

2. Aktualisierung der Studie

Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes

- Bestandsaufnahme und Trends -

Bochum, November 2017

Diese Studie wurde erstellt von:



International Geothermal Centre
Hochschule Bochum – Bochum University of Applied Sciences

Autoren:

Dipl.-Ing. Holger Born
Dr.-Ing. Stefan-Schimpf-Willenbrink
Helen Lange
Dipl.-Geophys. Gregor Bussmann
Prof. Dr. Rolf Bracke

Auftraggeber:

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)



für die

Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat)



Kontakt:

Prof. Dr. Rolf Bracke
Hochschule Bochum
Lennershofstraße 140 - 44801 Bochum
T: 0234 - 32-10233 / F: 0234 - 32-14890

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
1. Einleitung.....	1
2. Datengrundlage und Methodik	3
2.1 Datenerhebung bei Branchenverbänden	4
2.1.1 Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP)	5
2.1.2 Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. (BDH)	5
2.2 Datenerhebung bei Förderinstitutionen	5
2.3 Datenerhebung bei Forschungsinstitutionen	6
2.3.1 Wärmepumpen-Testzentrum Buchs (WPZ)	6
2.3.2 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE).....	7
2.4 Beschluss der EU-Kommission: EU/2013/14.....	8
3. Wärmepumpentechnologie	9
3.1 Wärmepumpentechnologien.....	10
3.2 Luftwärmepumpen	11
3.3 Solewärmepumpe	12
3.4 Wasserwärmepumpe	13
3.5 Reversible Wärmepumpen	13
3.6 Brauchwasserwärmepumpen	14
3.7 Gasbetriebene Wärmepumpen	14
4. Absatzzahlen von Wärmepumpen	17
4.1 Elektrische Heizungswärmepumpen	17
4.2 Elektrische Brauchwasserwärmepumpe.....	21
4.3 Gasbetriebene Heizungswärmepumpen.....	23
5. Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand).....	27
5.1 Elektrische Heizungswärmepumpen	27
5.2 Elektrische Brauchwasserwärmepumpe.....	33
5.3 Gasbetriebene Heizungswärmepumpen.....	34
6. Durchschnittliche Nennleistung der Wärmepumpe.....	35
6.1 Elektrische Heizungswärmepumpe	36
6.2 Elektrische Brauchwasserwärmepumpe.....	38
6.3 Gasbetriebene Heizungswärmepumpen.....	38
7. COP / JAZ der Wärmepumpe	39
7.1 COP-Messwerte	39
7.1.1 Elektrische Heizungswärmepumpen.....	40
7.1.2 Brauchwasserwärmepumpen	42

7.1.3 Gasbetriebene Wärmepumpen.....	42
7.2 Jahresarbeitszahlen	43
7.2.1 Elektrische Heizungswärmepumpen.....	44
7.2.2 Brauchwasserwärmepumpen	46
7.2.3 Gasbetriebene Wärmepumpen.....	48
8. Vollbenutzungsstunden.....	49
9. Einsatz des Heizstabes & bivalenter Betrieb im Kontext der Vollbenutzungsstunden.....	53
10. Energiemengen des Feldbestands.....	57
10.1 Heizungswärmepumpen.....	57
10.2 Brauchwasserwärmepumpen	60
10.3 Gaswärmepumpen	61
11. Verteilung nach Gebäudetypen.....	63
12. Investitionsumfang von Wärmepumpenanlagen.....	67
13. Großwärmepumpen	71
14. Prognose der Marktentwicklung	73
15. Technologietrends	75
15.1 Die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie der Energiewende	75
15.2 Digitalisierung im Handwerk und Smart Home	76
15.3 Technische Trends der Wärmepumpentechnik	78
16. Fazit (und Empfehlungen).....	81
17. Quellenverzeichnis.....	83
18. Anhang	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: COP einer Wärmepumpe in Abhängigkeit von Wärmequelle und Wärmesenke bei einem Gütegrad von 50 % [eigene Darstellung].....	9
Abbildung 2: Mittelwerte der Lufttemperatur im Jahresverlauf am Standort Erfurt [DWD, 2017].....	11
Abbildung 3: Verlauf der ungestörten Untergrundtemperatur bis zu einer Tiefe von 200 m und jahreszeitlicher Einfluss bis zu einer Tiefe bis 20 m [Tholen & Walker-Hertkorn 2008].....	12
Abbildung 4: Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland, [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a].....	17
Abbildung 5: Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen nach Art der Wärmepumpe in Deutschland , [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a].....	18
Abbildung 6: Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen nach Art der Wärmepumpe in Deutschland im Vergleich zum jeweils aktuellen Heizölpreis [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a; Statista 2017a].....	20
Abbildung 7 Verlauf der Absatzzahlen von elektrischen Brauchwasserwärmepumpe in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a].....	21
Abbildung 8 Verlauf der Absatzzahlen von thermischen Sorptionswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach [BWP 2013b & 2017a].....	24
Abbildung 9 Absatzzahlen von gasmotorischen Wärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDEW, 2013 & 2017; ASUE 2008-2016].....	24
Abbildung 10: Bestandszahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP2015 & 2017a].....	27
Abbildung 11: Austauschfunktion für elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland [BWP 2011 & 2013a].....	28
Abbildung 12: Austauschfunktion für elektrische Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung].....	29
Abbildung 13: Bestandszahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung].....	30
Abbildung 14: Bestandszahlen von elektrischen Brauchwasserwärmepumpen in Deutschland nach eigener Berechnung [eigene Darstellung].....	33
Abbildung 15 Bestand gasbetriebener Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BWP 2013b & 2017a; BDEW, 2013 & 2017; ASUE 2008-2016].....	34
Abbildung 16 Verlauf der Heizleistung und der Leistungszahl in Abhängigkeit der Temperatur der Wärmequelle und Wärmesenke [eigene Berechnung und Darstellung].....	35
Abbildung 17: Durchschnittliche Leistung von elektrischen Heizungswärmepumpen [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a].....	36
Abbildung 18: Durchschnittliche Leistung von Heizungswärmepumpen nach BAFA Verbandsstatistik MAP 2016 [eigene Darstellung nach BAFA 2017].....	37
Abbildung 19: Entwicklung COP EN 255 [eigene Darstellung nach Eschmann, WPZ Buchs 2012 & 2013]..	40
Abbildung 20 Graphische Darstellung der Prüfprozedur nach EN 16147 [Cordin et al., WPZ Buchs 2015]..	42
Abbildung 21: Systemgrenzen der JAZ [Miara et al. Fraunhofer ISE 2011].....	43
Abbildung 22 Einfluss des Heizstabes auf die JAZ von Luft-Wärmepumpen [Miara et al. Fraunhofer ISE 2011].....	54
Abbildung 23: Systemgrenzen für die JAZ / SPFH der EU [Europäische Kommission 2013].....	54
Abbildung 24 Differenz der gesamten regenerativen Nutzwärme berechnet mit den Werten dieser Studie und den Vorgaben der EU/2013/14 in GWh für den Zeitraum 2007 bis 2016 [eigene Darstellung].....	59
Abbildung 25: DEStatis Lange Reihen: Anteil der Wärmepumpen bei Baufertigstellungen neuer Gebäude [eigene Darstellung nach DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017].....	63
Abbildung 26: DEStatis Lange Reihen: Wärmepumpen in Wohngebäuden [eigene Darstellung nach DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017].....	65
Abbildung 27: DEStatis Lange Reihen: Wärmepumpen in Nichtwohngebäuden [eigene Darstellung nach DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017].....	65
Abbildung 28: Durchschnittlicher Anlagenpreis von Wärmepumpen pro kW [eigene Darstellung nach Wärmepumpenshop 2017].....	67
Abbildung 29: Installationskosten pro kW, BAFA Verbandsstatistik MAP 2016 [eigene Darstellung nach BAFA 2017].....	68

<i>Abbildung 30: Durchschnittliche Leistungsgröße, BAFA Verbandsstatistik MAP 2016</i> <i>[eigene Darstellung nach BAFA 2017]</i>	69
<i>Abbildung 31: Durchschnittliche Investitionskosten, BAFA MAP Verbandsstatistik 2014 bis 2016</i> <i>[eigene Darstellung nach BAFA 2017]</i>	69
<i>Abbildung 32 Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes in Deutschland, ab 2016 Prognose [BWP 2015] ...</i>	73

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen nach Art der Wärmepumpe in Deutschland und ihr prozentualer Marktanteil [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]</i>	19
<i>Tabelle 2 Absatzzahlen von elektrischen Brauchwasserwärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]</i>	22
<i>Tabelle 3 Absatzzahlen von thermischen Sorptionswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach [BWP 2013b & 2017a]</i>	23
<i>Tabelle 4 Verlauf der Absatzzahlen von gasmotorischen Wärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDEW, 2013 & 2017; ASUE 2008-2016]</i>	25
<i>Tabelle 5 Feldbestand von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland zum 31.12.2016 bezogen auf das Jahr des Wärmepumpenabsatzes (Installation) [eigene Darstellung]</i>	31
<i>Tabelle 6 Bestandsdaten für Wärmepumpen [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP2015 & 2017a]</i>	31
<i>Tabelle 7 Bestandsdaten für Wärmepumpen nach eigener Berechnung [eigene Darstellung]</i>	31
<i>Tabelle 8 Feldbestand von Brauchwasser- Wärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP2015 & 2017a und eigene Berechnung]</i>	33
<i>Tabelle 9: durchschnittliche Leistung von Sorptionswärmepumpen 2009-2020 [eigene Darstellung nach BWP2013a]</i>	38
<i>Tabelle 10 Entwicklung der nach EN 255 gemessenen COPs für Luft- und Solewärmepumpen seit 1993 [eigene Darstellung nach Eschmann, WPZ Buchs 2012 & 2013]</i>	40
<i>Tabelle 11 Berechnete Entwicklung der COPs auf Basis der am WPZ Buchs nach EN 255 seit 1993 gemessenen Prüfwerte [eigene Darstellung]</i>	41
<i>Tabelle 12 Durchschnittliche JAZ von elektrischen Heizungswärmepumpen für den Zeitraum 2013-2016 [eigene Darstellung nach BWP 2017a]</i>	44
<i>Tabelle 13 Durchschnittliche JAZ laut Feldtest des Fraunhofer ISE [eigene Darstellung nach Russ et al., Fraunhofer ISE 2010; Miara et al., Fraunhofer ISE 2011; Günther et al., Fraunhofer ISE 2014]</i>	44
<i>Tabelle 14 Durchschnittliche JAZ in Neubau und Bestand für die Jahre 2006, 2008 und 2012 [eigene Darstellung]</i>	44
<i>Tabelle 15 Verhältnis zwischen JAZ und COP in den Jahren 2006, 2008 und 2012 [eigene Darstellung]</i>	45
<i>Tabelle 16 Berechnete Entwicklung der JAZ von Luft- und Solewärmepumpen für den Zeitraum von 1990 bis 2016 [eigene Darstellung]</i>	45
<i>Tabelle 17 durchschnittliche JAZ je Jahr [eigene Darstellung]</i>	47
<i>Tabelle 18: durchschnittliche JAZ von Sorptionswärmepumpen von 2009-2020 [eigene Darstellung nach BWP 2011 & BWP2013a]</i>	48
<i>Tabelle 19: Vollbenutzungsstunden für verschiedene Gebäudearten nach VDI 2067 [eigene Darstellung nach VDI 1993]</i>	50
<i>Tabelle 20 Vollbenutzungsstunden für verschiedene Wärmepumpentypen nach EU/2013/14 [Europäische Kommission 2013]</i>	50
<i>Tabelle 21: Entwicklung der Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen [eigene Darstellung nach BWP 2011 und 213a]</i>	51
<i>Tabelle 22 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für elektrische Heizungswärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. Eingangsgrößen sind die in dieser Studie ermittelten Werte. [eigene Darstellung]</i>	58
<i>Tabelle 23 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für elektrische Heizungswärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. Eingangsgrößen sind die Vorgaben der EU/2013/14. [eigene Darstellung]</i>	58
<i>Tabelle 24 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für Brauchwasserwärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. Eingangsgrößen sind die in dieser Studie ermittelten Werte. Es wurden nur Wärmepumpen mit einer JAZ>2,5 berücksichtigt. [eigene Darstellung]</i>	60
<i>Tabelle 25 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für Gaswärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. [eigene Darstellung]</i>	61
<i>Tabelle 26 DEStatis Lange Reihen: Anteil Wärmepumpen bei Baufertigstellungen Gebäudeart [DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017]</i>	64

1. Einleitung

Diese Studie wurde im Auftrag des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat) erstellt. Es handelt sich hierbei um die zweite Fortschreibung der ursprünglichen Studie, die 2010 veröffentlicht wurde. Die erste Fortschreibung erfolgte zum Stichtag 31.12.2013 und wurde 2014 veröffentlicht.

Ziel dieser Studie ist es, die Daten und Methodik der beiden Vorgängerstudien zu prüfen, an neue Erkenntnisse anzupassen sowie die Daten des deutschen Wärmepumpenmarktes für die Entwicklungen der Folgejahre 2014 bis 2016 fortzuschreiben.

Die Ergebnisse dieser Studie dienen der AGEE-Stat in der Folge als Basis, um der Berichtspflicht gegenüber der Europäischen Union nachzukommen. In Ergänzung zur Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments, der sogenannten „Ökodesign-Richtlinie“ oder auch „RES-Directive“ (RES = Renewable Energy Sources), wurde im März 2013 ein Beschluss (2013/114/EU) verabschiedet, welcher der Festlegung von Leitlinien für die EU-Mitgliedsstaaten zur Berechnung der durch Wärmepumpen gewonnenen regenerativ erzeugte Nutzwärme dienen soll. Der Beschluss 2013/114/EU enthält Standardwerte um diese Energiebilanz zu berechnen. Er ermöglicht den einzelnen Mitgliedsstaaten aber auch begründete Werte zu benutzen, die von diesen Standardwerten abweichen. Diese Studie erhebt und berechnet insbesondere diese Werte.

2. Datengrundlage und Methodik

Ziel dieser Studie ist eine möglichst genaue, detaillierte und nach Wärmequellen und Betriebsart differenzierte Erfassung des Feldbestands der aktuell in der Bundesrepublik Deutschland installierten Wärmepumpen und der von ihnen regenerativ erzeugten Nutzwärme. Die Studie ist eine Fortschreibung zweier Vorgängerstudien aus den Jahren 2010 bzw. 2014. Neben einer Aktualisierung und ggf. Anpassung der erfassten Daten aus den beiden Vorgängerstudien wurde eine Datenfortschreibung für den Zeitraum 2014 bis 2016 durchgeführt, Stichtag der Betrachtung ist der 31.12.2016.

Betrachtet wurden, neben den klassischen elektrischen Heizungswärmepumpen, auch gasbetriebene Wärmepumpen sowie Brauchwasserwärmepumpen zur reinen Trinkwassererwärmung. Bezüglich des Feldeinsatzes von Großwärmepumpen wurde eine Markteinschätzung durchgeführt.

Die Datengrundlage für den Feldbestand bilden weitestgehend die vom Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP) und dem Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) erhobenen Bestands- und Absatzzahlen. Im Bereich der Gaswärmepumpen wurden ergänzend Angaben der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) sowie des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW) herangezogen.

Zur Abschätzung der Effizienz von Wärmepumpenanlagen dienten vorwiegend langjährig erfasste Testergebnisse des Wärmepumpen-Testzentrum Buchs (WPZ) sowie Feldstudien des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE). Beide Forschungseinrichtungen verfügen durch umfassende Tests und Studien über eine große, unabhängig erfasste Datenmenge verschiedenster Wärmepumpen.

Ergänzt wurde die Datenbasis durch Daten des Bundesamts für Wirtschafts- und Ausfuhrkontrolle (BAFA) / Förderdaten des Marktanzreizprogrammes (MAP) und der Erhebung des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV NRW) bezüglich erdgebundener Wärmepumpen.

Sämtliche Angaben über Verteilungen von Wärmepumpen auf neu fertiggestellte Wohn- und Nichtwohngebäude erfolgten auf Grundlage der Bautätigkeitsstatistiken des Statistischen Bundesamtes.

Des Weiteren wurden ergänzend zu oben genannten Datenquellen Experteninterviews, um die erhobenen Daten zu validieren. Darüber hinaus wurden zu den bereits genannten Punkten sowie im Hinblick auf Technologietrends und Prognosen der künftigen Marktentwicklung im Wärmepumpensektor umfassende Literatur- und Internetrecherchen durchgeführt.

2.1 Datenerhebung bei Branchenverbänden

Wesentliche Grundlage der Bestandsaufnahme für diese Studie bilden die gemeinsam von den beiden Branchenverbänden Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP) und Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. (BDH) erhobenen Bestands- und Absatzzahlen verschiedener Wärmepumpenhersteller. In diesen Verbänden sind unterschiedliche Unternehmen der Wärmepumpenbranche organisiert. Zu den Themenfeldern beider Verbände gehören neben der Marktbeobachtung und Öffentlichkeitsarbeit im Haustechnik- bzw. Wärmepumpensektor auch die Bearbeitung politischer und technischer Fragestellungen hinsichtlich Förderungen sowie technischer Normen.

Die beiden Verbände veröffentlichen jährlich gemeinsam die aktuellen Absatzzahlen im Wärmepumpensektor. Bislang umfasst dies ausschließlich elektrische Heizungswärmepumpen sowie Brauchwasserwärmepumpen. Verkaufszahlen von gasbetriebenen Wärmepumpen, Abluftwärmepumpen und Hybridsystemen sowie spezieller Wärmepumpentypen wie Direktverdampfungswärmepumpen werden derzeit zwar teilweise erfasst, aufgrund einer geringen oder unzureichenden Datenlage aber nicht veröffentlicht. Zur Erfassung der Absatzzahlen melden die in den Verbänden organisierten Herstellerfirmen ihre monatlichen Absatzzahlen an einen treuhänderisch eingesetzten Notar, der die gemeldeten Zahlen anonymisiert an den BWP und den BDH weiterleitet.

Da sehr viele Herstellerfirmen innerhalb der beiden Verbände organisiert sind und rund 40 Unternehmen regelmäßig ihre Absatzzahlen an die Verbände melden, spiegeln die erhobenen Zahlen einen Großteil der deutschen Wärmepumpenbranche wider und weisen damit eine hohe Marktabdeckung auf. Dennoch werden hierüber nicht sämtliche in Deutschland verkauften Wärmepumpen erfasst, weil in diesen Zahlen neben den nicht gemeldeten Daten auch Importe nicht enthalten sind. Daher wird seitens des BWP angenommen, dass der Anteil nicht berücksichtigter Wärmepumpen für die Jahre 2011 und 2012 bei 5 % liegt, im Zeitraum 2001 bis 2010 bei 10 % und zwischen 1991 und 2000 bei 15 %. Für sämtliche Jahre davor wurde dieser Anteil zu 20 % angenommen. Diese Abschätzung begründet sich darauf, dass in vorangegangenen Jahren jeweils noch deutlich weniger Hersteller im BWP bzw. BDH organisiert waren [BWP 2011, 2013a, 2015]. Diese Prozentsätze werden den publizierten Daten vor Veröffentlichung zugeschlagen.

Die vom BWP und BDH durchgeführte Erhebung der monatlichen Absatz- (und Bestands-)zahlen von Wärmepumpen stellt durch die hohe Marktabdeckung die aktuell belastbarste Datenquelle in Bezug auf den deutschen Wärmepumpenmarkt dar und bildet daher die wesentliche Grundlage dieser Studie.

Die Daten werden seitens des BWP / BDH zwar stückscharf erhoben - und wurden für diese Studie auch zur Verfügung gestellt [BDH/BWP 2009, 2013 & BWP 2013b, 2017a] - aber nur auf 100 gerundet veröffentlicht. Eine Erhebung auf einzelne Geräte ist nicht zweifelsfrei möglich.

2.1.1 Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP)

Der Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP) ist ein die gesamte Wärmepumpenbranche repräsentierender Verband mit Sitz in Berlin, in dem rund 500 Mitglieder organisiert sind. Neben rund 40 Wärmepumpenherstellern, die einen Großteil des deutschen Marktes abdecken, sind Energieversorgungsunternehmen, Bohrfirmen sowie Fachhandwerker, Planer und Zulieferer im BWP gelistet [BWP, 2017c].

2.1.2 Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. (BDH)

Dem BDH gehören 100 Unternehmen und zwei assoziierte Verbände der Versorgungstechnik mit Schwerpunkt Heizungstechnik an. Der BDH vertritt gegenüber Politik, Öffentlichkeit, Marktpartnern und Verwaltung die wirtschaftlichen, technischen und politischen Interessen seiner Mitglieder. Die im BDH organisierten Herstellerfirmen repräsentieren einen Marktanteil von 60 % am europäischen Markt. Zu den Mitgliedern des BDH zählen unter anderem Hersteller von Wärmeerzeugern, Wärmeübergabesystemen und Anlagen zur Trinkwarmwasserbereitung auf der Basis fossiler wie erneuerbarer Energieträger [BDH, 2017].

2.2 Datenerhebung bei Förderinstitutionen

Zur Analyse der im Bereich Wärmepumpen bereitgestellten und in Anspruch genommenen Fördergelder wurden bundesweite vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) erfassten Förderstatistiken herangezogen. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ist eine dem Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zugehörige Bundesoberbehörde, die in den Bereichen Außenwirtschaft, Wirtschaftsförderung und Energie administrative Aufgaben wahrnimmt. Im Themenfeld Energie liegt ein Schwerpunkt des BAFA in der Umsetzung des vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) getragenen „Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ (MAP) zur Förderung erneuerbarer Energien

Die Förderung der Installation von Wärmepumpen konzentriert sich seit 2008 vor allem auf das MAP. Zur Auswertung der in Anspruch genommenen Fördergelder dienten seitens des BAFA für diese Studie bereitgestellte Daten [BAFA 2017].

2.3 Datenerhebung bei Forschungsinstitutionen

Zusätzlich zu den ökonomischen Faktoren sind für das wesentliche Ziel dieser Studie - die Erfassung und Berechnung der durch Wärmepumpen regenerativ erzeugten Nutzwärme - vorrangig technologische Kennzahlen von Bedeutung. Für einen standardisierten Vergleich der energetischen Effizienz von Wärmepumpen dienen die Leistungszahl (Coefficient of Performance – COP) und die Jahresarbeitszahl (JAZ). Diese beiden Kennzahlen geben Auskunft über die Effizienz der Wärmepumpen unter vorgegebenen Testbedingungen (COP) sowie im realen Betrieb (JAZ). Grundlage der in dieser Studie getroffenen Aussagen bezüglich der Effizienz von Wärmepumpen bildeten vorrangig Veröffentlichungen des der Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs zugehörigen, Wärmepumpen-Testzentrums (WPZ) sowie des Freiburger Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE).

2.3.1 Wärmepumpen-Testzentrum Buchs (WPZ)

Das Wärmepumpen-Testzentrum Buchs ist ein nach EN 17025 akkreditiertes Prüfzentrum und bietet im Themenfeld Wärmepumpen unterschiedliche Prüfleistungen für Produktions- und Handelsunternehmen an. Die angebotene Leistungsprüfung umfasst die Ermittlung der Heizleistung und der wärmeseitigen Leistungszahlen (COP-Werte) nach EN 14511 bzw. EN 255 (elektrische Heizungswärmepumpen) und EN 16147 (Brauchwasser-Wärmepumpen). Zusätzlich bietet das WPZ Wärmepumpen-Prüfungen nach den erweiterten Anforderungen des Prüfreglements der European Heat Pump Association (EHPA), dem europäischen Wärmepumpen-Dachverband und des EcoLabel-Prüfreglements (nach Beschluss 2007/742/EG) an.

Bei der vom WPZ angebotenen Leistungsprüfung werden abhängig vom Wärmepumpentyp die Heizleistung, die elektrische Leistungsaufnahme und die heizungsseitige Leistungszahl (COP) bei den von EN 255 / EN 14511 definierten Prüfpunkten unter konstanten Prüfbedingungen ermittelt.

Die Prüfergebnisse werden in regelmäßigen Abständen mit Einverständnis der Auftraggeber in einem Bulletin des WPZ veröffentlicht. Zur Veröffentlichung kommen nur die nach den Normen bzw. EHPA-Reglement ermittelten Testergebnisse. Zusätzliche vom Auftraggeber gewünschte Messpunkte werden nicht veröffentlicht [WPZ Buchs 2009-2013].

2.3.2 Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg hat in den letzten Jahren unterschiedliche Langzeittests zur Beurteilung der Effizienz von Wärmepumpen unter realen Nutzungsbedingungen durchgeführt (Feldtests).

Feldtest „Wärmepumpen-Effizienz“

In Zusammenarbeit mit sieben Wärmepumpenherstellern (Alpha-InnoTec, Bosch Thermotechnik, Haotec, NIBE Systemtechnik, Stiebel Eltron, Vaillant, Viessmann Wärmepumpen) und zwei Energieversorgungsunternehmen (EnBW Energie Baden-Württemberg, E.ON Energie AG) hat das Fraunhofer ISE im Zeitraum von 2007 bis 2010 insgesamt 112 Wärmepumpenanlagen kontinuierlich messtechnisch überwacht. Das Projekt wurde von den genannten Herstellern und Energieversorgern sowie zu 50 % vom BMWi finanziert.

Im Rahmen dieses Feldtests wurden hauptsächlich Sole-Wasser-Wärmepumpen und Luft-Wasser-Wärmepumpen in überwiegend neuen, energieeffizienten Gebäuden mit einem Leistungsbereich zwischen 5 und 12 kW untersucht. Zentrales Ziel der Studie war eine unabhängige Erfassung der Effizienz elektrischer Kompressionswärmepumpen im realen Betrieb. Darüber hinaus sollten die umfangreichen Testergebnisse als Grundlage für die Analyse und Optimierung des Systemverhaltens unterschiedlicher Wärmepumpen dienen [Miara et al. Fraunhofer ISE, 2011].

Feldtest „Wärmepumpen im Gebäudebestand“

Ergänzend zu dem in energieeffizienten Neubauten durchgeführten Feldtest „Wärmepumpen-Effizienz“ wurden zwischen 2006 und 2009 Wärmepumpen in unsanierten Bestandsgebäuden messtechnisch überwacht. Die Studie wurde im Auftrag der E.ON Energie AG erstellt. Sämtliche untersuchten Gebäude wurden zuvor mittels Ölkesseln beheizt, die vor Beginn des Monitorings durch eine Wärmepumpenanlage ersetzt wurden. Das Wärmeverteilsystem sowie der bautechnische Energiestandard der Gebäude wurden beibehalten.

Untersucht wurden 71 Wärmepumpen der Hersteller Alpha Innotec, Buderus, Dimplex, Heliotherm, Nibe, Ochsner, Stiebel Eltron, Vaillant, Viessmann und Waterkotte. Hierbei handelte es sich zu etwa gleichen Teilen um Sole-Wasser-Wärmepumpen und Luft-Wasser-Wärmepumpen mit maximal 20 kW Heizleistung. Zusätzlich wurden zwei Grundwasser-Wärmepumpen überwacht, die aufgrund der geringen Datenmenge aber keinen Eingang in die Auswertungen gefunden haben. Im Vergleich zu energieeffizienten Gebäuden ist die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage in Bestandsgebäuden mit bis zu 60 °C höher, was zu einer höheren Temperaturspreizung und somit zu einer geringeren Effizienz der Wärmepumpen führt. Ziel des Feldtests war es, neben der Auswertung der energetischen Effizienz über eine Erfassung der Arbeitszahlen auch eine wirtschaftliche sowie ökologische Betrachtung von Wärmepumpen im Vergleich zu Ölheizungen durchzuführen. [Russ et al. Fraunhofer ISE, 2010]

Projekt „Wärmepumpen-Monitor“

Im Projekt „Wärmepumpen-Monitor“ des Fraunhofer ISE werden 83 Wärmepumpen-Systeme verschiedener Hersteller in Neu- und Bestandsgebäuden hinsichtlich ihrer Effizienz unter-

sucht. Über die Hälfte der Anlagen wurde bereits im Rahmen des „WP Effizienz“-Tests messtechnisch überwacht. Hinzu kamen Anlagen, die in den vorangegangenen Feldtests noch nicht berücksichtigt wurden.

Analog zu den anderen beiden durchgeführten Feldtests ist das Ziel der Untersuchung eine unabhängige, vergleichende Vermessung unterschiedlicher Wärmepumpensysteme hinsichtlich ihrer im realen Betrieb erreichbaren Effizienz. Zudem sollen Optimierungsmöglichkeiten und potenzielle Fehler bei Betrieb und Installation von Wärmepumpen identifiziert sowie Aussagen zur Ökologie und Wirtschaftlichkeit getroffen werden [Günther et al. Fraunhofer ISE, 2014].

2.4 Beschluss der EU-Kommission: EU/2013/14

In Ergänzung zur Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments, der sogenannten „Ökodesign-Richtlinie“ oder auch „RES-Directive“ (RES = Renewable Energy Sources), wurde im März 2013 ein Beschluss (2013/114/EU) verabschiedet, welcher der Festlegung von Leitlinien für die EU-Mitgliedsstaaten zur Berechnung der durch Wärmepumpen gewonnenen Wärmeenergie dienen soll.

