerten seien.

Gegenteil können sie gerade zum erwünschten Zeitpunkt – im Extremfall in der Dunkelklaute – die erforderliche Residuallast bereitstellen.

Auch auf der Gebäudeebene sind KWK-Anlagen, in diesem Fall kleine Blockheizkraftwerke, sehr gut mit Photovoltaikanlagen zu kombinieren, da sie sich saisonal ergänzen³³. Damit ist ein hoher Anteil an Eigenversorgung³⁴ möglich.

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind deshalb keine „Brückentechnologie“, sondern „Schlüsseltechnologie“ sowohl für den Strom- als auch den Wärmebereich. Es ist deshalb unverständlich, warum in der Studie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen nicht als Alternative zur Wärmepumpe geprüft worden sind.

Schlussfolgerungen:

- Die von der AGORA Energiewende finanzierte Studie „Wärmewende 2030“ kommt im Kern zu der Empfehlung eines enormen Zubaus an dezentralen Elektro-Wärmepumpen, ohne dabei die bestehenden Alternativen, wie z.B. die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung, in gebührender Weise mit zu betrachten.
- Die laststeigernde Wirkung der Elektro-Wärmepumpen, die sich insbesondere in den oft auftretenden lang anhaltenden Phasen geringer Photovoltaik- und Windkraftenerzeugung ungünstig auswirken, werden in der Studie deutlich unterschätzt. Denn schließlich geht es hauptsächlich um den Einbau von Wärmepumpen in den Gebäudebestand, in dem energieeffiziente Einsatzbedingungen eher Ausnahmen darstellen. Außerdem wird ein hoher Anteil an Wärmepumpen in Kauf genommen, die Außenluft als Wärmequelle nutzen und sich an den kältesten Tagen fast wie elektrische Direktheizer verhalten. Die Abdeckung der damit verbundenen Zusatzlasten wird im postfossilen Zeitalter mit enormen Aufwand und Kosten verbunden sein.
- Die Studie böte eine Orientierung für die Wärmeversorgung der Zukunft, wenn sie eine Gegenüberstellung von Alternativen enthielte und dabei vor allem auch die mit den elektrischen Lasteffekten verbundenen Ansprüche sorgfältig behandeln würde. Stattdessen wird hier von vornherein unterstellt, die Wärmeversorgung in der Erneuerbare Energien-Zukunft müsse sich auf direktem Wege zum Elektrobasierten wandeln.

³³ Im Gegensatz zur Kombination Wärmepumpe und Photovoltaik, wo die Photovoltaik nur relativ geringe Deckungsbeiträge für die Wärmepumpe liefern kann.

³⁴ „Eigenversorgung“ im weiteren Sinn, also einschließlich z.B. der Stromversorgung für Mieter oder Genossen.