Folgendes sind die grundlegenden Inhalte und Grundannahmen des Beschlusses:

- für die Berechnung der Energiemengen werden Standardwerte für H_{HP} und SPF definiert, wobei H_{HP} „äquivalente Jahresbetriebsstunden der Wärmepumpen“ - Vollbenutzungsstunden - und SPF den Seasonal Performance Factor - die Jahresarbeitszahl - definiert.
- Diese Standardwerte unterscheiden sich nach den verschiedenen Wärmepumpenarten und zusätzlich nach drei Klimazonen (kalt / durchschnittlich / warm), wobei Deutschland fast ausschließlich der kalten Klimazone zugerechnet wird.
- Es werden Faktoren definiert, mit denen eine Wärmepumpe mindestens betrieben werden muss, um im Sinne des Beschlusses erneuerbare Wärmeenergie bereit zu stellen. Dies sind für elektrische Wärmepumpeneine eine JAZ von 2,5, für thermische (Gas-)Wärmepumpen 1,15.
- Folgende Werte werden in dem Beschluss für Deutschland definiert
Luft-Wasser-Wärmepumpen: H_{HP} : 1710h/a; SPF: 2,5
Sole-Wasser & Wasser-Wasser Wärmepumpen H_{HP} : 2470h/a; SPF: 3,5

Die Mitgliedsstaaten müssen Anlagenanzahl und Anlagenleistung für ihr Gebiet erheben und können von den oben genannten Werten abweichen, sofern diese Abweichung begründet ist und zu plausibleren Ergebnissen führt. [Europäische Kommission, 2013]

3. Wärmepumpentechnologie

Eine Wärmepumpe ist eine Maschine, die unter Aufwendung von technischer Arbeit thermische Energie aus einem Reservoir mit niedrigerer Temperatur aufnimmt und – zusammen mit der Antriebsenergie – als Nutzwärme auf ein zu beheizendes System mit höherer Temperatur überträgt. In der Wärmepumpe durchläuft das Arbeitsmittel / Kältemittel einen Kreisprozess. Im ersten Prozessschritt verdampft es auf niedrigem Druck- und Temperaturniveau durch die Wärmezufuhr aus der Umgebung. Anschließend wird der Kältemitteldampf im Kompressor auf einen höheren Druck verdichtet. Im nächsten Schritt wird bei der Kondensation des Arbeitsmittels auf höherem Druck- und Temperaturniveau die Nutzwärme übertragen. Der Kreisprozess wird durch die Entspannung des flüssigen Arbeitsmittels auf den Ausgangsdruck mit Hilfe eines Expansionsventils geschlossen.

Das Verhältnis zwischen der von der Wärmepumpe abgegebenen Wärmeleistung und der aufgenommenen Antriebsleistung für Verdichter und Hilfsantriebe wie die Solepumpe oder den Ventilator wird Leistungszahl bzw. COP (Coefficient of Performance) genannt. Die maximal erreichbare Leistungszahl für einen idealen, verlustfreien Wärmepumpenprozess – den Carnot-Prozess – ergibt sich direkt aus den Temperaturen (in K, nicht °C) der Wärmequelle und –senke.

$$\text{COP}_C = \frac{T_{\text{Wärmesenke}}}{T_{\text{Wärmesenke}} - T_{\text{Wärmequelle}}}$$

In der Anwendung bedeutet dieser Zusammenhang, dass die Wärmepumpe bei einer geringen Differenz zwischen Wärmequelle und -senke höhere Leistungszahlen erbringt. Umgekehrt verschlechtert sich die Leistungszahl mit wachsender Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Heizungsverlauf (Abbildung 1).

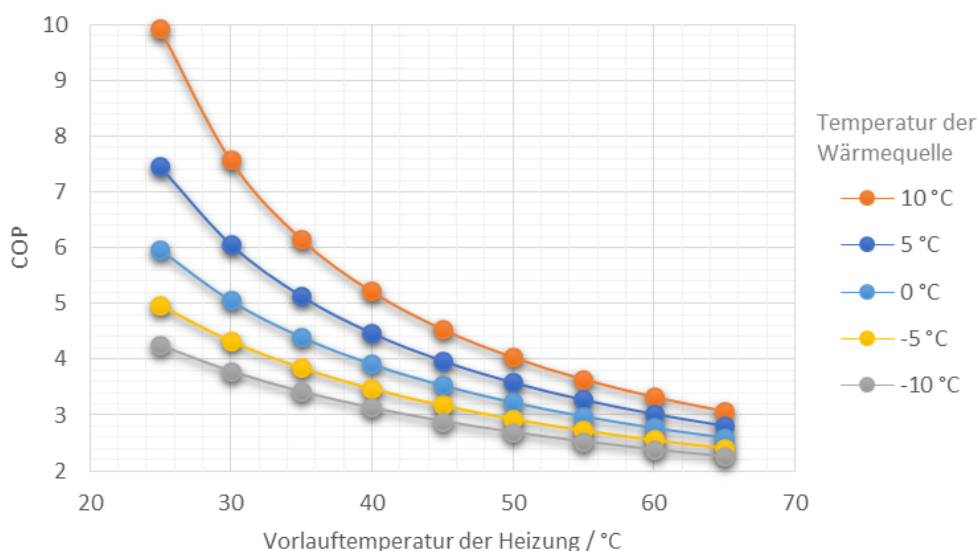


Abbildung 1: COP einer Wärmepumpe in Abhängigkeit von Wärmequelle und Wärmesenke bei einem Gütegrad von 50 % [eigene Darstellung]

Die in der Praxis tatsächlich erreichbaren Leistungszahlen liegen bei 40-60 % der idealen Carnot-Leistungszahl. Dieses Verhältnis wird auch als Gütegrad der Wärmepumpe bezeichnet.

3 Wärmepumpentechnologie

3.1 Wärmepumpentechnologien

Bei der Betrachtung und Analyse der deutschen Marktsituation sind verschiedene Typen von Wärmepumpen zu unterscheiden. Die Unterscheidungsmerkmale sind:

- Art der Wärmequelle / Art des Reservoirs mit niedriger Temperatur
- Art des zu beheizenden Systems (der Wärmesenke)
- Art der Antriebsenergie

Dabei sind in Deutschland folgende Wärmepumpen von Relevanz:

- Elektrische Heizungswärmepumpen mit verschiedenen Wärmequellen. Als Wärmequellen kommen Außen-/Umgebungsluft (Luftwärmepumpen), Erdwärme/Geothermie, die mittels eines geschlossenen Kreislaufes, in dem Sole zirkuliert, erschlossen wird, (Solewärmepumpe) oder Grundwasser (Wasserwärmepumpe) in Frage. Oftmals wird bei der Bezeichnung der Wärmepumpe auch das Medium der Wärmesenke mit angegeben. Bei konventionellen Heizungssystemen in der Regel Wasser, so dass man Luftwärmepumpen, die ihre Heizenergie an ein klassisches wasserführendes Heizungssystem übertragen, auch als Luft-Wasser-Wärmepumpe bezeichnet. Elektrische Heizungswärmepumpen werden überwiegend auch für die Bereitstellung von erwärmtem Trinkwarmwasser verwendet.
- Brauchwasserwärmepumpen, die nur für die Bereitstellung von erwärmtem Trinkwarmwasser verwendet werden. Als Antriebsenergie wird auch hier elektrische Energie verwendet. Im Prinzip handelt es sich um (Innen-) Luft-Wasser-Wärmepumpen mit geringer Leistung, die unter abweichenden Betriebspunkten verwendet werden.
- Gasbetriebene Heizungswärmepumpen, die entweder anstelle eines elektrischen Kompressors einen gasbetriebenen Kompressor verwenden (gasmotorische Wärmepumpen), oder Gassorptionswärmepumpen, in denen anstelle des konventionellen Kompressorprozesses ein Ad- oder Absorptionsprozess eingesetzt wird.

In der Studie nicht einzeln betrachtet werden folgende Kategorien von Wärmepumpen:

- Wärmepumpen die ihre Wärmeenergie nicht an das Trägermedium Wasser, sondern an das Trägermedium Luft abgeben. Diese Art Wärmepumpe für luftbasierte Heizsysteme ist prinzipiell am Markt verfügbar, hat aber nur geringe Marktanteile, die statistisch nicht relevant sind.
- Wärmepumpen, die andere Wärmequellen nutzen. Beispielhaft genannt sind hier Abwasserwärmepumpen, welche die Wärmeenergie aus Abwasserleitern nutzen. Auch diese Wärmepumpen sind in geringen Stückzahlen am Markt verfügbar, werden statistisch aber ebenfalls als elektrischen Heizungswärmepumpen mitbehandelt und nicht einzeln erfasst. Technisch unterscheiden sie sich nicht von Sole- bzw. Wasser-Wärmepumpen.
- Reversible Wärmepumpen, die zusätzlich zur Erzeugung von Heizwärme auch für Kühlzwecke eingesetzt werden.

3.2 Luftwärmepumpen

Außenluft ist eine standortunabhängige Wärmequelle, die überall verfügbar ist und mit einem im Vergleich zu Erdreich-Anlagen geringeren technischen Aufwand prinzipiell überall erschlossen werden kann. Erdverlegungsarbeiten oder Brunnenbohrungen, wie sie bei der Erschließung der Wärmequelle Erdreich mittels Sole-Wasser-Wärmepumpen respektive Wasser-Wasser-Wärmepumpen erforderlich sind, entfallen für die Installation einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Damit stellen Luft-Wasser-Wärmepumpen eine in Bezug auf Installations- und Investitionskosten günstigere Alternative als Sole-Wasser- oder Wasser-Wasser-Wärmepumpen dar.

Im Gegensatz zum Erdreich unterliegt die Außenluft im Jahresverlauf großen Temperaturschwankungen (siehe Abbildung 2), was im Winter zu einer geminderten Effizienz der Anlage und damit insgesamt zu geringeren Jahresarbeitszahlen als bei erdgekoppelten Wärmepumpen führt. Je größer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke ist, desto ineffizienter arbeitet eine Wärmepumpe, da ein größeres Druckverhältnis durch den Kompressor erzeugt werden muss, um die gewünschten Vorlauftemperatur zu erreichen.

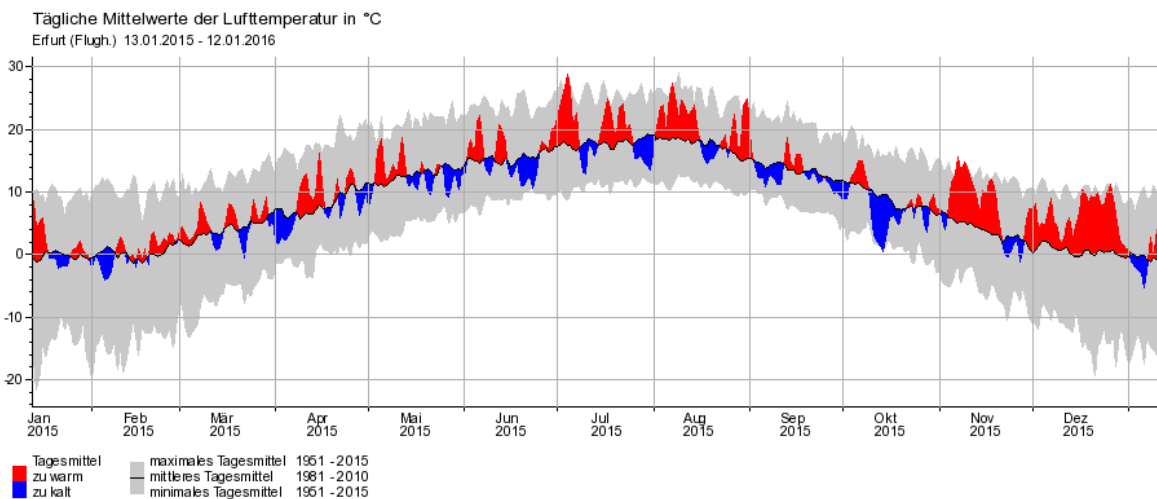


Abbildung 2: Mittelwerte der Lufttemperatur im Jahresverlauf am Standort Erfurt [DWD, 2017]

Luft-Wasser-Wärmepumpen werden generell in drei unterschiedlichen Aufstellungsvarianten angeboten. Bei einer Außenaufstellung wird die komplette Wärmepumpe außerhalb des Gebäudes installiert und das erwärmte Wasser über gedämmte Rohrleitungen im Boden ins Haus zur Heizungsanlage geleitet. Alternativ kann die Wärmepumpe im Haus aufgestellt werden und über Lüftungskanäle mit Außenluft versorgt werden. Nach dem Wärmeentzug wird die Fortluft wieder zurück ins Freie abgeleitet.

Daneben gibt es sogenannte Split-Systeme, bei denen in einem Außengerät (Verdampfer) der Luft Wärme entzogen wird und über ein Kältemittel zum Kondensator geleitet wird, der im Haus installiert ist. Die einzelnen Bauteile des eigentlichen Wärmepumpenprozesses werden also räumlich gestreckt und mittels Kältemittelleitung verbunden.

3.3 Solewärmepumpe

Im Erdreich herrschen unabhängig von den Außenlufttemperaturen im Jahresverlauf nahezu konstante Temperaturen, sodass prinzipiell auch im Winter bei tiefen Temperaturen ein effektiver Betrieb einer Wärmepumpe möglich ist. Der Einfluss von Solarstrahlung und Niederschlag wirkt sich nur bis zu einer Tiefe von ca. 10 m aus, während ab 15 m Tiefe jahreszeitenunabhängig eine relativ konstante Temperatur anzutreffen ist (Abbildung 3). Diese Temperatur entspricht der Jahresdurchschnittstemperatur an der Oberfläche und beträgt in Deutschland durchschnittlich ca. 10 °C. Mit zunehmender Tiefe beträgt der Gradient des Temperaturverlaufes ca. 3 K pro 100m.

Die Wärme kann dem Erdreich mittels verschiedener Systeme entzogen werden. Vertikal eingebrachte Erdwärmesonden oder horizontal in geringer Tiefe (unterhalb der Frostgrenze) verlegte Kollektoren bilden den Standard, während Bauweisen wie Erdwärmekörbe oder -pfähle im Vergleich hierzu eher seltener eingesetzt werden.

Unabhängig von der Bauform zirkuliert im Untergrund, im Regelfall in Kunststoffrohren (Polyethylen), ein Gemisch aus Wasser und einem Frostschutzmittel (Sole), mittels dessen dem Untergrund Wärme entzogen wird, die dann in der Wärmepumpe in nutzbare Heizenergie umgewandelt wird.

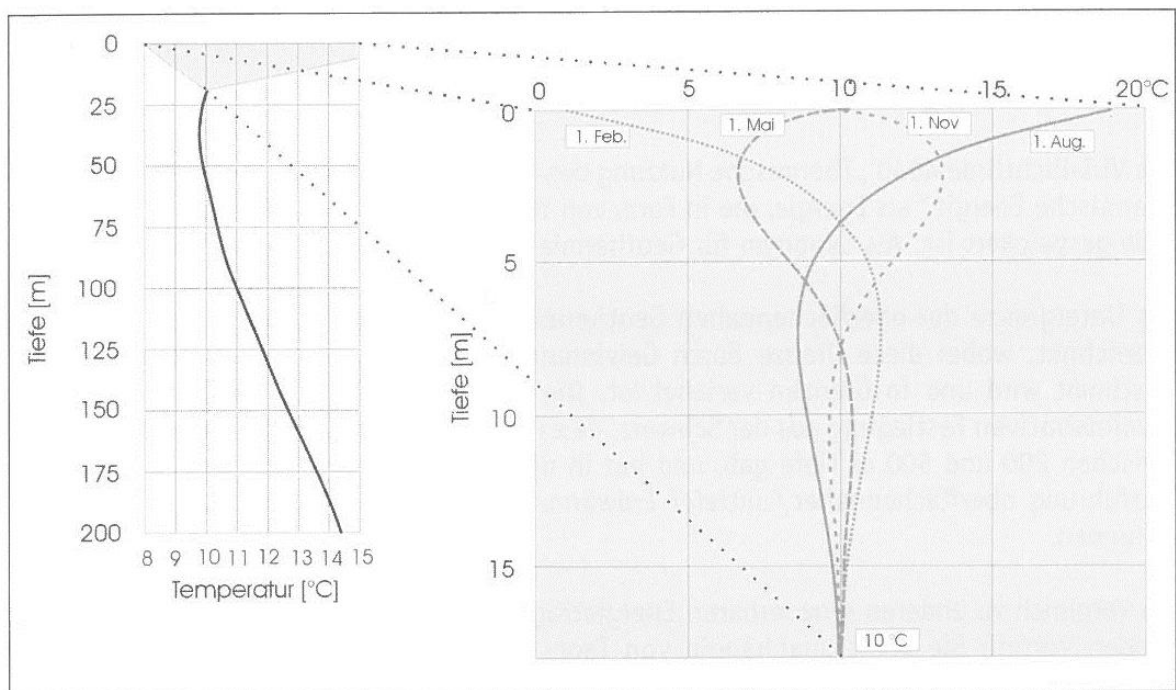


Abbildung 3: Verlauf der ungestörten Untergrundtemperatur bis zu einer Tiefe von 200 m und jahreszeitlicher Einfluss bis zu einer Tiefe bis 20 m [Tholen & Walker-Hertkorn 2008]

Welche Bauweise an Erdwärmetauschern zum Einsatz kommt, hängt mit dem verfügbaren Platzbedarf und der Wirtschaftlichkeit der Systeme ab. Erdwärmekollektoren erfordern einen weitaus höheren Flächenbedarf als Erdwärmesonden und können daher z.B. bei kleinen Grundstücken oder eng zusammenstehenden Gebäuden nicht zur Anwendung kommen. Erdwärmesonden stellen daher mit Abstand die verbreitetste Bauform dar.

3.4 Wasserwärmepumpe

Die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle setzt voraus, dass am Nutzungsstandort Grundwasser in ausreichender Menge sowie geeigneter Qualität und Temperatur vorliegt. Zudem bedingt eine wirtschaftlich rentable Nutzung mittels einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe einen möglichst geringen Flurabstand, d.h. das Grundwasser sollte in einer geringen Tiefe verlaufen, weil mit zunehmender Tiefe die Investitionskosten durch gesteigerte Bohrkosten zunehmen.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, stellt das Grundwasser eine sehr geeignete Wärmequelle zum Betrieb einer Wärmepumpe dar. Durch eine ganzjährig relativ konstante Temperatur von durchschnittlich 8 bis 12 °C kann eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe jahreszeitenunabhängig mit in der Regel hohen Jahresarbeitszahlen effizient laufen.

Zur Erschließung des Grundwassers ist das Einbringen zweier Bohrungen erforderlich. Aus dem Förderbrunnen wird mittels einer Brunnenpumpe das Grundwasser an die Oberfläche gepumpt und der Wärmepumpe zugeführt, in der dem Wasser Wärme entzogen wird. Anschließend wird das Wasser über den sogenannten Schluckbrunnen wieder in den Untergrund geleitet.

3.5 Reversible Wärmepumpen

Zusätzlich zur Erzeugung von Heizwärme können Wärmepumpen je nach Bauart auch für Kühlzwecke eingesetzt werden. Bei dieser Art von Wärmepumpen kann der Kreislaufprozess in der Wärmepumpe in der Regel mittels eines Vier-Wege-Ventils umgeschaltet werden, sodass Wärmesenke und Wärmequelle getauscht werden. In diesem Fall wird der Heizungsanlage zur Kühlung Wärme entzogen (Wärmequelle) und unter Aufwendung elektrischer/mechanischer Energie der Umgebung (Wärmesenke) zugeführt. Daher werden diese Systeme auch als reversible oder umkehrbare Wärmepumpen bezeichnet. Hierbei machen Luftwärmepumpen laut BWP ungefähr 95 % der reversiblen Anlagen aus [BWP 2013a].

Bislang sind reversible Wärmepumpen in Deutschland nicht weit verbreitet. Ihre Anwendung beschränkt sich vor allem auf Nichtwohngebäude, insbesondere Bürogebäude und Industriebauten. In Bürogebäuden kann mitunter eine ganzjährige Kühlung von beispielsweise Serverräumen erforderlich sein, die kontinuierlich zu großen internen Wärmegewinnen führen.

Aufgrund der zwar punktuell hohen, aber im Mittel milden Temperaturen im Sommer ist in Deutschland die aktive Kühlung - besonders von gut gedämmten - Wohngebäuden in der Regel nicht erforderlich, sodass der Anteil reversibler Wärmepumpen am Gesamtbestand relativ gering ausfällt. Der BWP hat 2013 den Anteil der reversiblen Wärmepumpen am Anlagenabsatz noch separat erfasst, weshalb er in der Vorgängerstudie noch explizit aufgeführt wurde, und ihn mit rund 2 % aller abgesetzten Wärmepumpen beziffert [BWP, 2013a]. Auf Grund des geringen Marktanteils und den damit verbundenen statistischen Ungenauigkeiten wird auf eine separate Erhebung seitens des BWP mittlerweile verzichtet [BWP 2015].

3.6 Brauchwasserwärmepumpen

Zusätzlich zu den oben genannten Heizungswärmepumpen gibt es Brauchwasser-Wärmepumpen, die nicht zur Raumheizung, sondern ausschließlich zur Erwärmung des Trinkwassers dienen. Bei dieser Art von Wärmepumpen wird die zur Trinkwassererwärmung benötigte Wärme in der Regel aus der Raumluft des Anlagenstandortes (Kellerräume oder Sanitäräume) oder aus der Abluft von Lüftungsanlagen gewonnen. Im Gegensatz zu Heizungswärmepumpen haben Brauchwasserwärmepumpen geringere Nennleistungen und deutlich geringere Vollbenutzungsstunden.

Problematisch ist die Frage, wie hoch der Anteil regenerativ erzeugter Nutzwärme durch Brauchwasserwärmepumpen ist. Während Heizungswärmepumpen quellenseitig regenerative Wärme nutzen, nutzen Brauchwasserwärmepumpen Umgebungswärme des Standortes. Die Wärme im Gebäude wird aber - zumindest während der Heizperiode - in der Regel durch eine Heizungsanlage erzeugt. Wie hoch der tatsächliche Anteil im Jahresverlauf dabei ist, wird aktuell nicht erhoben und diskutiert. In dieser Studie wird die durch die Brauchwasserwärmepumpe erzeugte Nutzwärme als regenerativ gewertet. Es wird damit den Vorgaben des EU/2013/14 Beschlusses gefolgt.

3.7 Gasbetriebene Wärmepumpen

Neben den elektrischen Heizungswärmepumpen gibt es auch thermisch betriebene Wärmepumpen, bei denen Gas direkt als Energieträger in der Anlage verbraucht wird. Prinzipiell können analog zu elektrischen Wärmepumpen Außenluft, Sole und Wasser als Wärmequelle für gasbetriebene Wärmepumpen dienen. Bei Gas-Wärmepumpen wird zwischen Kompressionswärmepumpe und Sorptions-Wärmepumpen unterschieden. Gasbetriebene Kompressionswärmepumpen funktionieren wie elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpen, der einzige Unterschied besteht darin, dass der Verdichter nicht mit Strom, sondern mittels eines Gasmotors angetrieben wird. Daher werden diese Wärmepumpen auch als gasmotorische Wärmepumpen bezeichnet.

Bei Sorptionswärmepumpen wird zwischen Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen unterschieden. Bei Absorptionswärmepumpen wird das durch Umweltwärme verdampfte Kältemittel in einer Lösung - durchgesetzt haben sich die Stoffpaare Ammoniak/Wasser oder Wasser/Lithiumbromid - absorbiert. Das Gemisch wird von einer Lösungspumpe in einen Austreiber gefördert, wo durch die Erhitzung mittels eines Erdgasbrenners das Kältemittel verdampft wird. Analog zu Kompressionswärmepumpen kondensiert das Wärmeträgermedium im Verflüssiger unter Wärmeabgabe. Während bei Absorptionswärmepumpen das Kältemittel von einem flüssigen Medium absorbiert wird, lagert es sich bei Adsorptionswärmepumpen an der Oberfläche eines Feststoffes (z.B. Zeolith) ab. Bei der Ablagerung wird Adsorptionswärme frei. Ist das Zeolith an Kältemittel gesättigt folgt die Desorptionsphase, bei der das Wasser durch mittels eines Gasbrenners zum Verdampfen gebracht wird. Das Wasser kondensiert anschließend im Verflüssiger. Hierbei wird Kondensationswärme frei.

Während in Ländern wie Japan gasbetriebene Wärmepumpen seit langem verbreitet sind, stellen sie in Deutschland eine relativ junge Alternative zu elektrischen Wärmepumpen dar und sind erst seit wenigen Jahren auf dem Markt. Gasmotorische Wärmepumpen werden eher im gewerblichen Bereich (höhere Leistungsanforderung), Sorptionswärmepumpen bei der Markteinführung für Bestandsgebäude, aktuell auch zunehmend für Ein-/Zweifamilienhäuser genutzt.

4. Absatzzahlen von Wärmepumpen

4.1 Elektrische Heizungswärmepumpen

Wie in Abschnitt 2.1.1 dargestellt wurde, erhebt und veröffentlicht der Bundesverband Wärmepumpe regelmäßig die Absatzzahlen von Wärmepumpen in Deutschland. Die folgende Abbildung 4 gibt eine Übersicht über die Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland seit 1978:

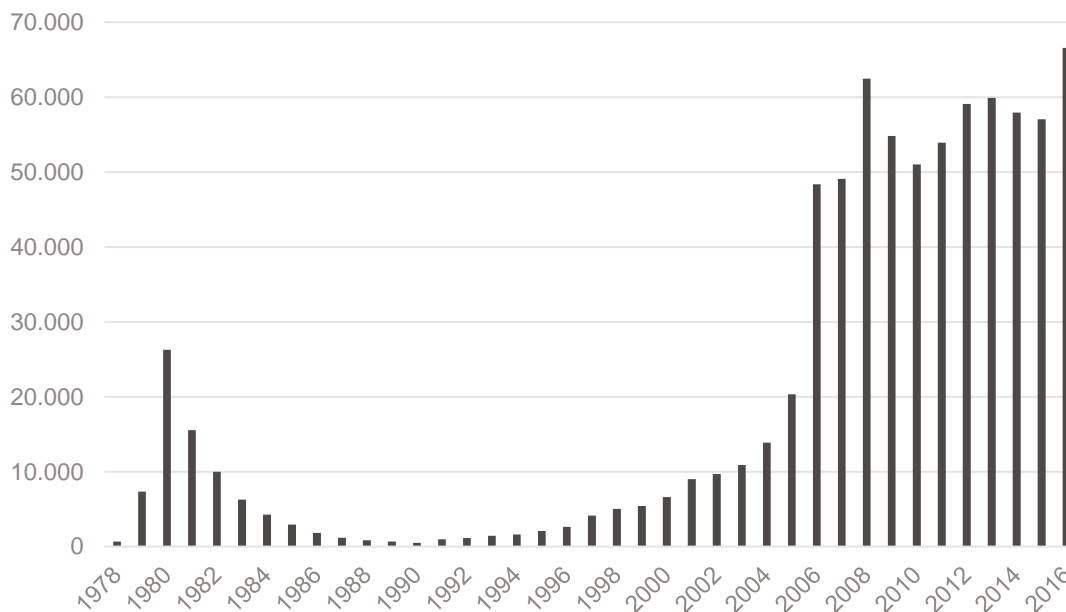


Abbildung 4: Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland, [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]

Anfang der 1980er Jahre wurden erstmals Wärmepumpen in Deutschland für Heizzwecke und zwischen 1979 und 1983 jährlich mehrere 1000 Anlagen pro Jahr verkauft, mit einem Maximum von über 25.000 Wärmepumpen im Jahr 1980. Bis 1990 ging dieser erste Wärmepumpenboom praktisch auf null zurück (Absatz 1990: 500 Anlagen). Anschließend stieg der Absatz wieder stetig an und erreichte 2006 erstmals fast 50.000 Wärmepumpen. Seitdem liegen die Absatzzahlen zwischen 50.000 und 60.000 Wärmepumpen pro Jahr (2008: 62.500 Wärmepumpen / 2010: 51.000). Es ist aber eine leicht ansteigende Tendenz zu erkennen.

Das hohe Absatzniveau der vergangenen Jahre setzte sich von 2014 bis 2016 fort, so dass 2014 rund 58.000 Wärmepumpen, 2015 gut 57.000 Wärmepumpen und im Jahr 2016 ca. 66.500 Wärmepumpen abgesetzt werden konnten. Dies entspricht dem höchsten Absatz der vergangenen 40 Jahre. Bei Betrachtung der Zahlen für die drei verschiedenen Arten von elektrischen Heizungswärmepumpen - Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen und Wasser-Wärmepumpen - zeigt sich auch eine Fortführung der bestehenden Trends.

4 Absatzzahlen von Wärmepumpen

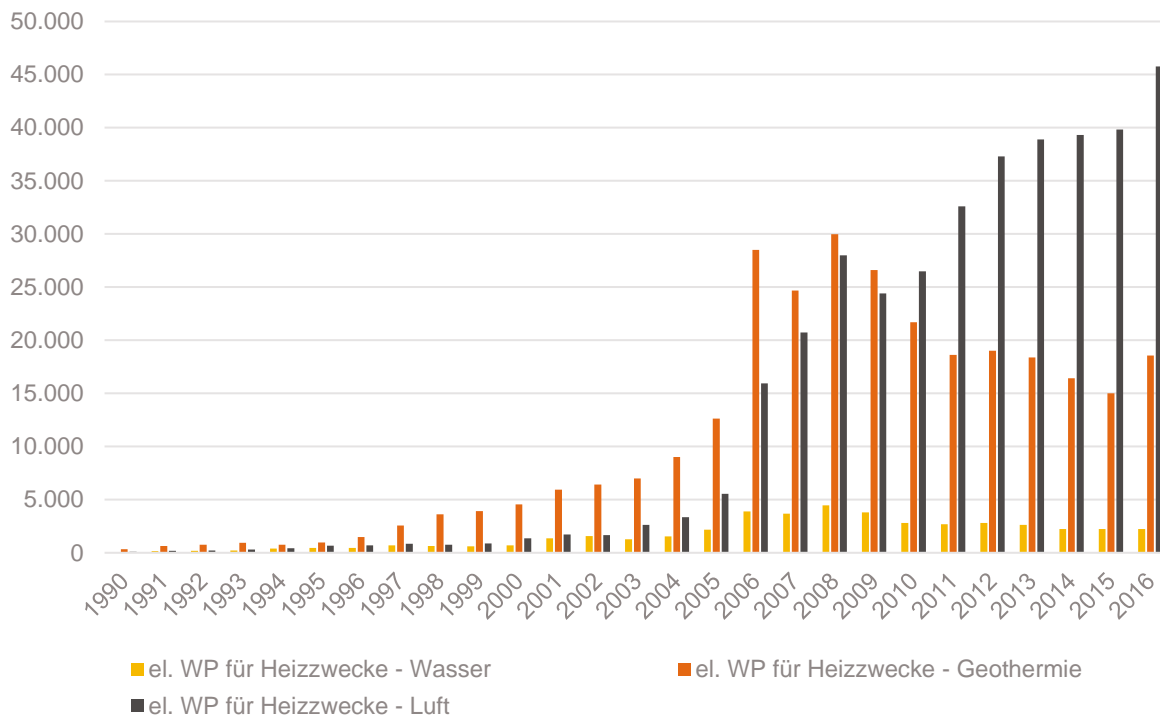


Abbildung 5: Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen nach Art der Wärmepumpe in Deutschland , [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]

In den frühen 1990er Jahren bis Mitte der 2000er Jahre wurde der Markt ursprünglich von Sole-Wärmepumpen dominiert. Bis Mitte der 2000er Jahre waren rund 2/3 Drittel des Wärmepumpenabsatzes Sole-Wärmepumpen. Anschließend haben Luft-Wärmepumpen kontinuierlich Marktanteile gewonnen, so dass sich das Verhältnis ab 2011 zu Gunsten der Luftwärmepumpe, die jetzt 60 % Marktanteil haben, umgekehrt hat. Der Anteil am Gesamtumsatz zwischen 2014 und 2016 lag gegenüber der Vorgängerstudie nochmals leicht erhöht bei über 2/3. Während Wasser-Wärmepumpen nur einen geringen Marktanteil von knapp 4 % aufweisen, sinkt der Anteil von Sole-Wärmepumpen weiter auf jetzt unter 30 %.

Von 2015 auf 2016 konnte der Absatz insgesamt deutlich gesteigert werden, was wohl auf die besseren Förderbedingungen des MAP [BAFA, 2017] zurückzuführen ist. Die prozentuale Steigerung der Sole-Wärmepumpenabsatzzahl - knapp 25 % - lag dabei deutlich über der der Luftwärmepumpen (+14 %).

Tabelle 1 stellt die Entwicklung der Absatzzahlen - gerundet auf 100er Stellen - und die prozentualen Marktanteile seit 1990 dar.

Tabelle 1 Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen nach Art der Wärmepumpe in Deutschland und ihr prozentualer Marktanteil [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]

Jahr	Absatz Gesamt	Absatz Luft-WP	Absatz Sole-WP	Absatz Wasser-WP	% Luft-WP	% Sole-WP	% Wasser-WP
1990	500	100	300	100	20	65	15
1991	1.000	200	600	100	20	65	15
1992	1.200	200	700	200	20	65	15
1993	1.500	300	900	200	20	65	15
1994	1.600	400	800	400	27	48	25
1995	2.100	700	1.000	400	32	46	21
1996	2.600	700	1.500	500	26	56	17
1997	4.100	900	2.600	700	21	62	17
1998	5.000	700	3.600	600	15	72	13
1999	5.400	900	3.900	600	16	72	11
2000	6.600	1.300	4.600	700	20	69	10
2001	9.000	1.700	5.900	1.400	19	66	15
2002	9.700	1.700	6.400	1.600	17	66	16
2003	10.900	2.600	7.000	1.300	24	64	12
2004	13.900	3.300	9.000	1.500	24	65	11
2005	20.300	5.500	12.600	2.200	27	62	11
2006	48.400	15.900	28.500	3.900	33	59	8
2007	49.100	20.700	24.700	3.700	42	50	8
2008	62.500	28.000	30.000	4.500	45	48	7
2009	54.800	24.400	26.600	3.800	45	49	7
2010	51.000	26.500	21.700	2.800	52	43	5
2011	53.900	32.600	18.600	2.700	60	35	5
2012	59.100	37.300	19.000	2.800	63	32	5
2013	59.900	38.900	18.400	2.600	65	31	4
2014	58.000	39.300	16.400	2.200	68	28	4
2015	57.000	39.800	15.000	2.200	70	26	4
2016	66.600	45.800	18.600	2.200	69	28	3

In der Vergangenheit konnte eine Korrelation zwischen Wärmepumpenabsatz und dem Preisniveau fossiler Energieträger für Heizungsanlagen - Erdgas und Öl - festgestellt werden. Der Wärmepumpenabsatz erhöhte sich in der Vergangenheit bei steigenden Energiepreisen. Die Entscheidung eine Wärmepumpe für Heizzwecke zu nutzen, fiel also offensichtlich oftmals als eine Entscheidung gegen eine herkömmliche Gas- oder Ölheizung auf Basis einer vornehmlich wirtschaftlichen Betrachtung. Abbildung 6 zeigt, dass dieser kausale Zusammenhang aufgehoben ist.

4 Absatzzahlen von Wärmepumpen

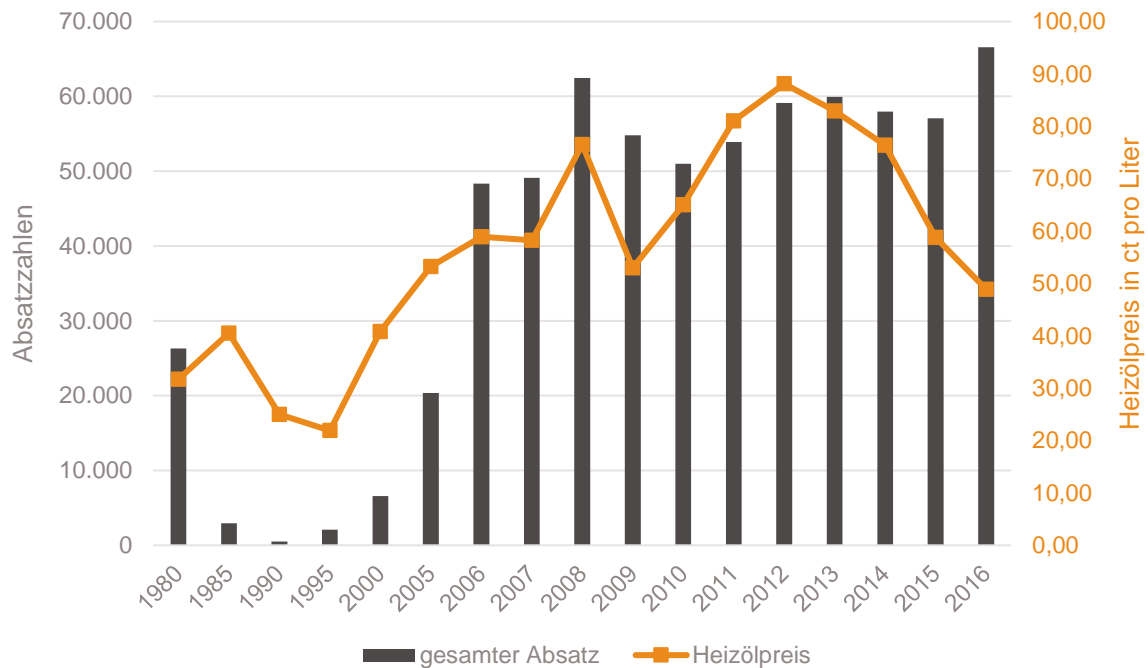


Abbildung 6: Absatzzahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen nach Art der Wärmepumpe in Deutschland im Vergleich zum jeweils aktuellen Heizölpreis [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a; Statista 2017a]

Während der Preis für fossile Energieträger im Berichtszeitraum (weiter) gesunken ist, ist der Absatz für elektrische Wärmepumpen seit 2013 um rund 10 % gestiegen. Dies ist vor allem Ausdruck der gesteigerten Anforderungen der EnEV an die energetische Bilanz eines Gebäudes. Wärmepumpen sind insbesondere im Neubau eine wirtschaftlich absolut tragfähige Alternative gegenüber fossilen (Gasbrennwert-) Heizungen, welche die Anforderungen der EnEV meist nur in Kombination mit Solarthermieanlagen erfüllen.

4.2 Elektrische Brauchwasserwärmepumpe

Die Absatzzahlen elektrischer Brauchwasserwärmepumpen stammen ebenso aus den Erhebungen des BWP wie die Daten der elektrischen Heizungs-wärmepumpen und unterliegen damit denselben Grundannahmen (siehe Abschnitt 4.1).

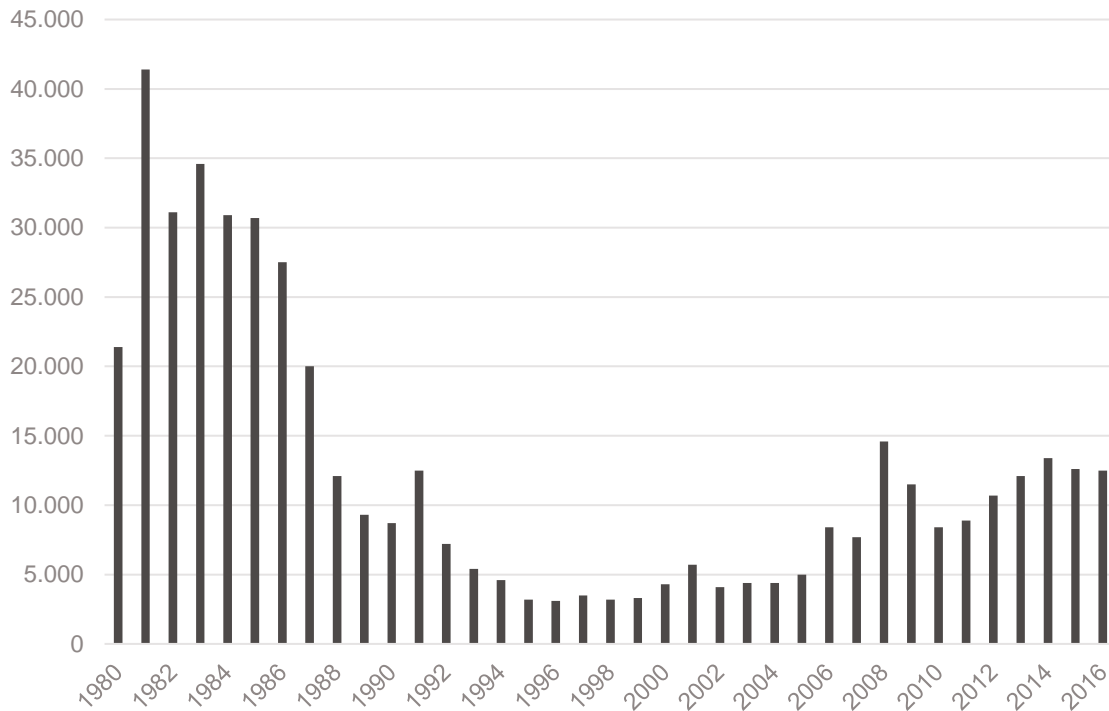


Abbildung 7 Verlauf der Absatzzahlen von elektrischen Brauchwasserwärmepumpe in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]

Die Absatzzahlen für Brauchwasserwärmepumpen vor 2006 hat der BWP den Statistiken des Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie entnommen (ZVEI) entnommen und mit dem dortigen Arbeitskreis Marktforschung Hauswärmetechnik plausibilisiert und angepasst. [BWP, 2013]

Auch bei den Brauchwasserwärmepumpen setzt sich das Absatzniveau der vergangenen Jahre in ähnlichen Größenordnungen fort. 2014 wurden rund 13.400 Brauchwasserwärmepumpen, 2015 gut 12.600 Anlagen und im Jahr 2016 ca. 12.500 Geräte abgesetzt.

Eine komplette Übersicht über die Absatzzahlen seit 1990 - wiederum auf die 100er Stelle gerundet - zeigt die Übersicht in Tabelle 2:

4 Absatzzahlen von Wärmepumpen

Tabelle 2 Absatzzahlen von elektrischen Brauchwasserwärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]

Jahr	Absatz Brauchwasser-WP	Jahr	Absatz Brauchwasser-WP
1980	21.400	1999	3.300
1981	41.400	2000	4.300
1982	31.100	2001	5.700
1983	34.600	2002	4.100
1984	30.900	2003	4.400
1985	30.700	2004	4.400
1986	27.500	2005	5.000
1987	20.000	2006	8.400
1988	12.100	2007	7.700
1989	9.300	2008	14.600
1990	8.700	2009	11.500
1991	12.500	2010	8.400
1992	7.200	2011	8.900
1993	5.400	2012	10.700
1994	4.600	2013	12.100
1995	3.200	2014	13.400
1996	3.100	2015	12.600
1997	3.500	2016	12.500
1998	3.200		

Brauchwasserwärmepumpen haben - bereits deutlich vor Heizungswärmepumpen - eine bedeutende Rolle auf dem Markt der Wärmeerzeuger gespielt. Bereits in den 80er Jahren erreichten Sie ihre maximalen Absatzzahlen, ein Niveau was seitdem nie wieder erreicht wurde. Die historisch hohen Absatzzahlen von Brauchwasserwärmepumpen der 80er Jahre resultieren bereits in den 1980er und 1990er Jahren in hohen Feldbestandszahlen.

Es ist anzumerken, dass elektrischen Heizungswärmepumpen, die heute jährliche Absatzzahlen haben, die Brauchwasserwärmepumpen auch in den 80er Jahren nie erreichten, ebenfalls einen erheblichen Anteil zur Trinkwassererwärmung beitragen, da sie nahezu vollständig neben der Heizungswärme auch Trinkwarmwasser bereitstellen.

4.3 Gasbetriebene Heizungswärmepumpen

Wie in Abschnitt 3.7 erläutert wurde, unterscheiden sich die gasbetriebenen Heizungswärmepumpen nach ihrer Technologie in gasmotorische Wärmepumpen und thermische Sorptionswärmepumpen. Die jeweiligen Absatzzahlen werden im Folgenden getrennt nach den beiden Technologiearten aufgeführt.

Beide Arten von Wärmepumpen erreichen einerseits nur geringe Marktanteile im Vergleich zu elektrischen Heizungswärmepumpen, andererseits sind die Technologien noch nicht so lange am Markt verfügbar.

Thermische Sorptionswärmepumpen

Die Absatzzahlen in Tabelle 3 beruhen auf Daten des BWP. Thermische Sorptionswärmepumpen werden aber wohl nicht in dem aufwendigen notariellen Verfahren - erläutert unter 2.1 - erhoben, sondern beruhen auf Schätzungen des Verbandes. So fällt auf, dass die Daten für den Zeitraum 2014-2016, die 2017 [BWP 2017a] für diese Studie zur Verfügung gestellt wurden, identisch mit den Prognosedaten sind, die für die Vorgängerstudie bereits 2013 seitens des BWP zur Verfügung gestellt wurden [BWP 2013b].

Tabelle 3 Absatzzahlen von thermischen Sorptionswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach [BWP 2013b & 2017a]

Jahr	Absatz Thermische Sorptions-WP
2009	100
2010	200
2011	300
2012	460
2013	650
2014	850
2015	1400
2016	2520

Nach eigener Einschätzung und im Abgleich durch unsere Experteninterviews schätzen wir Umfang und Verlauf der Absatzzahlen aber eher als zu hoch ein. Unterstützt wird dies dadurch, dass es aktuell nur einen Hersteller von Adsorptionswärmepumpen am Markt gibt, der ehemals zweite Hersteller sich vom Markt zurückgezogen hat und keine Konkurrenzanbieter am Markt auftreten [BDEW, 2017].

Für den gesamten Feldbestand sind thermische Sorptionswärmepumpen aber nicht von großer Bedeutung. Für die weiteren Betrachtungen werden die Absatzdaten aus Tabelle 3 weiter verwendet, die rechnerischen Auswirkungen sind auf Basis der geringen Stückzahlen marginal.

Daher zeigt der Verlauf seit 2009 - Abbildung 8 - eine relativ gesehene deutliche prozentuale Steigerung der Absatzzahlen. Es ist für die Zukunft aber nicht zu erwarten, dass die exponentielle Steigerung so fortgeschrieben wird.

4 Absatzzahlen von Wärmepumpen

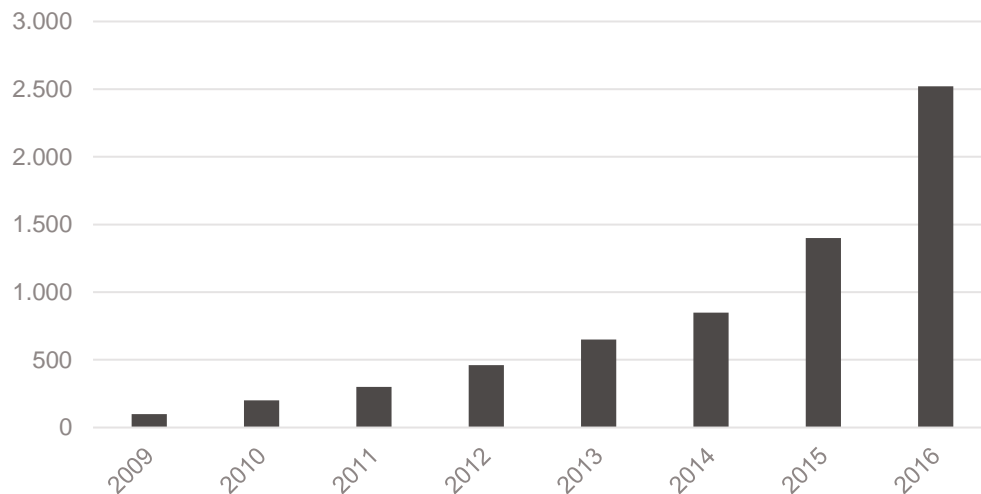


Abbildung 8 Verlauf der Absatzzahlen von thermischen Sorptionswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach [BWP 2013b & 2017a]

Gasmotorische Wärmepumpen

Der BWP stellt dar, dass - nach seiner Einschätzung - gasmotorische Wärmepumpe in Deutschland bis auf weiteres keine Rolle spielen [BWP 2013a]. Die folgenden Zahlen beruhen daher auf Daten und Einschätzungen des BDEW [BDEW, 2013 & 2017], die uns für diese Studie zur Verfügung gestellt wurden, sowie auf Daten der ASUE [ASUE 2008-2016]. Die Entwicklung der Absatzzahlen ist in Abbildung 9 graphisch und in Tabelle 4 tabellarisch dargestellt.

Analog zu den thermischen Sorptionswärmepumpen, sind die Daten weniger belastbar als die Absatzzahlen für elektrischen Heizungswärmepumpen. Da Marktvolumen und Marktdurchdringung der gasmotorischen Wärmepumpen noch geringer ausgeprägt sind als bei thermischen Sorptionswärmepumpen, sind diese auch bei der abschließenden Analyse des Feldbestandes im Folgenden ohne großen Einfluss.

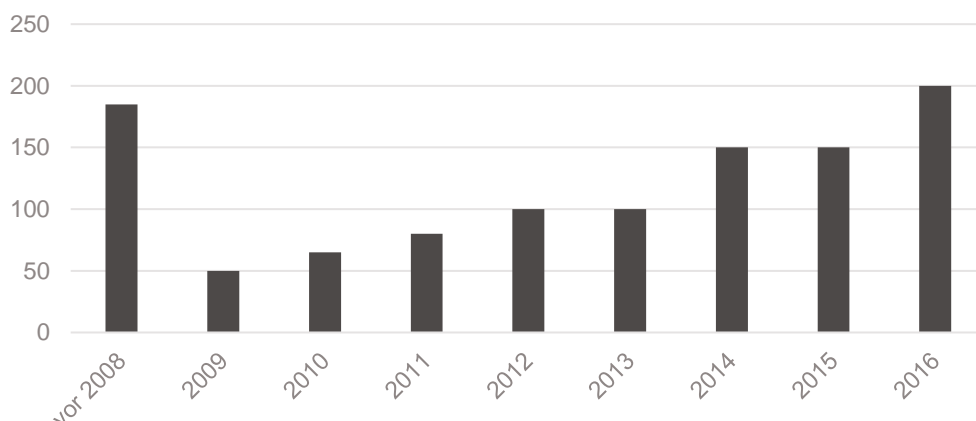


Abbildung 9 Absatzzahlen von gasmotorischen Wärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDEW, 2013 & 2017; ASUE 2008-2016]

Da Gaswärmepumpen erst vor einigen Jahren Eingang in den deutschen Markt gefunden haben, wurden zwischen 2003 und 2008 nur geringe Stückzahlen von unter 50 Anlagen im Jahr installiert. 2009 wurden Gas-Absorptionswärmepumpen in den Markt eingeführt und rund 150 Anlagen installiert. In den darauffolgenden Jahren stiegen die Absatzzahlen weiter an, sodass im Jahr 2016 insgesamt rund 2.750 Gaswärmepumpen verkauft wurden. Hiervon machten gasmotorische Wärmepumpen mit 200 verkauften Anlagen einen Anteil von weniger als 10 % aus.

Tabelle 4 Verlauf der Absatzzahlen von gasmotorischen Wärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDEW, 2013 & 2017; ASUE 2008-2016]

Jahr	Absatz gasmotorische WP
vor 2008	185
2009	50
2010	65
2011	80
2012	100
2013	100
2014	150
2015	150
2016	200

5. Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand)

Für die weitere Betrachtung des deutschen Wärmepumpenmarktes muss - ausgehend von den Absatzzahlen aus Kapitel 4 - der Bestand an Wärmepumpen der verschiedenen Technologien ermittelt werden, der zum jeweiligen Betrachtungsstichtag in Betrieb ist. Dieser Feldbestand bildet anschließend die Grundlage für weitergehende Betrachtungen, Berechnungen und Analysen.

Um den Feldbestand darzustellen sind - neben den jährlichen Absatzzahlen - folgende Stellgrößen entscheidend:

- Wärmepumpen unterliegen einem Lebenszyklus, an dessen Ende eine Wärmepumpe aus dem Feldbestand fällt. Dieser Lebenszyklus wird nachfolgend als eine altersabhängige Funktion beschrieben.
- Es ist notwendig, die im Feldbestand befindlichen Wärmepumpen als Jahreskohorten in Abhängigkeit ihres Absatzjahres zu beschreiben, da sich technische Parameter der Wärmepumpe in Abhängigkeit des Jahres ändern - siehe die nachfolgenden Kapitel bzgl. Leistung sowie COP/JAZ.
- Die oben erwähnte Definition bzgl. des Lebenszyklus soll für diese Studie offen dargelegt werden, um eine Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten.

5.1 Elektrische Heizungswärmepumpen

Aktuell verfügbare Daten über den Wärmepumpenbestand beruhen in der Regel auf den Veröffentlichungen des BWP und stellen sich für elektrische Heizungswärmepumpen wie folgt dar:

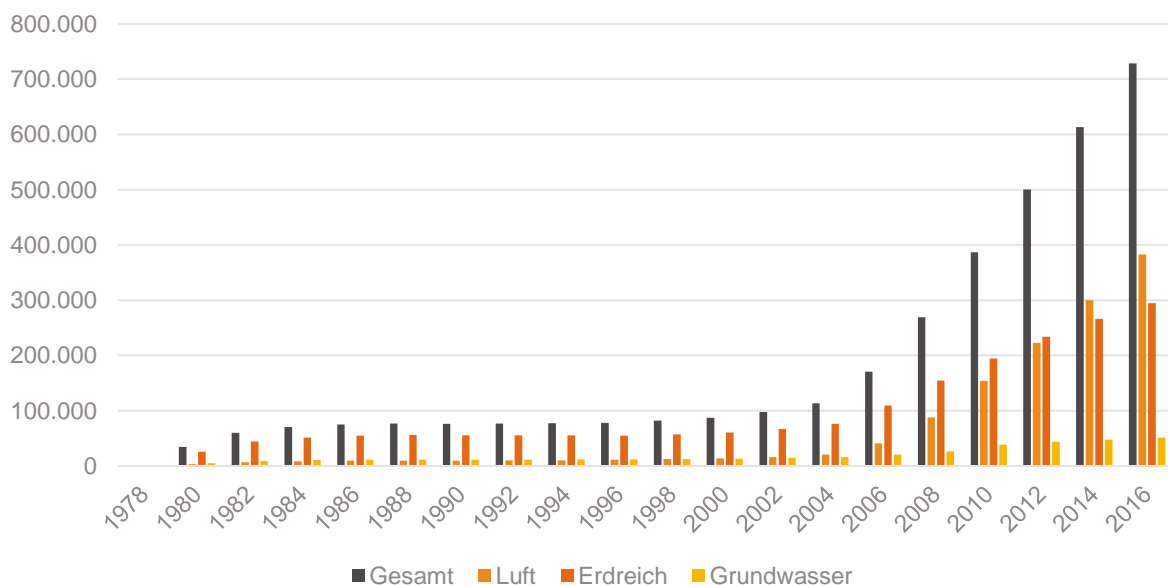


Abbildung 10: Bestandszahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP2015 & 2017a]

5 Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand)

Der BWP bezieht sich dabei auf die von ihm selbst erhobenen jährlichen Absatzzahlen und stellt in seinen Branchenprognosen den Austausch je Jahr und den kumulierten Austausch von im Betrieb befindlichen Wärmepumpen wie folgt dar [BWP 2011 & 2013a]:

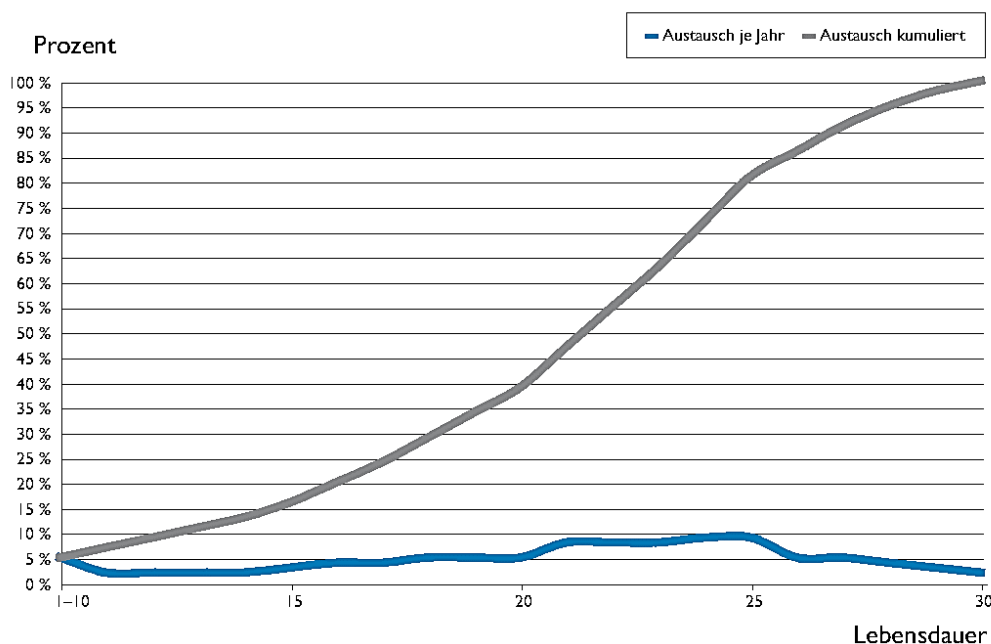


Abbildung 11: Austauschfunktion für elektrischen Heizungs-Wärmepumpen in Deutschland [BWP 2011 & 2013a]

Ausgehend von einer Erhebung des deutschen Schornsteinfegerverbandes [Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) 2013] über den Bestand aller Wärmeerzeuger in Deutschland, wird - nach Anpassung durch Experteneinbindung - die oben dargelegte Austauschfunktion unterstellt. Dem liegt ein Erneuerungszyklus über 30 Jahren zu Grunde. Dabei werden 50 % der Wärmeerzeuger bis zum Lebensalter von 22 Jahren ausgetauscht; ca. 80 % bis zu einem Lebensalter von 25 Jahren.

Gleichzeitig wird - unter dem Stichwort Modernisierungstau - unterstellt, dass aktuell nur ca. 65% der Anlagen am Ende ihres Lebenszyklus tatsächlich ausgetauscht werden. Die verbleibenden ca. 35 % werden weiter als operativer Feldbestand geführt und - je nach beschriebenen Szenario - erst ab 2025 tatsächlich ausgetauscht. Die so beschriebenen Annahmen und die Funktion für den Austausch von Wärmeerzeugern, die sich eigentlich auf den Bestand aller Heizwärmeerzeuger bezieht, werden anschließend identisch auf den Lebenszyklus und den Austausch von Wärmepumpen übertragen.

Aus den folgenden Gründen ist der auf Basis dieser Annahme errechnete Feldbestand für diese Studie nur bedingt zu verwenden:

- Die Erhebung des Schornsteinfegerverbandes bezieht sich auf den Gesamtmarkt der Wärmeerzeuger. Dieser wird von fossilen Gas- und Ölheizungen dominiert. Eine Übertragbarkeit auf Wärmepumpen ist nicht uneingeschränkt möglich.
- Die Wärmepumpen, die wegen des attestierten Modernisierungstaus aktuell nicht ausgetauscht werden, erreichen trotzdem irgendwann das Ende ihres Lebenszyklus und

müssen dann zwangsläufig ausgetauscht werden. Insbesondere das somit nicht definierte Ende des Feldeinsatzes von Teilen der Wärmepumpen aus den 80er Jahren ist nicht plausibel.

- Die oben dargestellte Funktion wird nur grafisch dargestellt, ein mathematischer Funktionssterm wird nicht genannt, so dass eine Überprüfung der Daten nicht ohne Weiteres möglich ist.

Innerhalb dieser Studie wird daher von einer abweichenden Austauschrate ausgegangen, die sich wie folgt darstellt:

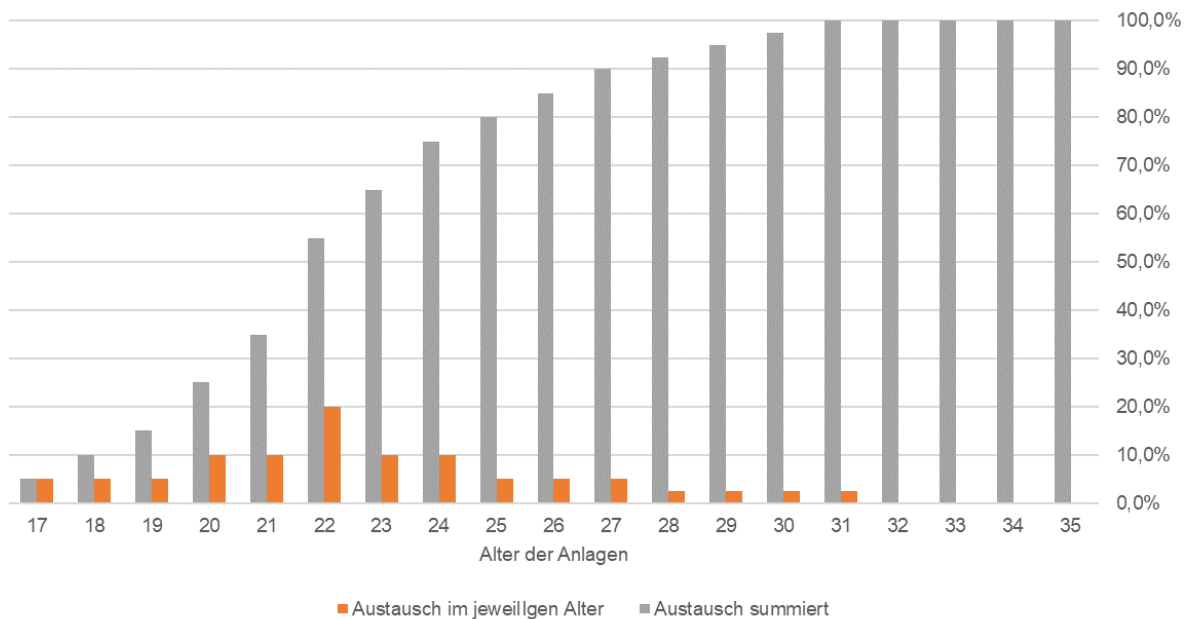


Abbildung 12: Austauschfunktion für elektrische Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung]

Ausgehend von den grundlegenden Annahmen - ~ 50 % der Wärmeerzeuger werden bis zum Lebensalter von 22 Jahren ausgetauscht; ca. 80 % bis zu einem Lebensalter von 25 Jahren - und den Ergebnissen unserer Experteninterviews, unterstellen wir einen Lebenszyklus von Wärmepumpen, der bei 17 Jahren beginnt und bei 31 Jahre Anlagen endet. Am Ende dieses Lebenszyklus, also mit dem Ablauf von 31 Jahren, sind nach unserer Annahme alle Wärmepumpen der jeweiligen Jahreskohorte vollumfänglich ausgetauscht. Dies deckt sich auch mit den Aussagen von Wärmepumpenherstellern, dass eine Wärmepumpe in der Regel eine Lebensdauer von mehr als 20 Jahren hat [Dimplex 2017; Stiebel Eltron 2017b] und unseren Experteninterviews [Kersten 2017; Heske 2017; Thien 2017].

Das Institut für Bauforschung e.V. hat im Auftrag des Bauherren-Schutzbund e.V. 2017 eine Umfrage zur Fehlerhäufigkeit bei der Planung und Ausführung von Wärmepumpen durchgeführt und die Ergebnisse veröffentlicht [Institut für Bauforschung e.V. 2017]. Die Befragung von 56 Sachverständigen – diese haben in den fünf Jahren vor Befragung 527 Wärmepumpen, davon über 90 % jünger als fünf Jahre, begutachtet – und dreizehn Installationsbetrieben – diese haben in den fünf Jahren vor Befragung 714 Wärmepumpen, installiert – kam zu folgenden Ergebnissen:

5 Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand)

- Bei den von den Sachverständigen begutachteten Anlagen mussten 21 % komplett neu geplant und installiert werden. Zu Bedenken ist dabei, dass Sachverständige in der Regel nur schadhafte oder problembehaftete Anlage begutachten.
- Die befragten Installateure gaben an, dass bei denen von ihnen installierten Anlagen (714) bei 63 Anlagen (~9 %) Probleme nach Fertigstellung auftraten. Ein Austausch bzw. eine Neuplanung der Anlage oder ein Wechsel des Versorgungskonzeptes war dabei nicht in einem Fall notwendig.

Bezogen auf die unterstellte Funktion des Lebenszyklus, der erst bei 17 Jahre alten Anlagen den Beginn des Austausches attestiert, bedeutet dies:

- Dass, die Funktion des Lebenszyklus eine Abschätzung auf Basis der dargestellten Annahmen ist.
- dass dabei eine mathematisch vereinfachte Beschreibung gewählt wurde, welche die Realität nah genug abbildet, nicht aber alle Einzelfälle mitefasst. Sicherlich gibt es einzelne Wärmepumpen, die teilweise auch deutlich bevor sie das 17. Installationsjahr erreicht haben ausgetauscht werden (müssen), wie es auch in den begutachteten Anlagen geschehen ist. Ebenso wird es aber einzelne Anlagen geben, die eine längere Lebensdauer haben, als maximal unterstellt wird. Dies sind aber statistische Ausnahmen, wie die Daten der Installateurbefragung auch zeigen.

Auf Basis des Lebenszyklus lassen sich jetzt zu einem Stichtag die jeweils noch im Feldbestand befindlichen Anlagen je Absatzjahr berechnen und daraus auch der gesamte Feldbestand zum Stichtag als Summenfunktion der Jahreskohorten berechnen.

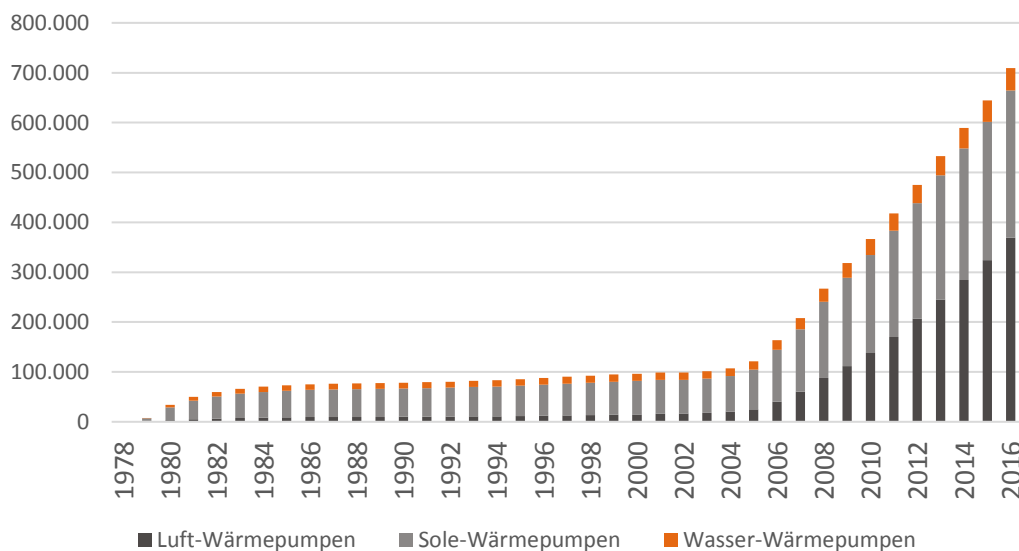


Abbildung 13: Bestandszahlen von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung]

Nach den Berechnungen dieser Studie waren somit am 31.12.2016 ca. 710.000 elektrische Heizungswärmepumpen in Betrieb. Bezogen auf den Stichtag 31.12.2016 ergeben sich dann für den Gesamtbestand aller elektrischen Heizungswärmepumpen beispielsweise die in Tabelle 5 dargestellten Daten:

5 Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand)

Tabelle 5 Feldbestand von elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland zum 31.12.2016 bezogen auf das Jahr des Wärmepumpenabsatzes (Installation) [eigene Darstellung]

Jahr	am 31.12.2016 noch aktiver Bestand	Jahr	am 31.12.2016 noch aktiver Bestand	Jahr	am 31.12.2016 noch aktiver Bestand
1978	0	1991	200	2004	13.900
1979	0	1992	300	2005	20.300
1980	0	1993	500	2006	48.400
1981	0	1994	700	2007	49.100
1982	0	1995	1.300	2008	62.500
1983	0	1996	2.100	2009	54.800
1984	0	1997	3.600	2010	51.000
1985	0	1998	4.600	2011	53.900
1986	0	1999	5.200	2012	59.100
1987	100	2000	6.600	2013	59.900
1988	100	2001	9.000	2014	58.000
1989	100	2002	9.700	2015	57.000
1990	100	2003	10.900	2016	66.600

Vergleicht man die Bestandsdaten des BWP (Tabelle 6) mit den eigenen Berechnungen (Tabelle 7) ergeben sich aktuell Werte in ähnlichen Größenordnungen.

Tabelle 6 Bestandsdaten für Wärmepumpen [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP2015 & 2017a]

Jahr	Gesamt	Luft	Erdreich	Grundwasser
2013	557.725	260.847	250.996	45.882
2014	613.382	299.567	266.038	47.777
2015	666.742	338.348	278.835	49.559
2016	728.776	382.692	294.792	51.292

Tabelle 7 Bestandsdaten für Wärmepumpen nach eigener Berechnung [eigene Darstellung]

Jahr	Gesamt	Luft	Erdreich	Grundwasser
2013	533.106	245.510	248.513	39.083
2014	589.419	284.460	263.916	41.043
2015	644.644	323.883	277.802	42.959
2016	709.154	369.208	295.099	44.847

Der prozentuale Unterschied im Gesamtbestand liegt bei unter 3 %. Die größte relative Abweichung von rund 10 % gibt es bei Wasser-Wärmepumpen. Dies liegt in den historisch höheren Absatzanteilen von Wasser-Wärmepumpen.

Generell lässt sich feststellen, dass die Unterschiede in der Berechnung umso größer werden, je größer der Anlagenabsatz in den relevanten Jahren des Anlagenaustausches ist. Zukünftig

5 Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand)

würden die Unterschiede bei gleichbleibender Berechnungsgrundlage also signifikanter werden. Dies zeigt sich auch deutlich bei den Ausführungen zu Brauchwasserwärmepumpen im folgenden Abschnitt.

Die in dieser Studie erhobenen Zubau- und Bestandszahlen wurden zusätzlich anhand von Erhebungen des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) und der Bundesnetzagentur auf Plausibilität geprüft.

Das LANUV- siehe auch Kapitel 2 - stellt für NRW auf Basis der erteilten wasserrechtlichen Genehmigungen der Unteren Wasserbehörden auf Ebene der Landkreise und der kreisfreien Städte eine landesweite Statistik für Sole-Wärmepumpen und Wasser-Wärmepumpen zusammen [LANUV 2017]. Diese Daten wurden im Rahmen dieser Studie zur Verfügung gestellt. Das LANUV bezeichnet die Unsicherheiten der Datenbasis auf bis zu 15 % auf Grund fehlender Daten einzelner Gebietskörperschaften oder teilweise unplausiblen Daten [LANUV 2017].

Der Zubau des Feldbestandes belief sich von 2014 auf 2015 auf ca. 2.850 Anlagen, im Folgejahr auf ca. 3.600 Sole-Anlagen. Dies entspricht knapp über 20 % des gesamten Zubaus im Feldbestand. Bezogen auf die Einwohnerzahl NRWs - rund 21 % der Gesamtbevölkerung - und der Förderquote im MAP (siehe Kapitel 12) sind dies plausible Werte.

Die Bundesnetzagentur veröffentlicht jedes Jahr einen Monitoringbericht, welcher u. a. Daten zu aktuellen Wärmepumpentarifen enthält. Im Jahr 2016 beruhen diese Zahlen auf den Angaben von 750 Lieferanten (Vorjahr: 719) [Bundesnetzagentur, 2016]. Auf dieser Grundlage berechnete man im April des Jahres 2016 den Preis pro kWh bei einer Anlage mit 7.500 kWh im Jahr. Der Gesamtpreis für den Abnahmefall Wärmepumpe liegt mit einer Streuung zwischen 18,69 - 24,03 ct/kWh im arithmetischen Mittel bei 21,33 ct/kWh (inkl. USt) und damit auf dem Niveau des Vorjahres. Im Mai 2016 errechnete der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. einen durchschnittlichen Strompreis für Haushalte von 28,73 ct/kWh (mit 3.500 kWh/Jahr). Dieser liegt somit fast 5 ct über dem maximalen Gesamtpreis für eine kWh Wärmepumpenstrom [BDEW 2016].

Die Bundesnetzagentur macht außerdem Angaben zu Heizstromabgaben von Wärmepumpen. An rund 377.000 Zählpunkten wurde im Jahr 2015 eine Abgabemenge an Wärmepumpen von gut 2,3 TWh, bei einem Mittel von rund 6.200 kWh pro Jahr und Wärmepumpe, ermittelt. Hier ergibt sich zu den Bestandszahlen von über 700.000 elektrischen Heizungswärmepumpen in Deutschland eine Differenz von rund 50 %. Erklärung für diese Abweichung ist, dass nicht alle Wärmepumpen über einen eigenen Zählpunkt / Wärmepumpentarif versorgt werden. Insbesondere für Wärmepumpen mit geringer Leistung und/oder hoher JAZ lohnt sich ein Wärmepumpentarif oftmals nicht, da zwar geringere Arbeitspreise anfallen, demgegenüber aber eine Jahresgrundgebühr für den zusätzlichen Stromzähler steht. Weitere Nutzer von Wärmepumpen scheuen darüber hinaus den Aufwand eines Tarifwechsels und versorgen die Wärmepumpe daher über den regulären Haushaltsanschluss.

Die Daten der Bundesnetzagentur sind daher für eine Validierung innerhalb dieser Studie nicht geeignet.

5.2 Elektrische Brauchwasserwärmepumpe

Für elektrische Brauchwasserpumpen wurde auf Basis der Funktion des Austausches (siehe Abschnitt 5.1) und der der Absatzzahlen analog zu den Heizungswärmepumpen der in Abbildung 14 visualisierte Bestand berechnet:

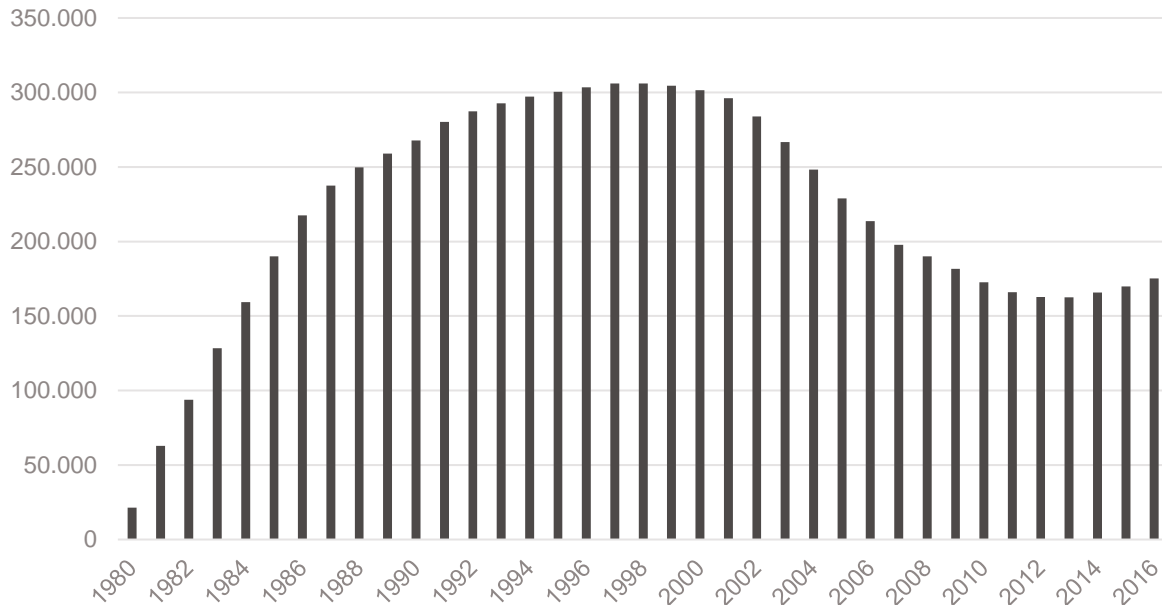


Abbildung 14: Bestandszahlen von elektrischen Brauchwasserwärmepumpen in Deutschland nach eigener Berechnung [eigene Darstellung]

Nachdem die Bestandszahlen seit den 1980er Jahren kontinuierlich gestiegen sind, erreichten Sie Ende der 1990er Jahre mit einem Feldbestand von ca. 300.000 Anlagen ihr Maximum. Seitdem sank der Feldbestand bis 2013 auf ca. 160.000 Anlagen. In den vergangenen Jahren gab es einen leichten Zuwachs auf aktuell knapp 170.000 installierte Brauchwasserwärmepumpen. Zwischen den eigenen Berechnungen und den veröffentlichten Daten des BWP gibt es signifikante Abweichungen, die in Tabelle 8 dargestellt sind.

Tabelle 8 Feldbestand von Brauchwasser- Wärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP2015 & 2017a und eigene Berechnung]

Jahr	Feldbestand zum 31.12 BWP	Feldbestand zum 31.12 eigene Berechnung
2010	221.400	172.700
2011	221.800	165.900
2012	225.000	162.700
2013	230.800	162.600
2014	238.500	165.800
2015	246.100	169.800
2016	254.400	175.100

Für das Jahr 2016 gibt es eine Differenz von fast 80.000 Anlagen, was knapp einem Drittel des Anlagenbestandes entspricht, den der BWP publiziert.

5 Entwicklung des Wärmepumpenbestands (Feldbestand)

Die Abweichungen resultieren aus den hohen Absatzzahlen Anfang und Mitte der 1980er Jahre, die - wie dargestellt - nach Annahme dieser Studie vollumfänglich nicht mehr im Feld bestehen. Im Gegensatz dazu rechnet der BWP rund ein Drittel dieser Anlagen weiterhin dem Feldbestand zu.

5.3 Gasbetriebene Heizungswärmepumpen

Da Gaswärmepumpen erst seit einigen Jahren am Markt abgesetzt und verbaut werden, ist hier die Annahme eines Rückbaus oder Austausches nicht notwendig. Für die Feldbestandszahlen ergibt sich somit auf Basis der kumulierten Absatzzahlen der in Abbildung 15 dargestellte Verlauf:

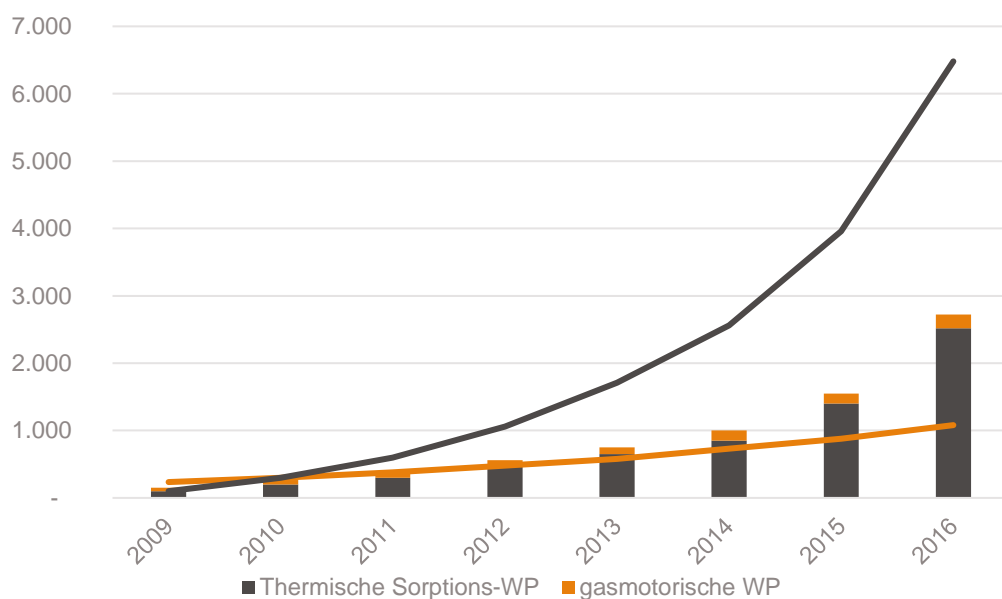


Abbildung 15 Bestand gasbetriebener Heizungswärmepumpen in Deutschland [eigene Darstellung nach BWP 2013b & 2017a; BDEW, 2013 & 2017; ASUE 2008-2016]

Aktuell zeigt die Bestandskurve wachsende Anlagenzahlen, allerdings auf einem geringen absoluten Niveau. Aktuell liegt der Feldbestand bei knapp über 6.000 Sorptionswärmepumpen sowie rund 1.000 gasmotorischen Wärmepumpen. Es ist davon auszugehen, dass das skizzierte exponentielle Wachstum sich in der Zukunft so nicht fortsetzen wird. Die weitere Entwicklung der Absatz- und Bestandszahlen für gasbetriebenen Wärmepumpen ist schwer zu prognostizieren, die Marktaussichten sind aktuell aber eher verhalten.

6. Durchschnittliche Nennleistung der Wärmepumpe

Die im Folgenden genannten Leistungsdaten von Wärmepumpen beziehen sich immer auf die Nennleistung der Wärmepumpe. Diese Nennleistung ist maßgebend für die Auslegung - damit dann auch für Auswahl und Installation - einer Wärmepumpe und gleichzeitig Bezugspunkt für die Vollbenutzungsstunden (siehe Kapitel 8). Diese Nennleistung wird von der Wärmepumpe allerdings nur bei bestimmten Betriebspunkten bereitgestellt. Diese Betriebspunkte sind identisch mit den Prüfstandbedingungen zur Ermittlung des COPs (siehe Kapitel 7).

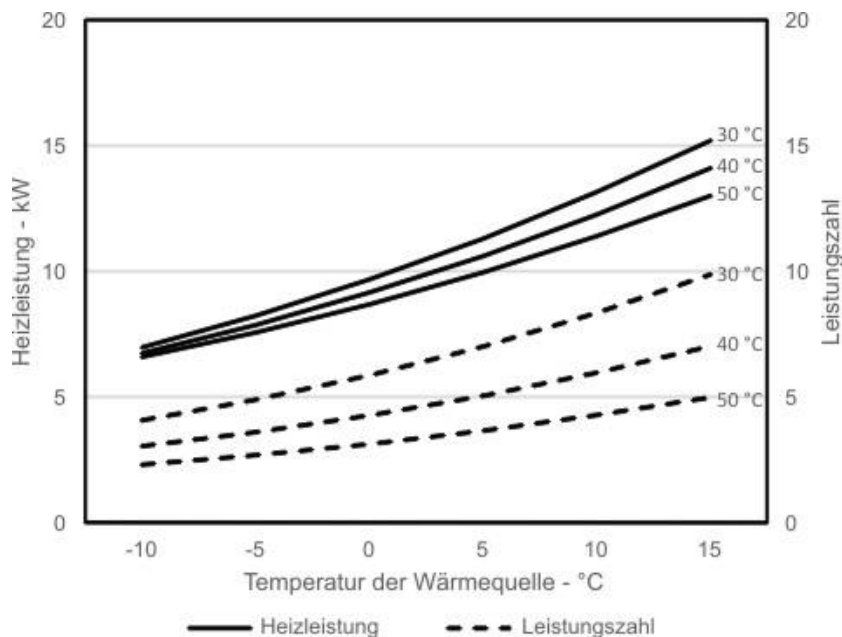


Abbildung 16 Verlauf der Heizleistung und der Leistungszahl in Abhängigkeit der Temperatur der Wärmequelle und Wärmesenke [eigene Berechnung und Darstellung]

Die tatsächliche Leistung einer Wärmepumpe unter realen Bedingungen ist dagegen nicht konstant. Abbildung 16 zeigt den Verlauf der Leistung und der Leistungszahl einer nicht-modulierenden Luftwärmepumpe in Abhängigkeit von der Wärmequellen- und der Wärmesenktemperatur. Die Nennleistung im Prüfpunkt A2/W35 liegt bei 10 kW. Die tatsächliche Leistung im Betrieb variiert aber durchaus zwischen 7 kW bei -10 °C und 15 kW bei 15 °C.

Wie erwähnt bildet diese nicht konstante Leistung die Realität ab. Alle hier erhobenen Daten beziehen sich aber konsistent auf die Nennleistung, so wie sich auch alle weitergehenden Berechnungen - insbesondere bzgl. der Energiemengen - zwingend hierauf beziehen müssen.

6 Durchschnittliche Nennleistung der Wärmepumpe

6.1 Elektrische Heizungswärmepumpe

Die durchschnittliche Leistung von elektrischen Heizungswärmepumpen auf Basis der Erhebungen der abgesetzten Wärmepumpen des BWP ist in Abbildung 17 dargestellt. Die durchschnittliche Leistung der Heizungswärmepumpen nimmt seit Ende der 1990er Jahr kontinuierlich ab. Hintergrund ist der sinkende Wärmebedarf der Neubauten im zeitlichen Verlauf. Aktuell sind Luft-Wärmepumpen (Durchschnitt: 9,7 kW) und Sole-Wärmepumpen (Durchschnitt 10 kW) nahezu gleich groß. Wasser-Wärmepumpen haben mit 16 kW eine höhere durchschnittliche Leistung. Der höhere Aufwand zur Erschließung der Wärmequelle rechnet sich bei kleineren Anlagen meist nicht.

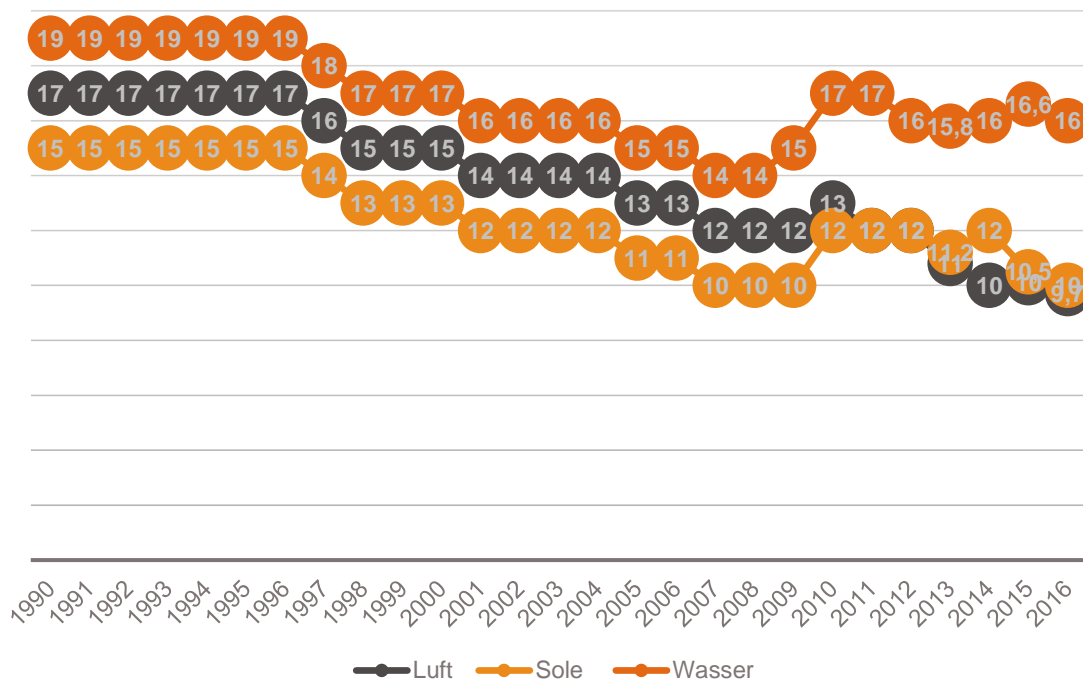


Abbildung 17: Durchschnittliche Leistung von elektrischen Heizungswärmepumpen [eigene Darstellung nach BDH/BWP 2009 & 2013; BWP 2017a]

Der BWP erhebt die Daten geclustert in verschiedenen Leistungsklassen und ermittelt anschließend die durchschnittlichen Leistungen der verschiedenen Technologien im zeitlichen Verlauf. Die Einteilung der Leistungsklassen ist leider nicht bekannt, könnte aber theoretisch Einfluss auf die Daten haben.

Vergleicht man die durchschnittliche Leistung mit den Erhebungen des LANUV NRW [LANUV 2017] ist eine deutliche Übereinstimmung festzustellen. Das LANUV ermittelt bei Sole-Wärmepumpen durchschnittliche Leistungen für Sondenanlagen zwischen 2014 und 2016 von 10-11 kW; für Kollektoranlagen 10 kW.

Auch ein Abgleich mit den durch das MAP geförderten Anlagen (siehe Kapitel 12) kommt - wie in Abbildung 18 dargestellt - zu ähnlichen Ergebnissen:

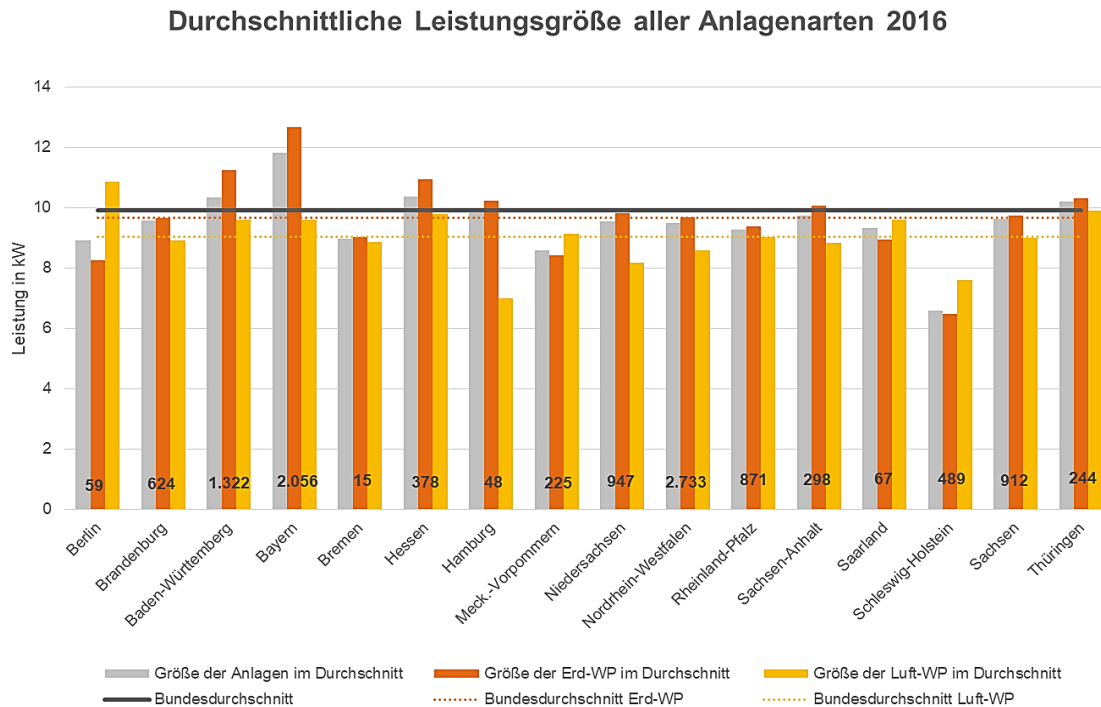


Abbildung 18: Durchschnittliche Leistung von Heizungswärmepumpen nach BAFA Verbandsstatistik MAP 2016 [eigene Darstellung nach BAFA 2017]

Anhand der durchschnittlichen Leistung können zwei grundlegende Aussagen getroffen werden:

- Die durchschnittliche Leistung der Wärmepumpen geht im zeitlichen Verlauf zurück. Luft-Wärmepumpen und Sole-Wärmepumpen haben 2016 eine durchschnittliche Leistung die gut ein Drittel geringer ist als vor 20 Jahren; bei Wasser-Wärmepumpen ist der Rückgang der durchschnittlichen Leistung nicht ganz so umfangreich. Hintergrund ist sicherlich die Verschärfung der gesetzlichen Rahmenbedingungen bezgl. des Wärmebedarfes von Immobilien in Deutschland (Entwicklung der EnEV) [BMU 2017] und damit einhergehend leistungsmäßig kleinere Wärmeerzeuger. Andererseits zeigt dies aber auch, dass es in den vergangenen Jahren nicht gelungen ist, (große) Bestandsgebäude umfangreich für den Einsatz von Wärmepumpen zu erreichen (siehe auch Kapitel 11).
- Außerdem werden die durchschnittlichen Heizleistungen auch durch das Einsatzgebiet der Wärmepumpen beeinflusst. Wasser-Wärmepumpen werden häufig in Großanlagen mit höheren Heizleistungen eingesetzt, sodass hier der Wert über dem von Luft- bzw. Sole-Wärmepumpen liegt. Bislang wurden Luft Wärmepumpen bedingt durch die einfache Erschließung der Wärmequelle verstärkt in Bestandsgebäuden eingesetzt, wodurch sich im Schnitt eine höhere Heizleistung als bei Sole-Anlagen ergab, deren Haupteinsatzgebiet in Neubauten liegt. Seit einigen Jahren werden Luft-Wärmepumpen vermehrt auch in Neubauten installiert, sodass sich die durchschnittlichen Heizleistungen von Luft- und Sole- Wärmepumpen im Feldbestand angeglichen haben.

6 Durchschnittliche Nennleistung der Wärmepumpe

6.2 Elektrische Brauchwasserwärmepumpe

Sonne, Wind und Wärme - ein deutschsprachiges Magazin rund um die Themen der erneuerbaren Energien - hat Marktübersichten für Wärmepumpen erstellt. Die Daten für Brauchwasserwärmepumpen [Sonne, Wind und Wärme 2017] umfassen 97 verschiedene Geräte von 35 verschiedenen Herstellern. Neben Angaben zum COP, der Größe des integrierten Speichers und dem Schalleistungspegel wird auch die Leistung der Wärmepumpe angegeben.

Die Spannbreite der Leistung liegt bei min. 0,425 kW bis max. 5,1 kW und liegt im Mittel bei 1,94 kW. Für Brauchwasserwärmepumpen wird daher die durchschnittliche Leistung für die Berechnungen dieser Studie mit 2 kW beziffert. Da sich der Warmwasserbedarf in der Vergangenheit nicht signifikant geändert hat, wird auch für Anlagen älteren Absatzdatums eine durchschnittliche Leistung von ebenfalls 2 kW angenommen.

6.3 Gasbetriebene Heizungswärmepumpen

Die Nennleistungen von Sorptionswärmepumpen beziehen sich auf Angaben der Branchenstudie 2013 des BWP [BWP 2013a]. Ausgehend von einer durchschnittlichen Heizleistung von 40 kW im Jahr 2009 sinkt die durchschnittliche Heizleistung mit zunehmender Markterschließung auf 21 kW in 2020. Anhand dieser beiden Fixpunkte wurde die Entwicklung zwischen 2009 und 2020 linear abgebildet (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: durchschnittliche Leistung von Sorptionswärmepumpen 2009-2020 [eigene Darstellung nach BWP2013a]

durchschnittliche		durchschnittliche	
Jahr	Leistung (kW)	Jahr	Leistung (kW)
2009	40	2015	30
2010	38	2016	28
2011	37	2017	26
2012	35	2018	24
2013	33	2019	23
2014	31	2020	21

Die hohe durchschnittliche Leistung in 2009 wird darin begründet, dass die ersten Sorptionswärmepumpen vor allem dort eingesetzt wurden, wo sie - basierend auf vorhandenen Gasanschlüssen - im Altbau bestehende Wärmeerzeuger ersetzen konnten und darüber hinaus in Großanlagen. Zunehmende Marktdurchdringung eröffnet klassische Ein- und Zweifamilienhäuser als Zielmarkt und vermindert dadurch die durchschnittliche Leistung. 40 kW scheinen sehr hoch gegriffen [Kersten, 2017] - vor allem da sich die Werte nur auf Sorptionswärmepumpen, nicht aber gasmotorische Wärmepumpen beziehen. Alternative Erhebungen sind nicht verfügbar.

Die durchschnittliche Leistung bei gasmotorischen Anlagen liegt nach übereinstimmenden Aussagen der ASUE [ASUE 2008-2016] und dem BDEW [BDEW 2013] bei rund 50kW, wobei es seit Markteinführung der Anlagen bis heute keine signifikanten Änderungen gab. Es handelt sich aber wie bereits dargestellt nur um 100 bis 200 Anlagen je Jahr.

7. COP / JAZ der Wärmepumpe

COPs werden für Heizungswärmepumpen nach den Vorgaben der europäischen Norm 14511 (Vorläufnorm EN 255) auf Testständen ermittelt und von den Herstellern im technischen Datenblatt der Wärmepumpe angegeben. Veröffentlichte Werte für COPs sind somit nur für die Temperaturen des jeweiligen Prüfpunktes gültig und nur bedingt auf den tatsächlichen Betrieb der Wärmepumpenanlage übertragbar. Hierfür eignet sich die Jahresarbeitszahl, welche das Verhältnis zwischen der in einem Jahr erzeugten Nutzwärme und der dazu notwendigen Antriebsenergie darstellt.

7.1 COP-Messwerte

Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 dargestellt beruht die Erhebung der Entwicklung der COP Werte auf den Prüfwerten des WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik. Die Testergebnisse werden - solange der Auftrag gebende Hersteller dem nicht widerspricht - regelmäßig veröffentlicht. [WPZ Buchs 2017b, 2017c & 2009-2013]

Die Prüfbedingungen beruhen dabei auf den entsprechenden Normen EN 14511 (seit 2005, zuvor nach EN 255). Prüfpunkte, die betrachtet werden sind für elektrische Heizungswärmepumpen

- Luft-WP: A2/W35
- Sole-WP: B0/W35
- Wasser-WP: W10/W35

Hierbei steht die erste Zahl für die Temperatur der Wärmequelle, die hintere Temperaturangabe bezieht sich auf die Vorlauftemperatur des Wärmeverteilsystems (jeweils in °C).

Grundlegender Unterschied zwischen EN 255 und EN 14511 ist die geänderte senkenseitige Temperaturspreizung von 10 K (EN 255) auf 5 K (EN 14511) als Prüfbedingung. Dies führt für eine Prüfung nach EN 14511 zu ~8 % geringeren COPs verglichen mit der EN 255.

7.1.1 Elektrische Heizungswärmepumpen

Im Folgenden wird die zeitliche Entwicklung der durchschnittlichen COPs für die Jahre 1993 bis 2016 analysiert. Für die Jahre 1993 bis 2012 wurden vom WPZ Buchs [Eschmann, WPZ Buchs 2012 & 2013] Leistungszahlen auf Basis der EN 255 veröffentlicht.

Tabelle 10 Entwicklung der nach EN 255 gemessenen COPs für Luft- und Solewärmepumpen seit 1993 [eigene Darstellung nach Eschmann, WPZ Buchs 2012 & 2013]

Jahr	COP-Luft	COP-Sole	Jahr	COP-Luft	COP-Sole
1993	2,34	3,78	2003	3,38	4,48
1994	2,78	3,87	2004	3,49	4,28
1995	2,93	4,00	2005	3,42	4,39
1996	3,23	4,20	2006	3,28	4,48
1997	3,18	4,46	2007	3,53	4,52
1998	3,09	4,43	2008	3,36	4,51
1999	3,18	4,18	2009	3,74	4,52
2000	3,25	4,34	2010	3,70	4,54
2001	3,25	4,42	2011	3,82	4,81
2002	3,32	4,41	2012	4,14	4,82

Es ergeben sich die in Abbildung 19 verdeutlichten Verläufe. Zusätzlich zu den vom WPZ Buchs bis 2012 nach EN 255 gemessenen Leistungszahlen sind nach EN 14511 ermittelte Werte für die Jahre 2013 bis 2017 skizziert [WPZ Buchs 2017b & 2017c)]. Da diese Prüfergebnisse vom WPZ Buchs lediglich veröffentlicht und nicht weiter aufbereitet wurden, wurden für die eigene Darstellung alle Prüfergebnisse eines Jahres gemittelt und gemäß Abschnitt 7.1 um 8% korrigiert, um eine Vergleichbarkeit mit den Werten nach EN 255 zu ermöglichen. Für den Zeitraum von 1993 bis 2012 ergeben sich lineare Korrelationen (EN 255). Es zeigt sich weiterhin, dass die korrigierten Daten von 2013 bis 2017 gut mit diesen Korrelationen übereinstimmen. Innerhalb dieser Studie wird für die weiteren Berechnungen dennoch ausschließlich der konsistente Datensatz nach EN 255 berücksichtigt.

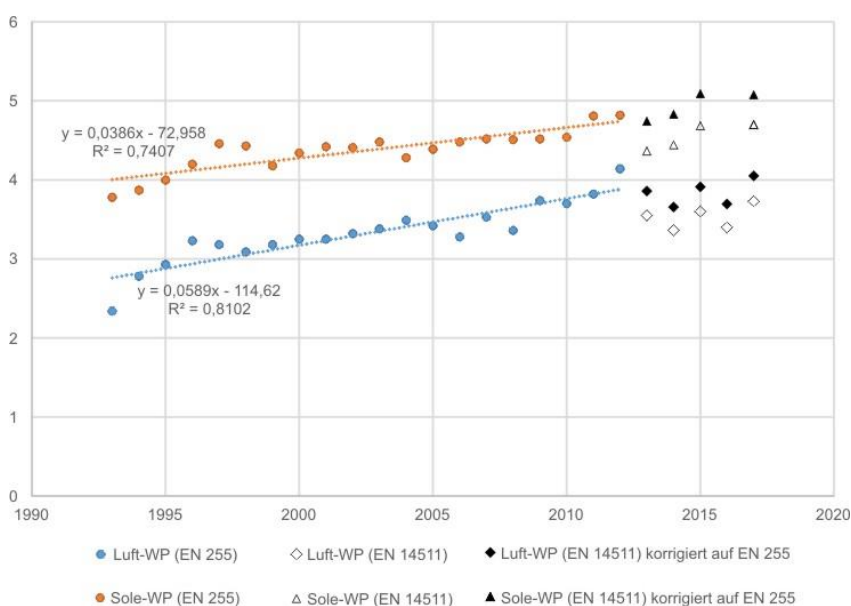


Abbildung 19: Entwicklung COP EN 255 [eigene Darstellung nach Eschmann, WPZ Buchs 2012 & 2013 und WPZ Buchs 2017b & 2017c]

Die Entwicklung des COPs in Abhängigkeit des Jahres lässt sich mathematisch als lineare Gleichung beschreiben:

$$\text{Luft-WP: } f(x) = 0,0589x - 114,62$$

$$\text{Sole-WP: } f(x) = 0,0386x - 72,958$$

Für die Korrelation zwischen Jahr und COP wurde hier (noch) ein linearer Zusammenhang unterstellt. Diese Entwicklung lässt sich nicht auf unbestimmte Zeit fortschreiben, so dass in der Zukunft wahrscheinlich eine asymptotische Funktion beschrieben werden muss, die sich der Carnot-Leistungszahl annähert.

Mit der Funktion können nun rechnerische COPs für den zeitlichen Verlauf ermittelt werden:

Tabelle 11 Berechnete Entwicklung der COPs auf Basis der am WPZ Buchs nach EN 255 seit 1993 gemessenen Prüfwerte [eigene Darstellung]

Jahr	Luft	Sole	Wasser
1993	2,77	3,97	4,77
1994	2,83	4,01	4,81
1995	2,89	4,05	4,86
1996	2,94	4,09	4,91
1997	3,00	4,13	4,95
1998	3,06	4,16	5,00
1999	3,12	4,20	5,04
2000	3,18	4,24	5,09
2001	3,24	4,28	5,14
2002	3,30	4,32	5,18
2003	3,36	4,36	5,23
2004	3,42	4,40	5,28
2005	3,47	4,44	5,32
2006	3,53	4,47	5,37
2007	3,59	4,51	5,41
2008	3,65	4,55	5,46
2009	3,71	4,59	5,51
2010	3,77	4,63	5,55
2011	3,83	4,67	5,60
2012	3,89	4,71	5,65
2013	3,95	4,74	5,69
2014	4,00	4,78	5,74
2015	4,06	4,82	5,79
2016	4,12	4,86	5,83

Wasser-Wärmepumpen sind in der Regel identische Geräte wie Sole-Wärmepumpen, die nur unter anderen Feldbedingungen betrieben werden, bzw. unter anderen Prüfbedingungen getestet werden. Für die COPs der Wasser-Wärmepumpe zeigt sich nach Auswertung der Daten des WPZ Buchs dass diese ~20 % größer sind als die COPs für den Solebetrieb. Die Berechnung, wie in Tabelle 11 ersichtlich, erfolgte dementsprechend.

7.1.2 Brauchwasserwärmepumpen

Die COP-Messung von Brauchwasserwärmepumpen nach der seit 2012 gültigen Norm EN 16147 unterscheidet sich fundamental von der COP-Messung von Heizungswärmepumpen. Für letztere wird die Leistungszahl an einem Prüfpunkt mit definierten Temperaturen bestimmt. Die EN 16147 legt hingegen einen mehrtägigen Betriebszyklus zu Grunde. In diesem Zyklus wird der zur Brauchwasserwärmepumpe zugehörige Speicher zunächst von 10 °C auf 55 °C aufgeheizt. Anschließend werden genau definierte Mengen Trinkwarmwasser zu definierten Zeitpunkten entnommen. Die Prüfbedingungen entsprechen daher viel eher den realen Betriebsbedingungen als bei Heizungswärmepumpen.

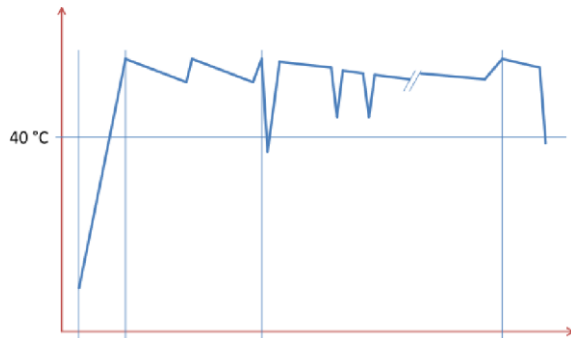


Abbildung 20 Graphische Darstellung der Prüfprozedur nach EN 16147 [Cordin et al., WPZ Buchs 2015]

Markstaler und Bertsch [Markstaler & Bertsch, WPZ Buchs 2015] von der NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs haben Simulationen zur Jahresarbeitszahl von Brauchwasserwärmepumpen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Simulationsergebnisse gut mit den anhand von EN 16147 ermittelten Prüfwerten übereinstimmen. Für Brauchwasserwärmepumpen werden in dieser Studie daher die Werte für COP und JAZ nicht unterschieden. Die zeitliche Entwicklung der Jahresarbeitszahlen in Abschnitt 7.2.2 entspricht daher auch dem zeitlichen Verlauf der COPs.

7.1.3 Gasbetriebene Wärmepumpen

Der gesamtthermische Wirkungsgrad einer gasbetriebenen Wärmepumpe entspricht nicht dem Verhältnis zwischen zur Verfügung gestellter Nutzwärme zu eingesetzten elektrischen Antriebsenergie, sondern beschreibt das Verhältnis zwischen zur Verfügung gestellter Nutzwärme zum Energiegehalt des eingesetzten Energieträgers, folglich zu (Erd-)gas. Angegeben werden die Daten entweder als %-Wert, um somit den Vergleich zu Gasbrennwertgeräten auf einen Blick zu ermöglichen, oder als Dezimalzahl.

Für gasbetriebene Wärmepumpen gibt es keine umfassende Datenquelle über die Entwicklung des gesamtthermischen Wirkungsgrades. Die Abschätzung der JAZ erfolgt in Abschnitt 7.2.3.

7.2 Jahresarbeitszahlen

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist - im Gegensatz zum COP - eine Messgröße, die das tatsächliche Verhältnis der Nutzwärme, die eine Wärmepumpe bereitstellt, zu der notwendigen Antriebsenergie die dafür eingesetzt werden muss, angibt. Die Jahresarbeitszahl bezieht sich dabei auf die Energiebilanz der Wärmepumpe innerhalb eines gesamten Jahres.

Um eine Vergleichbarkeit der Jahresarbeitszahlen zu gewährleisten ist es wichtig, die Systemgrenze der Bilanzierung zu ziehen. Abbildung 21 zeigt welche Systemgrenzen gezogen werden können (AZ0 bis AZ3), die die verschiedenen Antriebsenergien der Wärmepumpe und Heizungsanlage berücksichtigen.

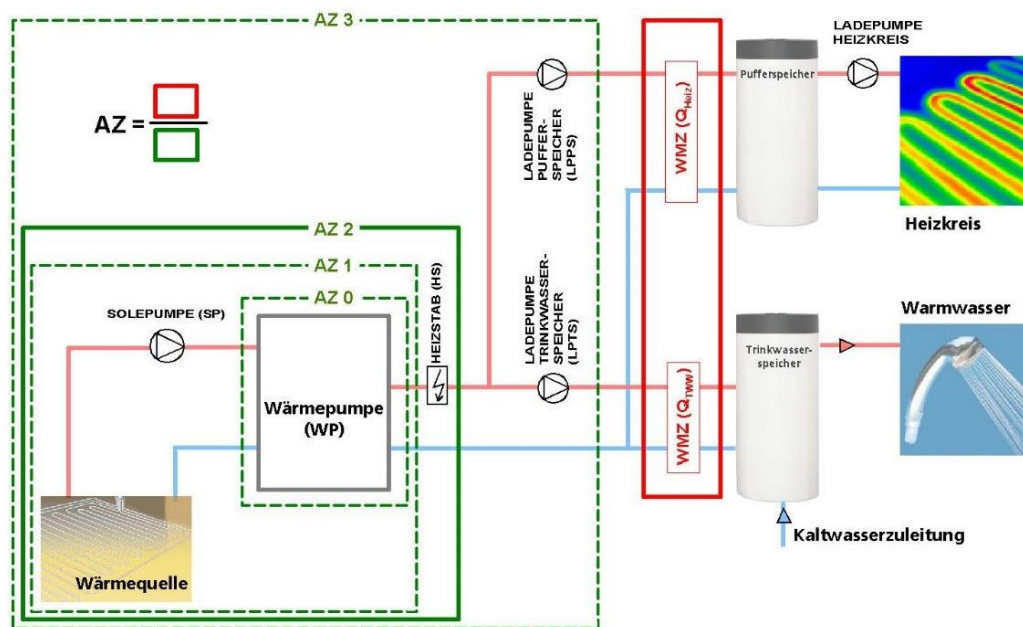


Abbildung 21: Systemgrenzen der JAZ [Miara et al. Fraunhofer ISE 2011]

In aller Regel hat sich in der Fachöffentlichkeit die AZ2 als Systemgrenze durchgesetzt. Diese Betrachtung umfasst:

- die Solepumpe bei Sole-Wärmepumpen (bei Luft-Wärmepumpen alternativ den Ventilator)
- die elektrische Leistung der Wärmepumpe (Kompressor + geringer Anteil sonstiger Verbraucher, z.B. der Regeltechnik)
- den Einsatz eines optionalen Heizstabes

Dagegen nicht inkludiert sind alle heizungsseitigen Verbraucher. Hintergrund dieser Betrachtung ist es, so eine Vergleichbarkeit zu anderen Heizwärmeerzeugern zu ermöglichen. In der AZ2 werden alle Energieströme, die direkt dem Wärmepumpensystem als Wärmeerzeuger zugeordnet werden können, dort auch bilanziert. Alle weiteren Aufwendungen würden bei alternativen Heizwärmeerzeugern innerhalb des Heizungssystems nahezu unverändert anfallen.

7.2.1 Elektrische Heizungswärmepumpen

Basis für die Erhebung der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl sind die unter 2.3.2 bereits erwähnten Feldstudien des Fraunhofer ISE. Darüber hinaus veröffentlicht auch der BWP die in Tabelle 12 genannten durchschnittlichen JAZ.

Tabelle 12 Durchschnittliche JAZ von elektrischen Heizungswärmepumpen für den Zeitraum 2013-2016 [eigene Darstellung nach BWP 2017a]

	Durchschnittliche JAZ			
	2013	2014	2015	2016
Heizung-WP Gesamt	3,4	3,4	3,4	3,5
davon Luft	3,1	3,2	3,2	3,3
davon Sole	3,8	3,8	3,9	3,9
davon Wasser	3,7	3,7	3,8	3,8

Die Jahresarbeitszahlen der Fraunhofer Feldtest sind in Tabelle 13 zusammengefasst:

Tabelle 13 Durchschnittliche JAZ laut Feldtest des Fraunhofer ISE [eigene Darstellung nach Russ et al., Fraunhofer ISE 2010; Miara et al., Fraunhofer ISE 2011; Günther et al., Fraunhofer ISE 2014]

Jahr	Luft-WP Neubau	Luft-WP Bestand	Sole-WP Neubau	Sole- WP Bestand
2006	2,81		3,81	
2007		2,6		3,28
2008	2,98		4,09	
2012	3,2		4,3	

Wichtig dabei ist, dass sich die Daten nicht auf den Zeitpunkt der Veröffentlichung der Studien - naturgemäß erst nach Abschluss der Messkampagnen und deren Auswertung - beziehen, sondern auf das Jahr der Inbetriebnahme der Wärmepumpen, um einen Bezug zu den Jahreshkohorten herstellen zu können.

Für unsere weitere Betrachtung werden die in Tabelle 14 dargestellten Fixpunkte verwendet, die sich aus einer Mittelung der in den Feldtests gemessenen Werte ergeben

Tabelle 14 Durchschnittliche JAZ in Neubau und Bestand für die Jahre 2006, 2008 und 2012 [eigene Darstellung]

Jahr	Luft-WP	Sole-WP
2006	2,7	3,5
2008	2,8	3,6
2012	3	3,8

Werden diese Jahresarbeitszahlen zu den in 7.1.1 berechneten COPs der jeweiligen Jahre ins Verhältnis gesetzt, ergibt sich ein annähernd konstanter Zusammenhang zwischen COP und JAZ (Tabelle 15).

Tabelle 15 Verhältnis zwischen JAZ und COP in den Jahren 2006, 2008 und 2012 [eigene Darstellung]

Jahr	Luft-WP	Sole-WP
2006	0,76	0,79
2008	0,77	0,81
2012	0,77	0,82
Durchschnitt	0,77	0,81

Die zeitliche Entwicklung der JAZ lässt sich für den Betrachtungszeitraum folglich direkt aus dem Verlauf der COPs bestimmen. Diese Werte sind Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16 Berechnete Entwicklung der JAZ von Luft- und Solewärmepumpen für den Zeitraum von 1990 bis 2016 [eigene Darstellung]

Jahr	Luft-WP	Sole WP	Jahr	Luft-WP	Sole WP
1990	2,00	3,10	2004	2,62	3,56
1991	2,00	3,10	2005	2,67	3,59
1992	2,00	3,10	2006	2,71	3,62
1993	2,12	3,21	2007	2,76	3,65
1994	2,17	3,25	2008	2,80	3,68
1995	2,21	3,28	2009	2,85	3,71
1996	2,26	3,31	2010	2,89	3,75
1997	2,31	3,34	2011	2,94	3,78
1998	2,35	3,37	2012	2,98	3,81
1999	2,40	3,40	2013	3,03	3,84
2000	2,44	3,43	2014	3,07	3,87
2001	2,49	3,46	2015	3,12	3,90
2002	2,53	3,50	2016	3,16	3,93
2003	2,58	3,53			

Die Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen im Feldbestand steigen im zeitlichen Verlauf dabei kontinuierlich auf aktuelle Durchschnittswerte von 3,16 (Luft-Wärmepumpen) und 3,93 (Sole-Wärmepumpe). Für den Zeitraum vor 1993 liegen keine COP-Werte vor, die JAZ wurde daher ab 1992 in die Vergangenheit als konstant angenommen. Für die weiteren Berechnungen - insbesondere der Energiemengen - ist dies ohne große Relevanz, da der Anlagenbestand aus den Jahren vor 1992 verhältnismäßig gering ist.

Die eigenen Berechnungen zeigen keine größeren Abweichungen zu den Annahmen des BWP aus Tabelle 12 auf, so dass die Daten hier konsistent sind.

Für Wasser-Wärmepumpen werden - umfangreiche Felddaten liegen für eine Herleitung leider nicht vor - dieselben JAZ wie für Sole-Wärmepumpen angenommen. Die prinzipiell höhere Effizienz von Wasser-Wärmepumpen auf Grund der durchschnittlich höheren Wärmequelltem-

peraturen, wird durch den Energiebedarf der (elektrischen) Förderpumpe des Brunnes aufgewogen. Diese Betrachtung deckt sich ebenfalls mit den Daten des BWP, der offenbar pauschal für Wasser-Wasser Anlagen eine um 0,1 kleiner JAZ als für Sole-Wärmepumpen unterstellt.

Im historischen Verlauf zeigt sich, dass Luft-Wärmepumpen durchschnittlich erst ab nach 2001 eine JAZ größer 2,5 erreichen. Eine JAZ von mindestens 2,5 ist aber die Anforderungen der EU, um die die Wärmepumpen für die Berechnung regenerativ erzeugter Nutzwärme mit hinzuziehen. In den Berechnungen in Kapitel 10 werden daher alternative Berechnungen durchgeführt, bei denen die entsprechenden Wärmepumpen alternativ mitbetrachtet bzw. rausgerechnet werden.

7.2.2 Brauchwasserwärmepumpen

Für Brauchwasserwärmepumpen liegen keine aktuellen Felddaten vor. Es besteht somit keine aktuelle Datengrundlage gemessener Jahresarbeitszahlen. Wie in 7.1.2 dargestellt wurde, entspricht die JAZ einer Brauchwasserwärmepumpe dem nach EN 16147 gemessenen COP. Prüfergebnisse werden regelmäßig vom WPZ Buchs veröffentlicht. Diese Prüfungen finden jedoch nicht alle unter gleichen Randbedingungen statt. Während auf der Verbraucherseite (Wärmesenke) durch die EN 16147 ein genau definiertes Zapfprofil festgelegt ist, sind für die Wärmequelle Luft Temperaturen von 7 °C, 15 °C und 20 °C möglich. Diese Temperaturen entsprechen den verschiedenen Aufstellvarianten von Brauchwasserwärmepumpen, die entweder Außenluft, Luft aus unbeheizten Räumen (Kellern) oder Luft aus beheizten Räumen als Quelle nutzen. Die Prüfergebnisse für unterschiedliche Temperaturen lassen sich jedoch ineinander umrechnen. Vom WPZ Buchs wird zur Umrechnung ein Anstieg des COPs von 2 % pro K erhöhter Quelltemperatur angegeben [Eschmann, WPZ Buchs 2014].

Daten über den Aufstellort von Brauchwasserwärmepumpen werden nicht erhoben. Für die Berechnung dieser Studie wird die Annahme getroffen, dass die Quelltemperatur einer Brauchwasserwärmepumpe 15 °C beträgt. In der Vergangenheit wurden Brauchwasserwärmepumpen überwiegend in unbeheizten Räumen aufgestellt (Begriff: Kellerluft-Trinkwasserwärmepumpe), die Außenluftnutzung oder die Aufstellung in Sanitärräumen stellen aktuellere Entwicklungen dar. Es wird unterstellt, dass sich diese Varianten gegenseitig aufheben.

Aus den Jahren 2015 und 2016 wurden 28 Prüfergebnisse von Brauchwasserwärmepumpen vom WPZ Buchs publiziert [WPZ Buchs 2017a]. Diese besitzen korrigiert auf eine Bezugstemperatur von 15 °C einen mittleren COP von 3,30. Eine Studie des Institut Wohnen und Umwelt aus Darmstadt [Diefenbach et al., Institut für Wohnen und Umwelt GmbH Darmstadt 2002] aus dem Jahr 2002 stellt energetische Kenngrößen für Heizungsanlagen im Bestand zusammen. In dieser Studie werden für Brauchwasserwärmepumpen TEST-Ergebnisse aus dem Jahr 1986 zitiert. In diesen wird für Anlagen mittlerer Qualität eine JAZ von 2,3 genannt. Für diese Studie werden dieser Wert und die aktuellen Prüfergebnisse des WPZ Buchs als Eckpunkte einer linearen Korrelation verwendet. Analog zu Luft- und Solewärmepumpen wird historisch ein linearer Anstieg der JAZ angenommen, so dass sich folgende Funktion ergibt:

$$f(x) = 0,03\bar{x} - 63,9$$

Es ergeben sich die in Tabelle 17 dargestellten, gerundeten Werte.

Tabelle 17 durchschnittliche JAZ je Jahr [eigene Darstellung]

Jahr	JAZ	Jahr	JAZ
1986	2,30	2002	2,83
1987	2,33	2003	2,87
1988	2,37	2004	2,90
1989	2,40	2005	2,93
1990	2,43	2006	2,97
1991	2,47	2007	3,00
1992	2,50	2008	3,03
1993	2,53	2009	3,07
1994	2,57	2010	3,10
1995	2,60	2011	3,13
1996	2,63	2012	3,17
1997	2,67	2013	3,20
1998	2,70	2014	3,23
1999	2,73	2015	3,27
2000	2,77	2016	3,30
2001	2,80		

Auch bei Brauchwasserwärmepumpen zeigt sich, dass die JAZ nicht grundsätzlich über dem Schwellenwert von 2,5 liegt, den die 2013/114/EU für einen primärenergetisch effizienten Betrieb voraussetzt. Analog zur Luft-Wärmepumpen erfolgt die Berechnung der regenerativ erzeugten Nutzwärme (Kapitel 10) in zwei Alternativen.

7 COP / JAZ der Wärmepumpe

7.2.3 Gasbetriebene Wärmepumpen

Die durchschnittliche JAZ von Sorptionswärmepumpen beruht auf Daten des BWP [BWP 2011 & 2013a], die in den Branchenreports 2011 und 2013 veröffentlicht wurde. Es wird von einer JAZ im Jahr 2011 von 1,3 ausgegangen, die sich bis 2020 auf 1,45 linear steigert (Tabelle 18).

Tabelle 18: durchschnittliche JAZ von Sorptionswärmepumpen von 2009-2020 [eigene Darstellung nach BWP 2011 & BWP2013a]

Jahr	JAZ	Jahr	JAZ
2009	1,26	2015	1,37
2010	1,28	2016	1,38
2011	1,30	2017	1,40
2012	1,32	2018	1,42
2013	1,33	2019	1,43
2014	1,35	2020	1,45

Die Daten decken sich grundlegend mit der Einschätzung des BDEW, der 2013 [BDEW 2013] eine JAZ von 1,4 für im Feld erreichbar hält. Dies bildet die obere Grenze, so dass ein Durchschnittswert im Jahr 2013 von 1,33 plausibel erscheint.

Gasmotorische Wärmepumpen werden vom BDEW 2013 [BDEW 2013] mit einer im Feld erreichbaren JAZ von 1,6 beschrieben. Da es sich auch hier um einen Maximalwert handelt wird für den Feldbestand über alle Jahre eine JAZ von 1,5 angenommen.

8. Vollbenutzungsstunden

Die Vollbenutzungsstunden einer Heizungsanlage - unabhängig um welche Art Heizung und um welchen Wärmeerzeuger es sich handelt - sind eine Plangröße, die besagt wie viele Stunden im Jahr eine Heizung mit ihrer Nennleistung agieren müsste, um die notwendige Heizarbeit, die pro Jahr nachgefragt wird, bereit zu stellen.

Die tatsächlich in einem Jahr geleisteten Betriebsstunden - welche theoretisch als Messgröße im Betrieb erhoben werden können - weichen i.d.R. hiervon ab, da Heizungsanlagen nicht nur mit ihrer Nennleistung betrieben werden.

Für Brauchwasserwärmepumpen werden 600h/a - der Wert der auch von der EU angenommen wird - unterstellt. Bezogen auf die durchschnittliche Leistung der Brauchwasserwärmepumpen von 2 kW entspricht dies jährlich 1.200 kWh für die Trinkwassererwärmung, wobei ein durchschnittlicher, täglicher Pro-Kopf-Bedarf zwischen 1 und 2 kWh liegt und stark nutzerabhängig ist.

Die Vollbenutzungsstunden für Heizungen sind prinzipiell nicht abhängig von der Art und der Größenklasse des Wärmeerzeugers, sondern von

- den bauphysikalischen Eigenschaften der zu beheizenden Immobilie und den klimatischen Gegebenheiten am Standort,
- der Art der Nutzung der Immobilie, und dadurch den Zeiten der Wärmenachfrage,
- der Frage in wie weit ausschließlich Raumerwärmung (Heizungswärme) und/oder Trinkwassererwärmung erfolgt,
- ggf. in wie weit die benötigte Heizarbeit nicht ausschließlich durch den einen betrachteten Wärmeerzeuger geleistet wird (bivalente Anlagen).

Für die Abschätzung der Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen bedeutet dies, dass

- allen relevanten Arten von Wärmepumpen für Heizzwecke (Luft/Wasser, Sole/Wasser, Wasser/Wasser, Gas-WP) dieselben Vollbenutzungsstunden zu Grunde liegen,
- der zu betrachtende Fall sich zum klar überwiegenden Teil auf Wohnimmobilien, hierbei wiederum zum überwiegenden Teil auf Ein-/Zweifamilienhäuser bezieht,
- eine Trinkwassererwärmung die Regel, für die Höhe der Vollbenutzungsstunden aber von untergeordneter Bedeutung ist,
- eine monovalente Betriebsweise mit der Wärmepumpe als alleinige Heizquelle ebenfalls die Regel ist. Die durchaus verbreiteten Anlagen, die solarthermische Energie mitnutzen, verwenden diese wiederum primär nur für die Unterstützung der Trinkwassererwärmung. Der elektrische Heizstab wird im Sinne dieser Studie nicht als bivalente, monoenergetische Heizung verstanden, sondern in die Systemgrenze der betrachteten Wärmepumpen integriert (siehe auch 9).

Insgesamt ist festzustellen, dass die Datenbasis über die Erhebung von Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen dürftig ist. Im Folgenden die Datenquellen und Grundlagen, auf Basis derer unsere Einschätzungen zu den Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen erfolgen:

8 Vollbenutzungsstunden

Die Abschätzung der Vollbenutzungsstunden in Deutschland beruht auf der VDI Richtlinie „VDI 2067 – Blatt 2 - Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen / Raumheizungen“ aus dem Jahr 1993 [VDI 1993]. Dort werden die in Tabelle 19 dargestellten Werte für den Musterstandort Düsseldorf angegeben:

Tabelle 19: Vollbenutzungsstunden für verschiedene Gebäudearten nach VDI 2067 [eigene Darstellung nach VDI 1993]

Gebäudeart	Vollbenutzungsstunden (h/a)
Einfamilienhaus	2100
Mehrfamilienhaus	2000
Bürohaus	1700
Krankenhaus	2400
Schule, einschichtiger Betrieb	1100
Schule, mehrschichtiger Betrieb	1300

Um abweichende klimatische Bedingungen in anderen Regionen Deutschlands abzubilden, werden Korrekturfaktoren angegeben, mit denen die Vollbenutzungsstunden zu multiplizieren sind. Die Spannweite reicht dabei von 99,2 % (für Duisburg) bis zu 137,2 % auf dem Fichtelberg. Zum überwiegenden Teil werden +6,8 % angegeben.

Der Beschluss der EU-Kommission (2013/114/EU) gibt für die Vollbenutzungsstunden folgende Standardwerte an:

Tabelle 20 Vollbenutzungsstunden für verschiedene Wärmepumpentypen nach EU/2013/14 [Europäische Kommission 2013]

Art der WP	durchschnittliches Klima	kaltes Klima
Luft/Wasser	1640 h/a	1710 h/a
Sole/Wasser	2070 h/a	2470 h/a
Wasser/Wasser	2070 h/a	2470 h/a

Deutschland befindet sich zum überwiegenden Teil in der Klimaregion „kaltes Klima“ - der kältesten von drei Klimaregionen in der EU. Die deutlichen Abweichungen zwischen WP mit der Energiequelle „Außenluft“ im Gegensatz zur Energiequelle „Erdreich & Wasser“, sind auf die Annahme in dem Beschluss zurück zu führen, dass ein deutlicher Anteil der Heizwärme durch einen zusätzlichen Wärmeerzeuger - i.d.R. ein elektrischer Heizstab - bereitgestellt wird, der sich in der Logik der EU außerhalb der Systemgrenzen befindet. Wie in Kapitel 9 dargestellt wird, ist diese Annahme in Deutschland eindeutig nicht zutreffend. Außerdem befindet sich der Heizstab, gemäß den Gepflogenheiten des wissenschaftlichen Diskurses, innerhalb der Systemgrenzen und sein Einsatz schlägt sich in der JAZ nieder.

Der BWP unterstellt in seinen Branchenstudien (2011 & 2013) - kumuliert über alle Arten von Wärmepumpen - folgende Werte:

Tabelle 21: Entwicklung der Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen [eigene Darstellung nach BWP 2011 und 213a]

Jahr	2010	2015	2020	2025	2030
Vollbenutzungsstunden (2011)	1.950	1.900	1.900	1.850	1.850
Vollbenutzungsstunden (2013)	1.900	1.743	1.663	1.688	1.738

Die Werte basieren dabei auf einer Expertenabschätzung und einer Trendexploration für die Zukunftsprognosen und wurden 2013 auf Basis der (Zwischen-)Ergebnisse der ISE-Feldtests deutlich reduziert. Dazu ist anzumerken, dass die Daten der ISE-Feldtests sich auf die tatsächlichen Laufzeiten der Wärmepumpen beziehen, nicht aber auf die Vollbenutzungsstunden.

Die kontinuierlich zunehmenden Standards im Neubaubereich durch die verschiedenen EnEV-Stufen, führen zu einem geringeren Heizwärmebedarf der Immobilien. Dies bedeutet aber vor allem eine geringere notwendige Leistung des Wärmeerzeugers. Gleichzeitig sinkt aber auch die Heizgrenztemperatur, was zu prinzipiell geringeren Vollbenutzungsstunden führt. Diese Reduzierung ist allerdings nicht sehr groß, da die geringeren Zeiten im Randbereich auftreten, in denen der Wärmebedarf niedrig ist.

Bei gleichzeitiger Trinkwassererwärmung hat die kontinuierliche Verringerung der durchschnittlichen Leistung (siehe auch 6.1) einen gegenteiligen Effekt. Bei konstanter Warmwassererzeugung haben Wärmepumpen mit geringerer Leistung höhere Vollbenutzungsstunden um die notwendige Arbeit zu verrichten. Auch dieser Effekt ist allerdings nicht sehr umfangreich.

In der VDI Richtlinie 4640 (Thermische Nutzung des Untergrundes) Blatt 2 aus dem Jahr 2001 wird eine Bandbreite zwischen 1.800 h/a und 2.400 h/a für die Bereitstellung von Heizwärme unterstellt [VDI 2001]. Der aktuelle Gründruck der VDI 4640/Blatt2 aus dem Jahr 2015 [VDI 2015] unterscheidet differenzierter zwischen möglichen Vollbenutzungsstunden im Bereich von 1.200 h/a bis 2.400 h/a. Die Richtlinie geht aber auch davon aus, dass die Vollbenutzungsstunden als Rechengröße in die Auslegung miteingehen, leitet diese aber nicht selbst her.

Die Schweizer SIA Norm (SIA 384/6 aus 2010) [SIA 2010] geht von einer Normgröße von 1850h/a aus. Auf dieser Basis können - in erster Linie abhängig von den klimatischen Bedingungen am jeweiligen Standort - Korrekturen aufgeschlagen werden, ähnlich dem Ansatz der deutschen VDI 2067. Für extreme Standorte in den Schweizer Höhenlagen ergeben sich so bis zu 2.900h/a.

8 Vollbenutzungsstunden

Insgesamt gilt also:

- Die Spannbreite der Daten der verschiedenen Quellen bzgl. einer Abschätzung von Vollbenutzungsstunden liegt zwischen 1.800 h und 2.400 h, wobei nicht zwischen den verschiedenen Arten von Wärmepumpen unterschieden werden muss.
- Eine sinnvolle untere Grenze ergibt sich aus der VDI 4640 (2001). Rechnerisch kann man zu den 1.800 h/a für den reinen Heizbetrieb aktuell rund 120 h/a für die Trinkwassererwärmung - bezogen auf eine Wärmepumpe mit 10 kW - addieren, und erhält rund 1.920 h/a. Die Trinkwassererwärmung besitzt verglichen mit dem Heizbetrieb eine deutlich geringere Zahl von Vollbenutzungsstunden. Eine Korrektur der gesamten Vollbenutzungsstunden um historisch höhere Nennleistungen abzubilden, ist durch die hohe Unsicherheit der Bestimmung der Vollbenutzungsstunden nicht zweckmäßig.
- Eine sinnvolle obere Grenze ergibt sich aus der VDI 2067 (1993). Betrachtet man 2050 h/a als Mittelwert für Ein- und Zweifamilienhäuser, multipliziert mit 1,068 als durchschnittlichem Korrekturfaktor und addiert ebenfalls 120 h/a für die Trinkwassererwärmung, ergeben sich ca. 2.300 h/a.
- Rechnerisch ergibt sich somit ein gewichteter Mittelwert von ca. 2.050 h/a. Hierbei wurde die untere Grenze doppelt gewichtet, da ein Wert von 2.300 h/a für den aktuellen Gebäudebestand zu hoch erscheint. Wie angesprochen, ergeben sich durch die EnEV-Standards im Neubau zunehmend geringere Vollbenutzungsstunden. Dadurch ergibt sich eine annäherungsweise Übereinstimmung zu den Daten des BWP aus 2011 [BWP 2011], der ebenfalls für die Zukunft leicht rückläufige Werte erwartet. Bezogen auf die Richtlinie der EU-Kommission bedeutet dies, dass man sich eher im Bereich der Werte für „durchschnittliches Klima“ bewegt. Dies ist auch nicht vollkommen unplausibel; so ist das Klima in Deutschland - verglichen mit weiteren Regionen der kalten Klimazone, wie Skandinavien oder den kontinental geprägten Gebiete Osteuropas - sicherlich wärmer.
- Eine Betrachtung für die Vergangenheit ist nicht plausibel möglich. Die VDI 2067 aus 1993 gilt uneingeschränkt seit über 20 Jahren, so dass hier von denselben Werten ausgegangen wird.
- Es wird außerdem ein monovalenter Betrieb attestiert. In Kapitel 9 wird dargestellt, welchen Einfluss weitere, zusätzliche Wärmeerzeuger auf die Vollbenutzungsstunden haben.

Aus den oben beschriebenen Faktoren ergibt sich - auch nach Diskussion der Daten und Ergebnisse mit Experten [Kersten 2017, Thien 2017] - ein plausibler Wert von 2.050 Vollbenutzungsstunden, der auch für eine Betrachtung der Vergangenheit gilt. Grundsätzlich ist aber festzustellen, dass Vollbenutzungsstunden von Wärmepumpen aktuell nicht exakt bestimmt, sondern nur plausibel abgeschätzt werden können. Diese Unsicherheit lässt sich zukünftig nur durch umfangreiche Erhebungen im Feldbestand auflösen.

9. Einsatz des Heizstabes & bivalenter Betrieb im Kontext der Vollbenutzungsstunden

Falls die Wärmepumpe nicht der einzige Heizwärmeerzeuger innerhalb eines Systems ist, würde sich daraus ein Einfluss auf die Vollbenutzungsstunden und ggf. die JAZ - durch geänderte Bedingungen während der Laufzeit der Wärmepumpe - ergeben.

Relevant sind dabei folgende Fälle:

- **Bivalentes System**, bei dem die Wärmepumpe die Grundlast abdeckt, ein anderer (fossiler) Wärmeerzeuger die Spitzenlast abdeckt.
Anlagen dieses Typen sind in geringer Stückzahl im Feld im Einsatz. Die Wärmepumpe erreicht - bei kleinerer Leistung - deutlich erhöhte Vollbenutzungsstunden in der Größenordnung 3.000h/a und möglicherweise eine bessere JAZ. Anlagen dieser Art sind nur vereinzelt bei Großanlagen anzutreffen. In der Mehrzahl der Anwendungsfälle für Ein- und Zweifamilienhäuser ist der Installationsaufwand zu kostspielig. Eine weitere Betrachtung ist daher statistisch nicht notwendig.
- **Bivalentes System**, bei dem eine solarthermische Anlage die Wärmepumpe unterstützt. Ungefähr 10 % aller Wärmepumpenanlagen [BAFA Daten für 2012 zitiert nach Ruschenburg und Herkel, Fraunhofer ISE 2013] werden durch eine solarthermische Anlage unterstützt. Der Großteil der solarthermischen Anlagen dient ausschließlich der Trinkwassererwärmung mit angestrebten Deckungsbeiträgen von ca. 60 %. Es entfallen von 120 h/a für die gesamte Trinkwassererwärmung daher rund 72 h/a auf die Solarthermieanlage. Gemittelt auf den gesamten Bestand der Heizungswärmepumpen führen die Solarthermieanlagen also zu um ca. 7 h/a geringeren Vollbenutzungsstunden. Diese Größenordnung ist aber deutlich kleiner als die Unsicherheit bezgl. der Annahme für die Vollbenutzungsstunden.
- **Monoenergetisches System**, beim die Wärmepumpe durch einen elektrischen Heizstab, der elektrische Energie direkt zur Wärmebereitstellung nutzt, unterstützt wird. Wärmepumpen, insbesondere Luft-Wärmepumpen, werden teilweise durch einen elektrischen Heizstab unterstützt, um Spitzenlasten garantieren zu können. Da der Heizstab sich innerhalb der Systemgrenze befindet - siehe Definition AZ2 - bilden die in dieser Studie verwendeten Daten den Einsatz eines Heizstabes bereits ab. Die Feldtests des Fraunhofer ISE zeigen außerdem (Abbildung 22 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), dass der Einsatz des Heizstabes nur geringe Auswirkungen auf die JAZ hat.

9 Einsatz des Heizstabes & bivalenter Betrieb im Kontext der Vollbenutzungsstunden

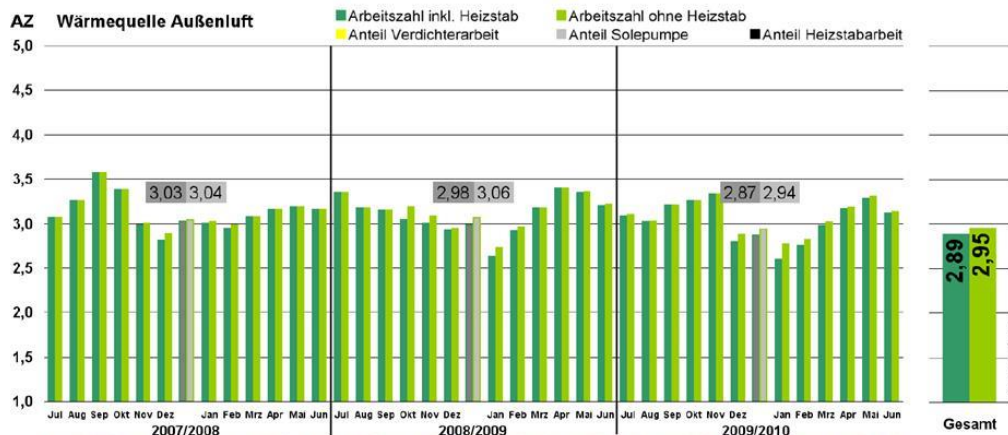


Abbildung 22 Einfluss des Heizstabes auf die JAZ von Luft-Wärmepumpen [Miara et al. Fraunhofer ISE 2011]

Die Angaben zur durchschnittlichen Leistung und den darauf beruhenden Vollbenutzungsstunden werden ebenfalls nicht beeinflusst.

Eine Unsicherheit besteht lediglich gegenüber den Annahmen der 2013/114/EU. In der Definition nach 2013/114/EU befindet sich der Heizstab (zusätzlicher Wärmeerzeuger) außerhalb der Systemgrenzen (siehe Abbildung 23), so dass $SPFH_2$ ungleich AZ_2 ist. AZ_2 entspräche $SPFH_3$ (siehe Abbildung 21).

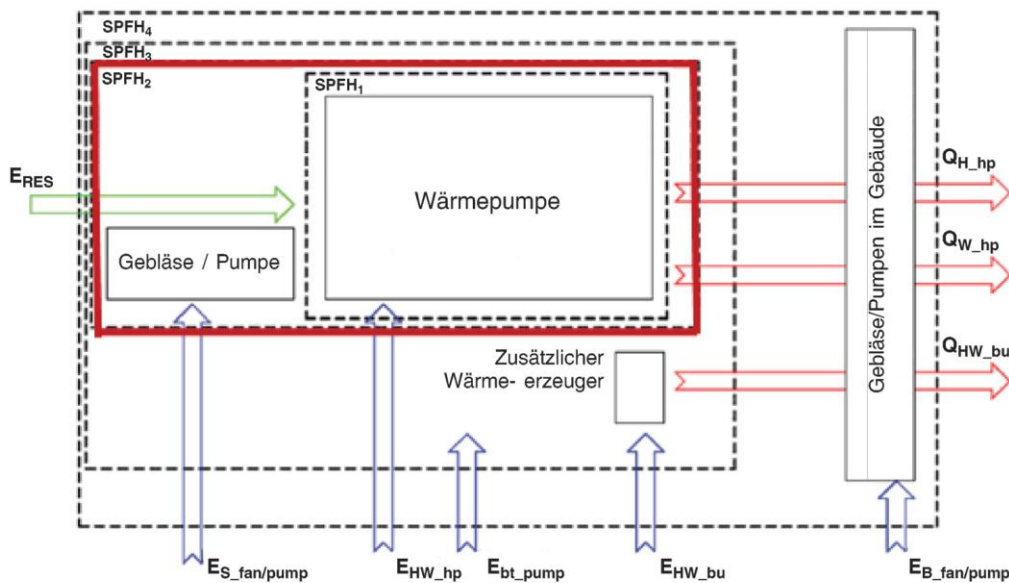


Abbildung 23: Systemgrenzen für die JAZ / SPFH der EU [Europäische Kommission 2013]

Eine Rückrechnung aller Daten auf die geänderte Systemgrenzen - bei prozentualen Abweichungen der JAZ von weniger als 2,5 % und gleichzeitiger zu definierender Reduzierung der Vollbenutzungsstunden - würde keine signifikanten Auswirkungen auf die Berechnungen haben.

- **Bivalentes System**, beim dem ein Holzofen (Stückholzofen / Kaminofen) zusätzlich verwendet wird.

Diese Systeme kommen im Feldbestand vor. Weder über die Anzahl der Anlagen, noch über den Anteil der Wärmebereitstellung, der dann über den Holzofen erfolgt und stark vom individuellen Nutzerverhalten abhängt, können innerhalb dieser Studie Aussagen getroffen werden, da entsprechende Daten nicht erhoben werden.

Eine weitere Kombination von Wärmepumpen mit einem zusätzlichen erneuerbaren Energieträger ist der gemeinsame Einsatz von Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen. Da über die PV-Anlage lediglich Strom bereitgestellt wird, hat dies auf die Arbeit der Wärmepumpe keine Auswirkungen. Bei zunehmender Marktdurchdringung dieses Systems (siehe auch Kapitel 15) würde es perspektivisch zu einer Verringerung der Kombination mit solarthermischen Anlagen kommen, da eine Konkurrenzsituation um nutzbare (Dach-) Flächen entsteht.

10. Energiemengen des Feldbestands

Die Berechnung der regenerativ erzeugten Nutzwärme folgt unabhängig vom Wärmepumpentyp dem gleichen Rechengang. Die vom Feldbestand erzeugte Nutzwärme ergibt sich aus der Multiplikation von Anlagenbestand, durchschnittlicher Heizleistung und Vollbenutzungsstunden:

$$E_{\text{Nutz}} = n_{\text{Anlagen}} \cdot \dot{Q}_{\text{Heiz}} \cdot n_{\text{h}}$$

Das aktuelle Jahr des Betrachtungsstichtages (z.B. das Jahr 2016 für den Stichtag 31.12.2016) geht in den folgenden Berechnungen nur mit 50% ein, bei Annahme eines gleichverteilten Zubaus unterjährig.

Die erzeugte Nutzwärme dividiert durch die JAZ des Feldbestandes ergibt die mechanische Arbeit zum Antrieb des Verdichters, die entweder elektrisch oder im Falle der Gaswärmepumpen thermisch erzeugt wird:

$$E_{\text{Antrieb}} = \frac{E_{\text{Nutz}}}{\text{JAZ}_{\text{Bestand}}}$$

Die Differenz aus der Nutzwärme und der Antriebsenergie ergibt den regenerativen Anteil der Nutzwärme:

$$E_{\text{Nutz,reg}} = E_{\text{Nutz}} - E_{\text{Antrieb}}$$

Alle berechneten Energiemengen sind für alle Wärmepumpentypen aufgeschlüsselt nach Jahreskohorten und kumuliertem Bestand den Tabellen des Anhangs zu entnehmen. In diesem Kapitel werden für jeden Wärmepumpentyp ausgewählte Zusammenhänge beschrieben. Dies betrifft insbesondere eine Einschätzung, wie sich die getroffenen Annahmen dieser Studie, die teilweise von den Vorgaben der EU/2013/14 und Erhebungen des BWP abweichen, auf die Energiemengen auswirken.

10.1 Heizungswärmepumpen

Zum Stichtag 31.12.2016 treten an elektrischen Heizungswärmepumpen die in Tabelle 22 dargestellten Energiemengen auf. Für den regenerativen Teil der Nutzwärme werden nur Anlagen mit einer Jahresarbeitszahl >2,5 betrachtet. Wird der Bestand der vor 2001 installierten Luftwärmepumpen mit einer kleineren JAZ inkludiert, ergibt sich für die regenerativ erzeugte Nutzwärme von Luftwärmepumpen ein nur um 0,1 TWh größerer Betrag. Auf Grund des geringen Anteils dieses Bestandes am gesamten Feldbestand besteht daher kein signifikanter Einfluss.

10 Energiemengen des Feldbestands

Tabelle 22 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für elektrische Heizungswärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. Eingangsgrößen sind die in dieser Studie ermittelten Werte. [eigene Darstellung]

Wärmequelle	$E_{\text{Nutz}} / \text{GWh}$	$E_{\text{Antrieb}} / \text{GWh}$	$E_{\text{Nutz,reg}} / \text{GWh}$
Luft	8.174	2.807	5.367
Erdwärme	6.550	1.776	4.774
Wasser	1.406	383	1.023
Gesamt	16.131	4.967	11.164

Es ist anzumerken, dass diese Werte durch die Unsicherheit der Zahl der Vollbenutzungsstunden ebenfalls unsicherheitsbehaftet sind. In Kapitel 8 wurde die Vollbenutzungsstundenzahl auf 2050 h/a beziffert. Es wurde aber auch eine Spanne von 1920 h/a bis 2300 h/a angegeben. Dies bewirkt, dass für die Energiemengen ebenfalls eine Unsicherheit von -6,3 % bis +12,2 % der in angegeben Werte besteht.

Ein Vergleich der Energiemengen, die aus den Werten dieser Studie ermittelt wurden, mit den Energiemengen, die auf den Vorgaben der EU/2013/14 beruhen (Tabelle 23), zeigt zum Stichtag 31.12.2016 trotz teilweise erheblich abweichender Eingangsparameter nur eine geringe Differenz für den Gesamtwert der regenerativen Nutzenergie.

Tabelle 23 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für elektrische Heizungswärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. Eingangsgrößen sind die Vorgaben der EU/2013/14. [eigene Darstellung]

Wärmequelle	$E_{\text{Nutz}} / \text{GWh}$	$E_{\text{Antrieb}} / \text{GWh}$	$E_{\text{Nutz,reg}} / \text{GWh}$
Luft	6.819	2.727	4.091
Erdwärme	7.892	2.255	5.637
Wasser	1.694	484	1.210
Gesamt	16.405	5.466	10.938

Ein Vergleich der Werte für die einzelnen Wärmequellen zeigt aber deutliche Unterschiede auf. Aus der EU/2013/14 ergeben sich für Luftwärmepumpen bezogen auf die Werte dieser Studie um 17 % geringere Energiemengen. Dies liegt an der mit 1710 h deutlich geringeren Zahl von Vollbenutzungsstunden und der geringeren JAZ des Feldbestandes von 2,5 (diese Arbeit: 2,92). Für Erdwärmepumpen fallen die Energiemengen aus der EU/2013/14 auf Grund der größeren Vollbenutzungsstundenzahl von 2470 h höher aus (+20 %). Die durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen (EU: 3,5, diese Arbeit: 3,69) weichen aktuell nur geringfügig voneinander ab.

Es ist somit festzustellen, dass zum Stichtag 31.12.2016 in der Gesamtbetrachtung nur geringe Abweichungen auftreten, die Aufschlüsselung auf die Wärmequellen jedoch erhebliche Abweichungen aufzeigt. Auffällig ist jedoch auch, dass die elektrische Antriebsenergie im Falle der EU/2013/14 auf Grund der grundsätzlich geringeren Jahresarbeitszahlen verglichen mit der Berechnung dieser Studie um 10 % größer ausfällt. Abbildung 24 zeigt die Differenz der gesamten regenerativen Nutzwärme zwischen den Werten dieser Studie und den Vorgaben der EU/2013/14.

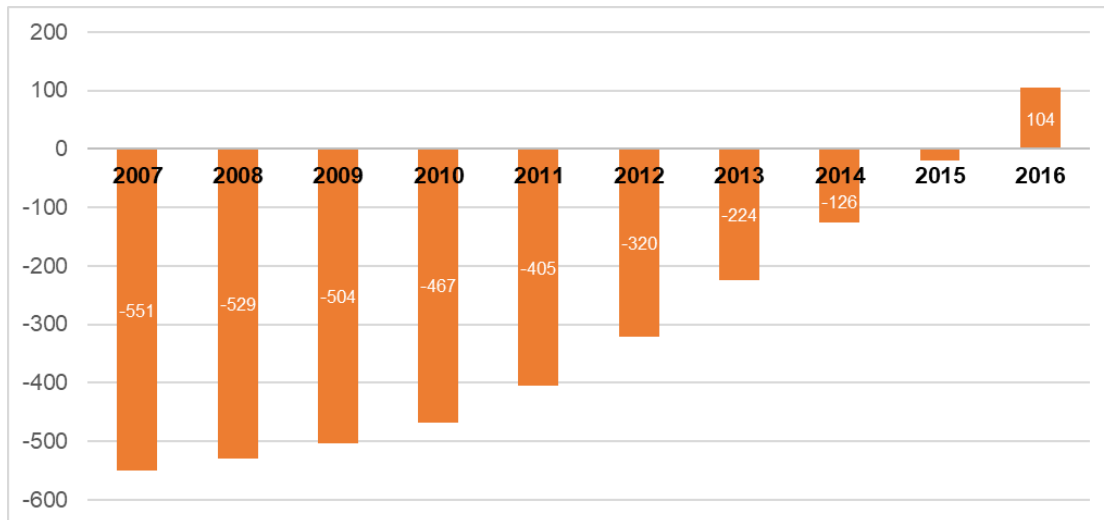


Abbildung 24 Differenz der gesamten regenerativen Nutzwärme berechnet mit den Werten dieser Studie und den Vorgaben der EU/2013/14 in GWh für den Zeitraum 2007 bis 2016 [eigene Darstellung]

Es zeigt sich, dass sich bis zum Jahre 2014 mit den Vorgaben der EU/2013/14 höhere Werte für die regenerative Nutzwärme ergaben. Durch die technologische Entwicklung und die damit verbundene Erhöhung der Jahresarbeitszahlen kehrte sich dies 2015 um. Es sind daher in Zukunft zunehmend größere Abweichungen zwischen den Berechnungsmethoden dieser Studie und der EU/2013/14 zu erwarten.

Wie in Abschnitt 5.1 erläutert wurde, unterstellt der Bundesverband Wärmepumpe eine andere Austauschrate von Wärmepumpen als diese Studie. Dadurch ergibt sich ein Unterschied im Gesamtbestand von unter 3 %. Folglich würde sich mit dem vom BWP ermittelten Feldbestand des BWP eine um etwa 3 % höhere regenerative Nutzwärme - in Abhängigkeit der jeweiligen Unterschiede je Jahreskohorte - ergeben. Diese Abweichung liegt aber innerhalb der Unsicherheit, die sich durch die nicht exakt bestimmbare Zahl der Vollbenutzungsstundenzahl, ergibt. Aktuell zeigen die Betrachtungen dieser Studie und des BWP also eine gute Übereinstimmung.

Zusätzlich wurden die Ergebnisse dieser Studie mit den Berechnungen der letzten Aktualisierung von 2014 verglichen. Für den Stichtag 31.12.2012 ergibt sich die regenerative Nutzwärme mit der Methodik dieser Studie zu 7.787 GWh. Die Studie von 2014 nannte für diesen Zeitpunkt einen Wert von 7,9 TWh. Trotz der Unterschiede in der Berechnung und Methodik sind die Studien somit untereinander konsistent.

10.2 Brauchwasserwärmepumpen

Brauchwasserwärmepumpen weisen von allen Wärmepumpentypen nach den Luft- und Erdwärmepumpen mit 175.189 Anlagen die dritthöchste Bestandszahl auf. Die von Brauchwasserwärmepumpen bereitgestellten Nutzenergien (gesamt und regenerativ) sowie die dazu benötigte elektrische Energie sind Tabelle 24 zu entnehmen.

Tabelle 24 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für Brauchwasserwärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. Eingangsgrößen sind die in dieser Studie ermittelten Werte. Es wurden nur Wärmepumpen mit einer JAZ>2,5 berücksichtigt. [eigene Darstellung]

Wärmepumpentyp	E_{Nutz} / GWh	E_{Antrieb} / GWh	$E_{\text{Nutz,reg}}$ / GWh
Brauchwasser	203	68	130

Die von Brauchwasserwärmepumpen genutzte regenerative Wärme entspricht somit nur 1,2 % der Wärmemenge der elektrischen Heizungswärmepumpen. Dies lässt sich durch die kleinere Nennleistung (2 kW anstelle 10 kW) und die geringere Zahl von Vollbenutzungsstunden (600 h/a anstelle von 2050 h/a) begründen. In der in Tabelle 24 bezifferten regenerativen Wärmemenge sind nur Brauchwasserwärmepumpen mit einer JAZ>2,5 berücksichtigt. Werden hingegen alle im Feldbestand befindlichen Anlagen betrachtet, steigt der Wert geringfügig auf 130 GWh. Eine Berechnung mit den Vorgaben der EU/2013/14 (konstante JAZ=2,5) ergibt eine regenerative Wärmemenge von 122 GWh. Dieser Wert ist kleiner als der mit den Methoden dieser Studie errechnete Wert von 135 GWh, da in dieser Studie die durchschnittliche JAZ des Feldbestandes bereits 3,0 beträgt.

Bei Brauchwasserwärmepumpen wies der in dieser Studie ermittelte Feldbestand für das Jahr 2016 zahlenmäßig eine Differenz von 80.000 Anlagen, verglichen mit der Bestandszahl des BWP auf (siehe Abschnitt 5.2). Diese Anlagen wurden zu Beginn und Mitte der 80er Jahre installiert und besitzen alle eine JAZ<2,5, da dieser Schwellenwert entsprechend Abschnitt 8.2.2 erst 1992 erreicht wurde. Trotz der hohen Abweichung im Bestand ergibt sich somit im Sinne der EU/2013/14 keine Abweichung in der regenerativen Nutzwärme.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die vorhandenen Unsicherheiten bezüglich Feldbestand und historischer Jahresarbeitszahlen zwar für die Berechnung der Energiemengen von Brauchwasserwärmepumpen relevant sind, der Einfluss auf die Gesamtbetrachtung aller Wärmepumpen aber durch die geringe Nennleistung und Vollbenutzungsstundenzahl vernachlässigbar ist. Erhebungen zur Verbesserung der Datenlage sind daher natürlich wünschenswert, werden aber letztlich keinen maßgeblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis besitzen.

10.3 Gaswärmepumpen

Die Energiemengen für die beiden Typen von Gaswärmepumpen – thermische Sorptionswärmepumpen und Gasmotorwärmepumpen – sind in Tabelle 25 zusammengefasst. Gaswärmepumpen stellen mit insgesamt 7.560 Anlagen den Wärmepumpentyp mit der geringsten Bestandszahl dar. Dennoch ist durch die hohe durchschnittliche Nennleistung von 33,7 kW die von ihnen genutzte regenerative Wärme mit 121 GWh auf dem Niveau der Brauchwasserwärmepumpen.

Tabelle 25 Kumulierte thermische Nutzenergie, Antriebsenergie und regenerativer Anteil der thermischen Nutzenergie für Gaswärmepumpen zum Stichtag 31.12.2016. [eigene Darstellung]

Wärmepumpentyp	$E_{\text{Nutz}} / \text{GWh}$	$E_{\text{Antrieb}} / \text{GWh}$	$E_{\text{Nutz,reg}} / \text{GWh}$
Thermische Sorption	335	249	87
Gasmotor	101	67	34
Gesamt	436	316	121

Der Anteil der Gaswärmepumpen an der gesamten regenerativen Wärmenutzung durch Heizungswärmepumpen beträgt ähnlich wie bei den Brauchwasserwärmepumpen 1,1 %. Daher gilt auch für die Gaswärmepumpen, dass vorhandene Unsicherheiten bei der Bestimmung des Feldbestandes und weiterer Größen wie der durchschnittlichen Heizleistung, der Jahresarbeitszahl und der Vollbenutzungsstundenzahl keinen signifikanten Einfluss auf das Gesamtergebnis besitzen. Da auf Basis der in Abschnitt 5.3 dargestellten Entwicklung der Absatzzahlen kein signifikant höherer Marktanteil für Gaswärmepumpen zu erwarten ist, werden sie auch mittelfristig nur geringe Bedeutung für die Gesamtbereitstellung von regenerativer Wärme durch Wärmepumpen besitzen.

11. Verteilung nach Gebäudetypen

Auf Grundlage einer Statistik des Statistischen Bundesamtes DEStatis können die Baufertigstellungen neuer Gebäude mit einer Wärmepumpe als primärer Heizquelle erfasst werden. Diese sind in der Statistik in die Kategorien Wohn- und Nichtwohngebäude aufgeteilt, welche beide nochmals nach Art der jeweiligen Nutzung unterschieden werden. Wie in Abbildung 25 zu sehen ist, steigt der Anteil der fertiggestellten Wohngebäude mit Wärmepumpenheizung seit 1993 kontinuierlich an und macht seit 2012 über 30% der Neubauten aus. Zwischen 2005 und 2010 gab es einen besonders starken Zuwachs, seit 2010 ist der Wert von knapp 30% jedoch stabil und steigt nur noch sehr langsam an. Somit wird heute fast jedes dritte neugebaute Wohnhaus in Deutschland mit einer Wärmepumpe als primärer Heizquelle ausgestattet.

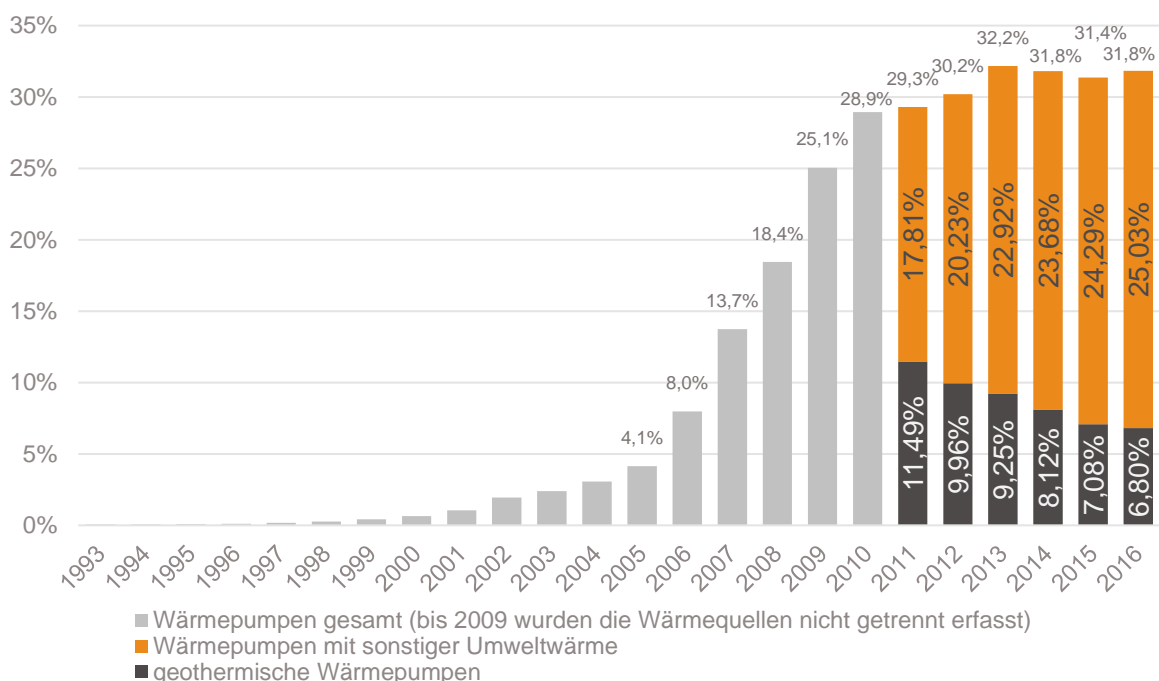


Abbildung 25: DEStatis Lange Reihen: Anteil der Wärmepumpen bei Baufertigstellungen neuer Gebäude [eigene Darstellung nach DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017]

In Tabelle 26 ist die Entwicklung der fertiggestellten Gebäude unterteilt nach Wohn- und Nichtwohngebäude seit 1993 dargestellt. Es ist ein starker Zuwachs insbesondere bei den Wohngebäuden zu verzeichnen, allerdings werden absolut gesehen auch vermehrt Nichtwohngebäude mit Wärmepumpen ausgestattet. Während jedoch 1993 noch knapp ein Viertel der neu installierten Wärmepumpen in Nicht-Wohngebäuden Verwendung fanden, so sind es heute nur noch 4 %. Seit 2001 werden alle Wärmepumpen, die zu Heizzwecken in Neubauten eingesetzt werden, im Schnitt zu 4 % in Nichtwohngebäuden eingebaut; mit Werten zwischen 2 und 5 % in den letzten 15 Jahren befindet sich dieser Wert also auf einem relativ konstanten, niedrigen Niveau. Die gesamte Anzahl von Neubauten mit Wärmepumpe hat sich jedoch in den letzten zehn Jahren fast um das sechsfache gesteigert. Insgesamt werden Wärmepumpen jedoch überwiegend in Wohngebäuden installiert.

Aus der Differenz der Wärmepumpen, die im Neubau zum Einsatz kommen (vgl. Tabelle 26) und den jährlichen Zuwachsraten des Gesamtbestandes (vgl. Kapitel 5), ergibt sich der Anteil

11 Verteilung nach Gebäudetypen

der Wärmepumpen, die im Bestand eingesetzt werden. 2014 bis 2016 machte der Neubau jeweils ca. 60% des zunehmenden Feldbestandes aus, 40% sind auf Wärmepumpen zurück zu führen, die im Gebäudebestand neu installiert wurden

Tabelle 26 DEStatis Lange Reihen: Anteil Wärmepumpen bei Baufertigstellungen Gebäudeart [DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017]

	Anzahl Wohngebäude	Anzahl Nicht- wohngebäude	Anteil Wohngebäude	Anteil Nicht- wohngebäude
1993	89	28	76%	24%
1994	113	31	78%	22%
1995	156	29	84%	16%
1996	203	36	85%	15%
1997	378	34	92%	8%
1998	558	38	94%	6%
1999	944	67	93%	7%
2000	1404	70	95%	5%
2001	1885	84	96%	4%
2002	3226	119	96%	4%
2003	3804	146	96%	4%
2004	5213	148	97%	3%
2005	6025	160	97%	3%
2006	11666	265	98%	2%
2007	16523	491	97%	3%
2008	17413	664	96%	4%
2009	20691	841	96%	4%
2010	24401	1050	96%	4%
2011	28288	1188	96%	4%
2012	30433	1029	97%	3%
2013	33234	1482	96%	4%
2014	34635	1663	95%	5%
2015	33119	1536	96%	4%
2016	35019	1535	96%	4%

Die fertiggestellten Wohngebäude mit Wärmepumpen werden vom statistischen Bundesamt noch weiter unterteilt in solche mit einer Wohnung, mit zwei Wohnungen und mit drei oder mehr Wohnungen sowie Wohnheime und Wohngebäude mit Eigentumswohnungen, welche hier jedoch nicht näher betrachtet werden. Die Verteilung der Wohngebäude nach Anzahl der Wohneinheiten für das Jahr 2016 ist Abbildung 26 zu entnehmen. So machen Wohngebäude mit einer Wohnung (Einfamilienhäuser) mit 85 % den größten Anteil aus, Wohngebäude mit zwei Wohnungen nur 9 %. Mehrfamilienwohnhäuser mit drei oder mehr Wohnungen sind lediglich mit 6 % unter den fertiggestellten Wohngebäuden mit Wärmepumpe vertreten.

Wärmepumpen in Wohngebäuden 2016

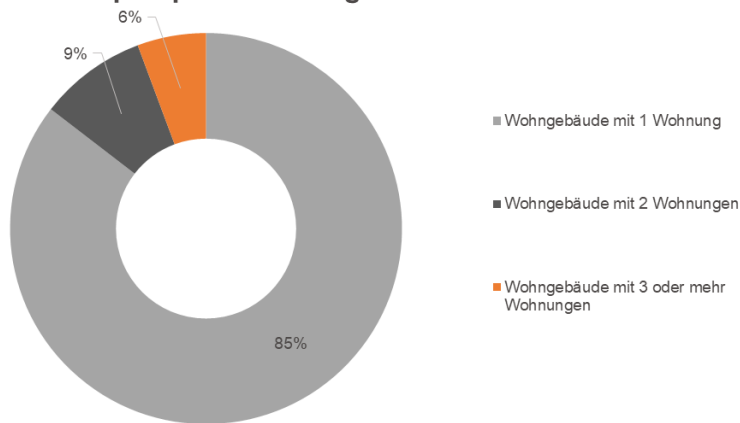


Abbildung 26: DEStatis Lange Reihen: Wärmepumpen in Wohngebäuden [eigene Darstellung nach DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017]

Verglichen mit den Erhebungen der beiden Vorgängerstudien ist nur ein leichter Trend zu erkennen, dass Wärmepumpen vermehrt in neugebauten Wohngebäuden mit drei oder mehr Wohnungen verbaut werden. Von 1990 bis 2010 lag hier der Anteil bei insgesamt 2%; 2012 waren es rund 5 % und aktuell 6 %. Nach wie vor machen also Ein- und Zweifamilienhäuser den Hauptabsatzmarkt aus.

Auch die Nutzungsarten der Nichtwohngebäude werden vom statistischen Bundesamt weiter differenziert. So wurden 2016 fast ein Drittel der Wärmepumpen in Nichtwohngebäuden in Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäuden installiert und 14 % in Büro- und Verwaltungsgebäuden. Jeweils 12 % wurden in Fabrik- und Werkstattgebäuden und ausgewählten Infrastrukturgebäuden als primäre Heizquelle eingebaut. Nur jeweils ein Prozent der Anlagenstandorte machen landwirtschaftliche Betriebsgebäude und Hotels und Gaststätten aus (Abbildung 27).

Wärmepumpen in Nichtwohngebäuden 2016

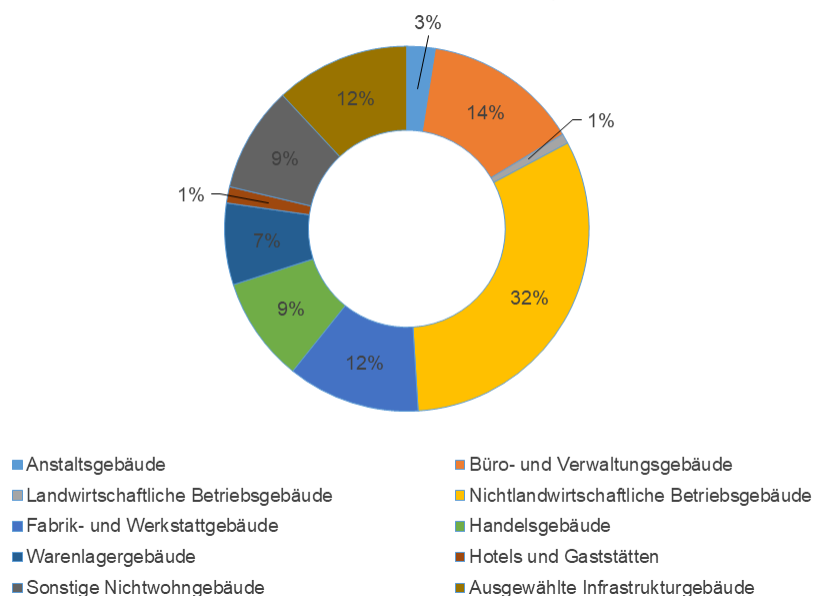


Abbildung 27: DEStatis Lange Reihen: Wärmepumpen in Nichtwohngebäuden [eigene Darstellung nach DESTATIS – Statistisches Bundesamt.2017]

12. Investitionsumfang von Wärmepumpenanlagen

Basierend auf der im September 2017 angebotenen Wärmepumpenpreise der Internetplattform „waermepumpenshop.com“, lassen sich die reinen Bruttogerätekosten der verschiedenen Wärmepumpenarten pro kW Heizleistung im Durchschnitt bestimmen (Abbildung 28). Die Spannweite der angebotenen Sole-Wärmepumpen reicht von 314 bis 1603 € pro kW und hat einen durchschnittlichen Preis von 724 €. Deutlich kleiner ist die Spannweite der kW Preise für Luft-Wärmepumpen, die im Mittelwert 780 € kosten. Am günstigsten sind Wasser-Wärmepumpen mit 610 € pro kW Heizleistung. Brauchwasserwärmepumpen stellen mit einem relativ hohen Anlagenpreis von durchschnittlich 1524 € pro kW die Ausnahme dar, was darin begründet ist, dass die Durchschnittsleistung der Brauchwasserwärmepumpe deutlich geringer ist. Die günstigste angebotene Brauchwasser-Wärmepumpe kostet 1312 €, die Preisunterschiede zwischen den verschiedenen Herstellern sind hier im Gegensatz zu Sole-Wärmepumpen sehr gering.

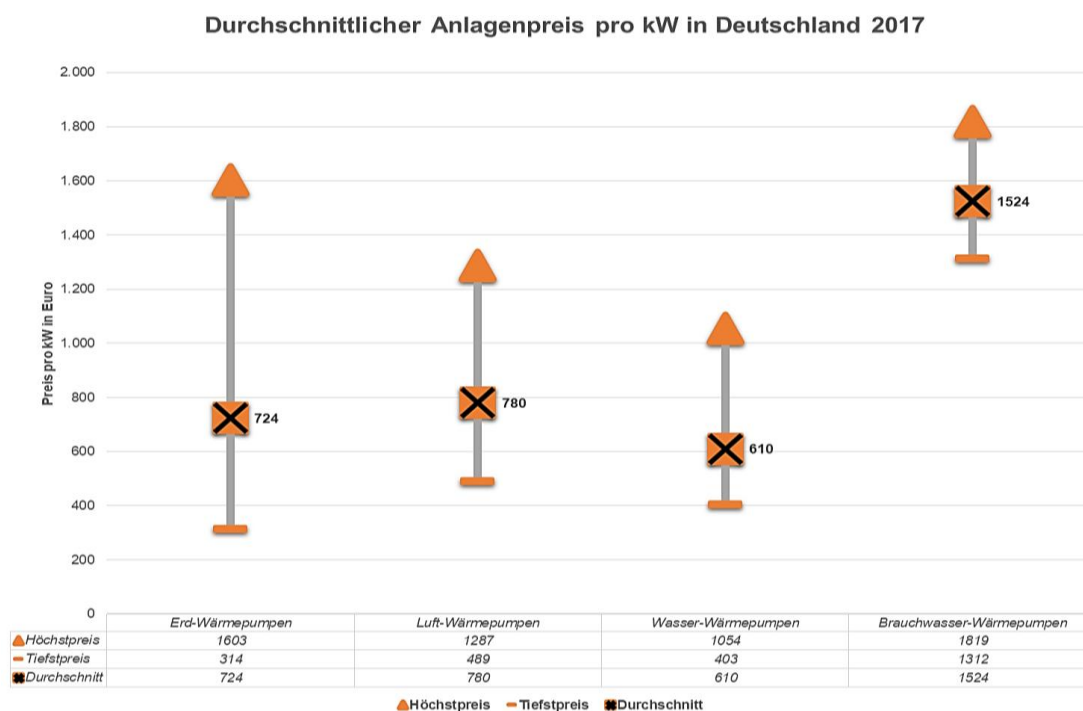


Abbildung 28: Durchschnittlicher Anlagenpreis von Wärmepumpen pro kW [eigene Darstellung nach Wärmepumpenshop 2017]

Auf der Datengrundlage der von der BAFA geförderten Anlagen im MAP (2016) [BAFA 2017] ergeben sich außerdem ungefähre Angaben zu Installationskosten für Sole- und Luft-Wärmepumpenanlagen. Die Installationskosten umfassen die reinen Gerätekosten, die Kosten zur Erschließung der Wärmequelle zuzüglich der Montage- und Installationskosten. In Abbildung 29 sind die durchschnittlichen Installationskosten pro kW Heizleistung für Luft- und Sole-Wärmepumpen in den einzelnen Bundesländern zu sehen. Der Bundesdurchschnitt beider Gerätetypen liegt bei 1748 € pro kW. Die höchsten Installationskosten fallen demnach in Hamburg an mit 2641 €/kW, dicht gefolgt von Schleswig-Holstein mit 2450 €/kW, welche somit deutlich über dem Bundesdurchschnitt liegen. Unterdurchschnittliche Installationskosten gibt es in Bayern sowie in den neuen Bundesländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thürin-

12 Investitionsumfang von Wärmepumpenanlagen

gen. Mit Ausnahme von Bayern liegen die Installationskosten für Sole-Wärmepumpen insgesamt höher als für Luft-Wärmepumpen. Wasser- und Brauchwasser-Wärmepumpen sind in dieser Statistik nicht enthalten. Eine schlüssige Erklärung für diese Unterschiede liegt nicht vor und wäre daher spekulativ.

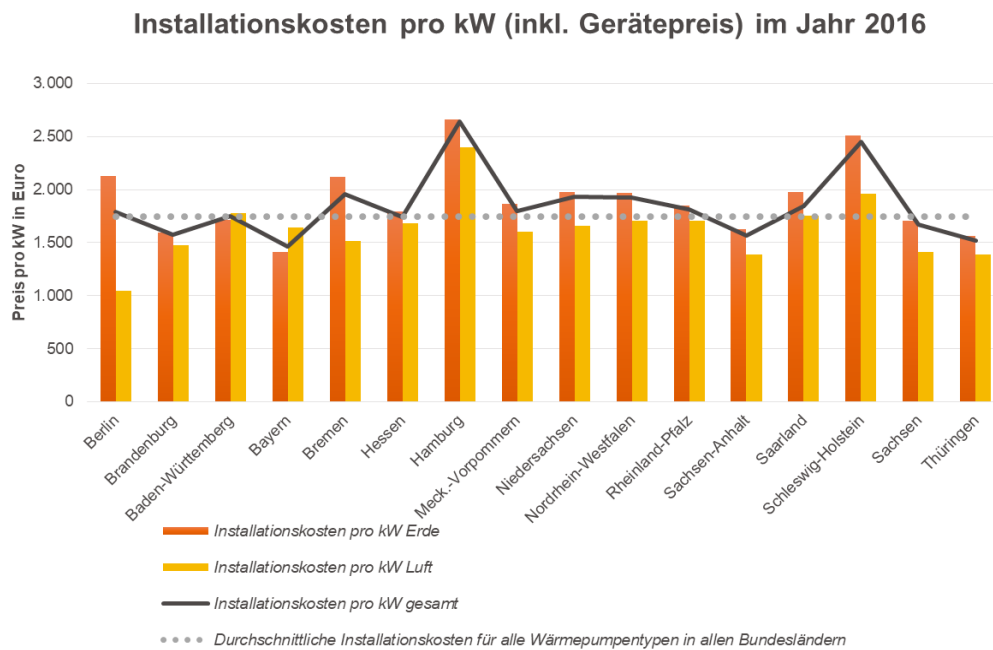


Abbildung 29: Installationskosten pro kW, BAFA Verbandsstatistik MAP 2016 [eigene Darstellung nach BAFA 2017]

Die Leistungsgröße aller Anlagenarten lag 2016 im Bundesdurchschnitt bei 9,9 kW. Überdurchschnittlich große Anlagen wurden vor allem in Bayern installiert, aber auch Baden-Württemberg, Hessen und Thüringen weisen durchschnittliche Anlagenleistungen von über 10 kW auf. Schleswig-Holstein investierte mit einer durchschnittlichen Anlagengröße von 6,6 kW in die kleinsten Wärmepumpen. Die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und NRW weisen aufgrund ihrer Größe besonders hohe Zahlen geförderter Anlagen auf und haben somit starken Einfluss auf den Bundesdurchschnitt der Anlagengröße, während kleine Bundesländer wie Berlin, Bremen, Hamburg und das Saarland im Jahr 2016 nur unter 100 Anlagen fördern ließen (Abbildung 30).

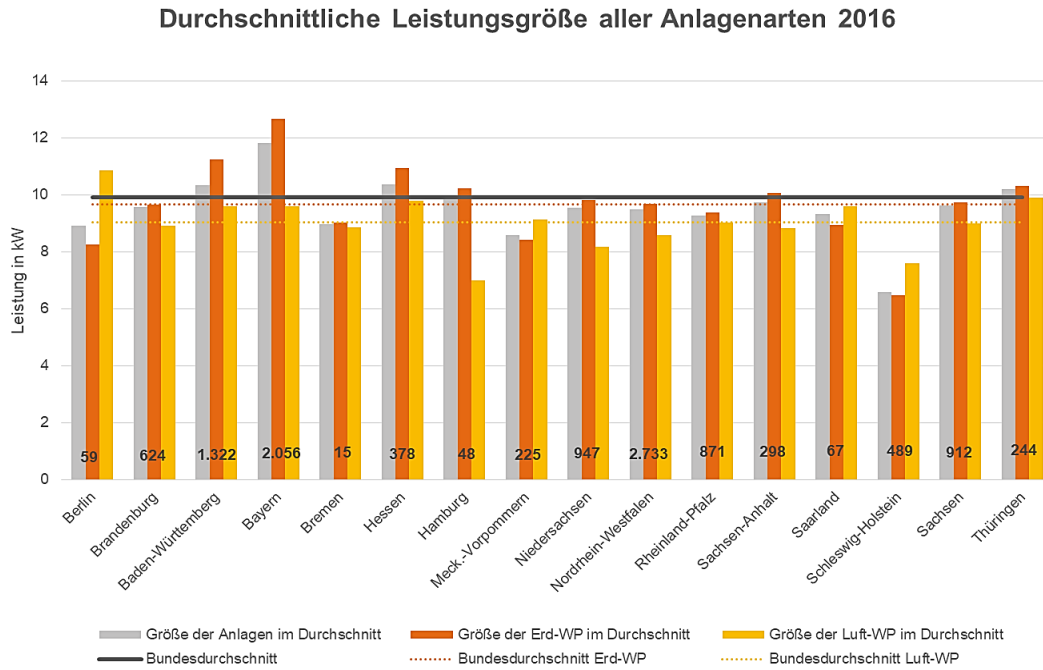


Abbildung 30: Durchschnittliche Leistungsgröße, BAFA Verbandsstatistik MAP 2016 [eigene Darstellung nach BAFA 2017]

Die Entwicklung der durchschnittlichen Investitionskosten pro Anlage variiert zwischen den einzelnen Bundesländern. Während die Kosten im Bundesdurchschnitt seit 2014 leicht ansteigen, werden sie in einzelnen Fällen sogar günstiger (siehe Schleswig-Holstein, Bremen, Berlin und Baden-Württemberg). Besonders auffällig sind die starken Anstiege im Jahr 2015 in den Bundesländern Berlin und Bremen. Grund hierfür sind sicherlich die sehr geringen absoluten Zahlen der installierten Anlagen (in Bremen sogar nur zwei Stück), welche das Ergebnis so extrem darstellen lassen. Auch der starke Kostenanstieg in Hamburg 2016 ist auf eine geringe Datenmenge zurückzuführen (Abbildung 31).

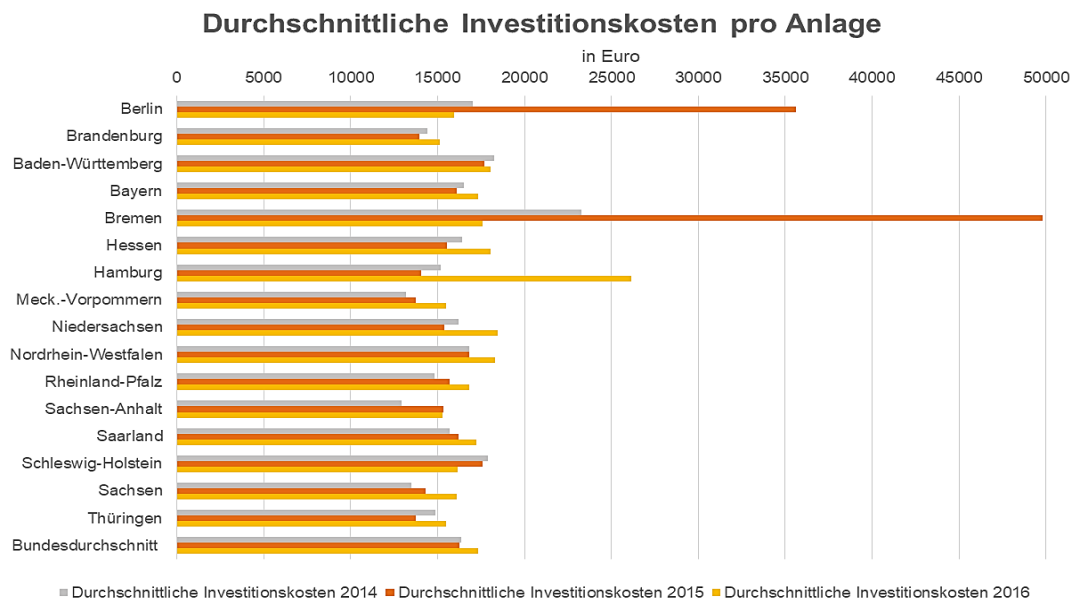


Abbildung 31: Durchschnittliche Investitionskosten, BAFA MAP Verbandsstatistik 2014 bis 2016 [eigene Darstellung nach BAFA 2017]

13. Großwärmepumpen

Die Datenlage bezüglich des Feldeinsatzes von Großwärmepumpen ist aktuell nicht belastbar. Teil des Problems ist dabei auch, dass es in der Literatur und dem Verständnis bzgl. Großwärmepumpen bisher keine einheitliche Definition gibt.

Das Schweizer Bundesamt für Energie (BFE) hat zwei Definitionsansätze bereits 2006 formuliert [BFE 2006]:

- „Maßgebendes Kriterium ist nicht die Leistung, sondern der Weg bis zum Einsatz und die Anwendungen. (...) Groß-Wärmepumpen hingegen verlangen Berechnungen, echte Planung, Ingenieurarbeit und sogar Simulationen. Sehr oft müssen sie mehrere Bedürfnisse abdecken: Heizen und/oder Kühlen, Entfeuchtung. Die Erschließung der Wärmequelle kann nicht über einfache, standardisierte Faustregeln erfolgen. Kurz gefasst: die kleinen Wärmepumpen werden vom Installateur ausgewählt, die großen vom Ingenieur ausgelegt.“ [BFE 2006]
- „Kleinwärmepumpen sind serienmäßig hergestellte Wärmepumpen, (...) Ihr Leistungsspektrum reicht bis etwa 100 kW. Wärmepumpen mittlerer Leistungsgröße, d.h. im Leistungssegment von etwa 50 kW bis 150 kW, können Serienprodukte sein, können aber von der Einbindung her bereits komplexeren Anforderungen unterworfen sein, und bedürfen einer versierten Planung. Als Großwärmepumpen betrachten wir Anlagen mit mehr als 150 kW Heizleistung. Sie unterscheiden sich nicht vorwiegend über deren Leistung von den beiden anderen Segmenten, sondern vielmehr durch die komplexeren Ansprüche, die auf das Objekt zugeschnittenen konzeptionellen Lösungen und durch kleine Losgrößen.“ [BFE 2006]

In den aktuellen Veröffentlichungen bezüglich Großwärmepumpen [Wolf et al., IER 2014; Lambauer et al., IER 2008; Members of Annex 35/13 2014] wird der erste Definitionsansatz, dass Großwärmepumpen keine Standardprodukte sind, sondern eines umfangreichen, situationsbezogenen Engineerings bedürfen, deutlich.

Auch die Definition nach Leistung wird teilweise, nicht aber mit einer konsequenten Leistungsgrenze, verwendet. Der BWP erfasst in seiner Absatzstatistik z.B. nur Wärmepumpen als Serienmodell, was nach eigenen Aussage bis zu einer ungefähren Leistung von ca. 125 kW zutrifft [BWP 2017b].

Weiterhin von Großwärmepumpen sind Anlagen zu unterscheiden, die eine größere Leistung über die Verschaltung mehrere (kleinerer) Wärmepumpen erreichen, oftmals als Kaskadenanlage bezeichnet [IKZ 2014]. Die einzelnen Wärmepumpen solch einer Kaskade sind in den Datenerhebungen der Kapitel 4 bis 10 bereits mit implementiert und erfasst.

Aus den vorliegenden Studien [Wolf et al. IER 2014; Lambauer et al. IER 2008; Members of Annex 35/13 2014] können wenig Aussagen über den Feldbestand von Großwärmepumpen getroffen werden, vielmehr werden Praxisbeispiele als Einzelfall dargestellt.

13 Großwärmepumpen

Die Praxisbeispiele verdeutlichen dabei folgende Punkte:

- Unsicherheit über Vollbenutzungsstunden
Je nach Anwendungsfall unterscheiden sich die Vollbenutzungsstunden deutlich von den Daten bzgl. Heizungs- und Brauchwasserwärmepumpen. Vor allem, wenn die Großwärmepumpe nicht nur Raumwärme bereitstellt, sondern in (industrielle) Prozesse eingebunden ist.
- Unsicherheit über COP & JAZ
Unsicherheiten gibt es ebenfalls bezüglich der JAZ im Feldbestand. Es können nur wenig pauschale Aussagen über die Temperaturniveaus der Wärmequellen und Senken, somit über den notwendigen Temperaturhub gemacht werden. Da Großwärmepumpen nur dann zum Einsatz kommen, wenn sie wirtschaftlich eine sinnvolle Alternative zu fossilen Energieträgern sind und es keinen regulatorischen Zwang für den Einsatz von Großwärmepumpen gibt, müssen höhere JAZ erreicht werden. Diese liegen dann bei ca. 5.
- Einordnung der Wärmequelle
Als Wärmequelle kommen verschiedenste Quellen zum Einsatz. Neben den klassischen Quellen (Luft, Sole, Wasser) ist vor allem die Überschusswärme (Abwärme) aus (Produktions-)Prozessen zu nennen.

Großwärmepumpen sind seit wenigen Jahren von einzelnen Herstellern am Markt verfügbar, dabei werden Leistungen bis zu mehreren MW angeboten - exemplarisch bietet Viessmann eine Wärmepumpe mit 2.000 kW Leistung an [Viessmann 2017]. Der Versuch für diese Studie Daten oder Einschätzungen seitens der Hersteller und Anbieter des deutschen Marktes zu erhalten, führte leider zu keinen belastbaren Ergebnissen.

Aus Basis der Datenlage und den Experteneinschätzungen können überschlägig von folgenden Anlagendaten zum 31.12.2016 ausgegangen werden:

- ~ 100 Großwärmepumpen im Feldeinsatz
- Durchschnittliche Leistung: 300 kW
- Durchschnittliche Vollbenutzungsstunden: 3.500h/a
- JAZ 5

Diese Daten sind eine grobe Markteinschätzung in Übereinstimmung durch unsere Experteninterviews [Kersten 2017], weisen aber große Unsicherheiten auf. Sämtliche Eingangsparameter können aber aktuell nicht genauer erhoben werden.

Betrachtet man die Energiebilanzen auf Basis dieser Annahmen, werden durch Großwärmepumpen 105 GWh Wärme bereitgestellt. Bei einer JAZ von 5 bedeutet dies, dass unter Einsatz von 21 GWh elektrischer Energie 84 GWh regenerativ erzeugte Nutzwärme zur Verfügung stehen. Elektrische Heizungswärmepumpen stellen ca. 11.500 GWh regenerativ erzeugte Nutzwärme zur Verfügung, d.h. der Anteil der Großwärmepumpen liegt bei ca. 0,7 %. Selbst wenn die Felddaten also signifikant von den getroffenen Annahmen abweichen sollten, wären die Auswirkungen auf die gesamten Energiemengen des Feldbestandes aller Wärmepumpen verhältnismäßig gering.

14. Prognose der Marktentwicklung

Der BWP postuliert in seinen zweijährlichen Branchenreports [BWP 2011, 2013a & 2015] eine Prognose über den zukünftigen Absatz von Wärmepumpen und den daraus resultierenden Feldbestand bis 2030. Dabei werden zwei Szenarien beschrieben, die unterschiedliche Entwicklungen des gesamten Wärmeerzeugermarktes abbilden. Der letzte Branchenreport 2015 [BWP 2015] beschreibt für Absatz und Feldbestand die in Abbildung 32 dargestellte Entwicklung:

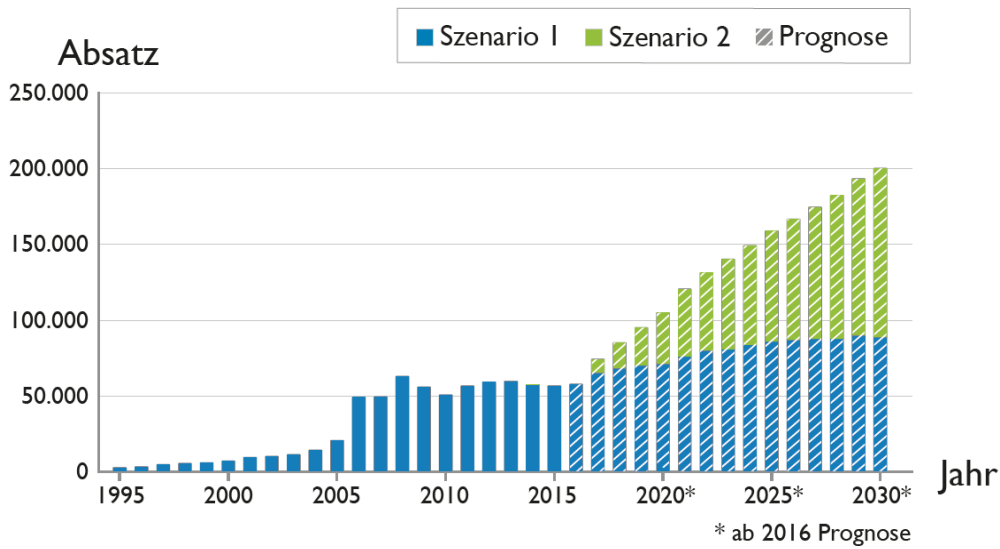


Abbildung 32 Entwicklung des Wärmepumpenabsatzes in Deutschland, ab 2016 Prognose [BWP 2015]

Ausgehend von dem aktuellen Niveau soll der Absatz elektrischer Wärmepumpen bis 2030 deutlich steigen. Es wird erwartet, dass dann zwischen 90.000 Wärmepumpen (Szenario1) und knapp 200.000 Wärmepumpen (Szenario2) abgesetzt werden. Der Wärmepumpenfeldbestand für Heizungswärmepumpen wächst laut dieser Prognose entsprechend auf 1,61 Mio. Anlagen (Szenario1) bis zu 2,37 Mio. Anlagen (Szenario2).

Der BWP selbst räumt aber die großen Unsicherheiten zwischen der tatsächlichen Absatzentwicklung und den Prognosen ein. So prognostizierte der BWP 2011 [BWP 2011] einen Absatz für 2030 von 120.000 (Szenario1) bis 300.000 (Szenario2) Wärmepumpen, revidierte diesen Ansatz aber 2015 [BWP 2015] auf 90.000 bis 200.000 Anlagen. Damit wurde der - in der Realität schlechter als prognostizierten - Marktentwicklung zwischen 2011 und 2015 Rechnung getragen. Ging man 2011 [BWP 2011] in der Prognose noch von einem Wärmepumpenabsatz für 2016 von 85.000 (Szenario1) - 120.000 (Szenario2) Anlagen aus wurden tatsächlich 66.500 Wärmepumpen abgesetzt. [BWP 2017a]

Stellgrößen für die tatsächliche Marktentwicklung sind einerseits die Förderkulisse (bzw. deren Veränderungen) für Wärmepumpen, die Preise für fossile Energieträger sowie staatliche Regulierung, z.B. durch eine Fortschreibung der EnEV oder des (Teil-)Verbotes fossiler Heizwärmeerzeuger in der Zukunft.

14 Prognose der Marktentwicklung

Es zeigt sich allerdings auch, dass selbst die Annahmen des optimistischen Szenarios 2 des BWP nicht ausreichen, um die deutschen Ziele der Energiewende bei der Heizwärmebereitstellung zu erreichen. Die Fraunhofer-Institute IWES/IBP bezeichnen in der Studie „Wärmewende 2030“ im Auftrag der Agora Energiewende [Fraunhofer IWES/IBP 2017] die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie für das Erreichen der Klimaziele in Deutschland. Die Studie prognostiziert jedoch „eine Lücke von etwa drei bis vier Millionen Wärmepumpen zwischen dem Niveau der Trendszenarien und dem ... Zielwert von fünf bis sechs Millionen Wärmepumpen“ [Fraunhofer IWES/IBP 2017], der zum Erreichen der Klimaschutzziele benötigt wird. Laut Quaschnig [Quaschnig 2016] ist „ein Verbot des Einbaus neuer Öl- und Gasheizungen sowie KWK-Anlagen ab dem Jahr 2020 erforderlich um eine vollständige Dekarbonisierung im Jahr 2040 zu erreichen“. Theoretische Alternativen zur Wärmepumpe für eine Substitution fossiler Energieträger im Wärmesektor stellen Biomasse, Solarthermie und die Tiefengeothermie dar. Diese besitzen jedoch ein vergleichsweise geringes Ausbaupotential und ökonomische Hemmnisse.

15. Technologietrends

Aktuelle Technologietrends und Entwicklungen im Bereich Wärmepumpen können und müssen in Trends, die sich aus der Energiewende und der damit verbundenen Sektorenkopplung zwischen Strom- und Wärmesektor ergeben, und Trends, die direkten Bezug zur fortschreitenden Digitalisierung besitzen, sowie technischen Trends der Wärmepumpentechnik unterschieden werden. Diese Trends unterscheiden sich im Zeitmaßstab. Während die Energiewende und die damit verbundene Nutzung von Wärmepumpen eine gesellschaftliche Herausforderung für mehrere Generationen darstellt, stellen die Digitalisierung der Haustechnik und technische Trends der Wärmepumpentechnik mittelfristige bis kurzfristige Trends dar.

15.1 Die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie der Energiewende

Eine vermehrte Nutzung von Wärmepumpen, die mit regenerativ erzeugtem Strom betrieben werden, bewirkt eine Kopplung der Sektoren Strom und Wärme. Wärmepumpen sind durch eine Smart Grid-Schnittstelle, die eine externe Schaltung zu Zeiten regenerativen Stromüberschusses ermöglicht, bereits heute für diese zukünftige Entwicklung gerüstet. Das zugehörige SG ready-Label ist flächendeckend am Markt etabliert. Eine Schaltung durch einen externen Energieversorger findet in der Praxis aber noch nicht statt [Kersten 2017].

Im Gegensatz zu einer externen Schaltung, ist aber eine hausinterne Nutzung der Smart Grid-Schnittstelle in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage üblich [EnergieAgentur.NRW / Wärmepumpen-Marktplatz NRW 2015]. Diese Koppelung stellt im Neubau einen Megatrend dar. Nach Schätzung von Kersten [Kersten 2017] beträgt der Anteil der Wärmepumpeninstallationen, die mit einer Photovoltaikanlage gekoppelt werden, 20-30 %. Unter Berücksichtigung des Anteils von Wärmepumpen im Neubau von 31,8 % (siehe Kapitel 11), wird die angesprochene Sektorkopplung somit in ca. 8 % der neu installierten Wärmeerzeuger realisiert. Für die Zukunft wird auch im Bestand ein weiterer Anstieg erwartet, sobald PV-Anlagen, die noch nicht das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht haben, aus der festgeschriebenen Vergütung auslaufen.

Zukünftige Potentiale für Groß-Wärmepumpen ergeben sich durch die Konversion von Fernwärmenetzen, die Nutzung in dezentralen kalten Netzen und in der Industrie. Durch sinkende Wärmenachfrage und immer besser werdende Dämmstandards von Gebäuden liefern Niedertemperatur-Netze (NT-Netze) deutliche technologische und ökonomische Vorteile gegenüber der herkömmlichen netzgebundenen Energieversorgung. Die „4. Generation Fernwärme“ beinhaltet dabei die Absenkung der Versorgungstemperatur bis auf unter 55 °C, sodass insbesondere regenerative Energien eingebunden und effizient betrieben werden können [Huenges et al. 2014]. Durch die niedrige Temperatur können dann auch neue Wärmequellen erschlossen werden, wie etwa industrielle Niedertemperatur-Abwärme, Solarthermie oder Geothermie. Zudem ist es möglich die benötigten Temperaturen über zentrale Wärmepumpen mit verschiedenen Wärmequellen bereit zu stellen. Zukünftig wird die Nutzung der Wärmequelle Abwasser an Bedeutung gewinnen. Die Themenallianz Abwasserwärmenutzung schätzt, dass in Deutschland 6 % der Gebäude mit Abwasser beheizt werden können, was einem Potential von 35-40 TWh/a entspricht [König 2016]. Bei der Wärmequelle Abwasser ist es ebenso wie bei den Wärmequellen Grundwasser und Erdwärme auch möglich kalte Netze zu errichten.

Diese besitzen den Vorteil, dass nur geringe Wärmeverluste im Netz auftreten. Die Wärmeerzeugung erfolgt in diesem Fall dezentral beim Nutzer.

In Niedertemperaturnetzen, die zu einem großen Teil Solarenergie nutzen, kommen ebenfalls häufig Wärmepumpen zum Einsatz. Zum einen erlauben sie es den saisonalen Speicher auch dann als Wärmequelle zu nutzen, wenn dessen Temperatur unter der Vorlauftemperatur des Netzes liegt. Zum anderen ist es möglich mit regenerativem Überschussstrom zusätzliche Wärme in den Speicher einzubringen. Dänemark ist als Vorreiter auf dem Gebiet der solaren Fernwärmeversorgung anzusehen. Ein Projektbeispiel ist die Anlage in Marstal, die über einen 75.000 m³ großen Erdbeckenspeicher verfügt, an den 15.000 m² Kollektorfläche und eine 1,5 MW Wärmepumpe angeschlossen sind [Pauschinger & Schmidt 2013]. In allen Zielszenarien der Studie „Wärmewende 2030“ der Fraunhofer-Institute IWES/IBP [Fraunhofer IWES/IBP 2017] liegt der Stromverbrauch von netzgebundenen Wärmepumpen jedoch deutlich unter dem von dezentralen Wärmepumpen. Kleine, dezentrale Wärmepumpen werden daher auch im Wärmesektor der Zukunft eine wichtigere Rolle spielen als große, zentrale Anlagen.

Im Industriebereich könnten nach einer Studie des Institutes für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) [Wolf, IER 2014] aus dem Jahre 2014 Wärmepumpen mit einer Vorlauftemperatur von 100 °C 23 % des industriellen Wärmebedarfs abdecken. Die Studie zieht aber als Fazit, dass „Wärmepumpen ... in der industriellen Praxis bisher noch selten zum Einsatz“ kommen. Hemmnisse für die Anwendung in der Industrie stellen die hohen Investitionskosten bei kurzen von der Industrie geforderten Amortisationszeiten sowie das in Deutschland für die Wärmepumpe ungünstige Verhältnis von Strompreis und Erdgaspreis dar. Eine zentrale Erfassung von installierten Anlagen erfolgt zurzeit nicht, weshalb keine belastbaren Zahlen vorliegen aus denen sich ein Trend ableiten ließe. Technologisch ist es jedoch schon heute in Pilotanlagen möglich Temperaturen bis 130 °C zu erzeugen wodurch sich ein weiteres Anwendungspotential für Hochtemperaturanwendungen ergibt [Members of Annex 35/13 2014].

15.2 Digitalisierung im Handwerk und Smart Home

Analog zum gesamtgesellschaftlichen Wandel und den neuen Herausforderungen industrieller Organisations- und Produktionsprozesse (Industrie 4.0) erfährt auch das Handwerk eine zunehmende Digitalisierung. Dies betrifft nicht die eigentlichen Kernprozesse, die physikalischer und handwerklicher Natur bleiben, sondern vielmehr Aspekte der Kundenansprache und -akquise, der Angebotserstellung und den Kommunikationsabläufen zwischen Kunden, Lieferanten und Auftraggebern.

Die Hersteller von Wärmepumpen und Wärmeerzeugern im Allgemeinen haben diesen Trend erkannt und setzen verstärkt auf digitale Produkte für den Endkunden und digitale Prozesse, die die Arbeit der Fachhandwerker unterstützen und diese somit dauerhaft binden sollen. Der Stellenwert von digitalen Produkten und Onlineservices in der Branche zeigte sich bei den Auftritten der Hersteller auf der Messe ISH 2017 in Frankfurt, welche die weltweit führende Messe für Heizungstechnik darstellt. Viessmann stellte z. B. den Themenkomplex „Digitalisierung“ als zentrales Thema aus, im Vergleich dazu spielte die Hardware nur eine untergeordnete Rolle [Viessmann Werke 2017]. Auch Vaillant setzt verstärkt auf digitale Services für die

Fachhandwerker. So wurde auf der ISH 2017 die digitale Toolbox vorgestellt, die eine Oberfläche für die Fachhandwerkspartner darstellt [Vaillant GmbH 2017a]. Ein Bestandteil ist die App „ersatzteilCHECK“, die es ermöglicht Serialnummern und EAN-Codes zu scannen und so z. B. eine Liste mit Ersatzteilen und weiteren Informationen zum Gerät zu erhalten.

Der Trend geht also dahin, den Handwerkern in einem immer komplexer werdenden Markt, die Installation zu vereinfachen. Dies betrifft jedoch nicht nur digitale Hilfsmittel, sondern auch die handwerkliche Installation. Dies betrifft z. B. eine Gewichtsreduzierung der Geräte, die die Installation durch eine Person ermöglicht. Exemplarisch seien hier die Hersteller Buderus [Bosch Thermotechnik GmbH 2017] und Stiebel Eltron [STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG 2017a] genannt, die Geräte aus expandiertem Polypropylen anbieten. Alpha innotec erleichtert den Transport, indem sich der Kältekreislauf in einer separaten Modulbox befindet und erst während der Installation mit dem Gehäuse und hydraulischen Komponenten verbunden wird [ait-deutschland GmbH 2017a].

Die Digitalisierung im Bereich Wärmepumpen umfasst jedoch nicht nur die Handwerker sondern auch die Endkunden. Eine Recherche bei verschiedenen Wärmepumpenherstellern zeigt, dass im Zuge des Smart Home Wärmepumpen und Heizungsanlagen flächendeckend über das Smartphone oder Tablet gesteuert werden können [ait-deutschland GmbH 2017a; Glen Dimplex Deutschland GmbH 2017a & Vaillant GmbH 2017b]. Zudem ist ebenfalls ein Auslesen der Betriebsdaten möglich. Die meisten Hersteller von Wärmepumpen ermöglichen gegen Aufpreis die Hardware zur Anbindung an den offenen Feldbus KNX zur Gebäudeautomation zu nutzen.

Durch diese Erfassung von Betriebsdaten und die Option der Gebäudeautomation ergeben sich neue Möglichkeiten zur Optimierung des Wärmepumpenbetriebs. Es muss kein Ablesen z. B. von Wärmemengenzählern am Gerät erfolgen, vielmehr werden alle Daten direkt über eine App oder ein Webinterface übertragen. Die Hürden für die Auswertung des Anlagenbetriebs sind in den letzten Jahren somit kleiner geworden. Dennoch muss nach wie vor seitens des Nutzers Interesse an einer Optimierung bestehen und seitens des Installateurs das nötige Know-How vorhanden sein. Evtl. ergibt sich hier in Zukunft ein neues Berufsbild des „Heizungsoptimierers“ [Kersten 2017].

Die Anbindung der Wärmepumpe an eine Gebäudeautomation ermöglicht jedoch auch eine automatische Optimierung des Betriebs durch intelligente Algorithmen. Dieser Markt entwickelt sich derzeit sehr schnell. Statista [Statista 2017b] prognostiziert in den nächsten fünf Jahren eine Verdreifachung des Umsatzes im Sektor Smart Home – Energy Management von 230 Mio. € im Jahre 2017 auf 782,8 Mio. € im Jahre 2022. Aus diesem Grund ist der Markt entsprechend unübersichtlich. Beispielhaft sind Smart Home Systeme zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs von PV-Anlagen und der optimierten Nutzung von solaren Gewinnen zur Gebäudeheizung sowie zur bedarfsgerechten Einzelraumversorgung verfügbar [Loxone Electronics GmbH 2017]. Es gibt aber auch erste Systeme, die über selbstlernende Algorithmen den Gebäudeenergieverbrauch und damit auch die Wärmepumpen optimieren [Signal Cruncher GmbH 2017].

Insgesamt ist im Bereich der Optimierung von Heizungsanlagen im Allgemeinen und damit auch der Optimierung von Wärmepumpenanlagen im speziellen eine Verschiebung am Markt

zu erkennen. Die Systeme werden häufig nicht direkt vom Hersteller des Wärmeerzeugers sondern von darauf spezialisierten Drittanbietern angeboten.

15.3 Technische Trends der Wärmepumpentechnik

Eine Marktrecherche zeigt, dass technische Trends der letzten Jahre wie die Nutzung von frequenzgeregelten, Verdichtern (Inverter) zur Leistungsmodulation sowie die Enhanced Vapor Injection (EVI) zur Erhöhung der Nennleistung zur Warmwasserbereitung für Luftwärmepumpen sich am Markt etabliert haben und entsprechende Geräte verfügbar sind. Auch wenn die Leistungsmodulation für Solewärmepumpen auf Grund der gleichmäßigeren Temperatur der Wärmequelle eine geringere Bedeutung als bei Luftwärmepumpen besitzt, lässt sich durch Frequenzregelung trotzdem eine Effizienzsteigerung erzielen. Erste Geräte wurden auf der SHK 2016 und der ISH 2017 vorgestellt und sind am Markt erhältlich [ait-deutschland GmbH 2017; NIBE Systemtechnik GmbH 2017 & Bosch Thermotechnik GmbH 2017]. Es ist zu erwarten, dass kurzfristig weitere Wärmepumpenhersteller diesem Trend folgen werden.

Einen aktuellen Trend stellt die Entwicklung von „leisen“ Luftwärmepumpen dar. Luftwärmepumpen weisen durch den Ventilator verglichen mit Solewärmepumpen deutlich größere Schallemissionen auf, was in der Praxis bei enger Bebauung problematisch sein kann. Um Störwirkungen vorzubeugen hat z. B. das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen einen Leitfaden zur Aufstellung von Luftwärmepumpen veröffentlicht [MKULNV NRW 2016]. Die Problematik wurde von den Herstellern aufgegriffen. Eine Methode stellt dabei das gezielte Überspringen von Frequenzen, die Resonanzen hervorrufen können, dar [Glen Dimplex Deutschland GmbH 2017a]. Eine andere Möglichkeit ist eine Einkapselung [Mitsubishi Electric Europe B.V. 2017] oder der Einsatz von Schallschutzhauben [REMKO GmbH & Co. KG 2017].

Die wichtigste technische Entwicklung der nächsten Jahre stellt der Einsatz von Kältemitteln mit geringem Treibhauspotential dar. Auf der Klimakonferenz in Kigali wurde 2016 eine schrittweise Reduzierung des Einsatzes von fluorierten Kohlenwasserstoffen beschlossen. Für Industrieländer gilt bis 2019 eine Reduktion gegenüber den Referenzjahren 2011 bis 2013 von 10 %, bis 2036 beträgt das Reduktionsziel 85 %. Da die derzeit typischen Wärmepumpenarbeitsmittel R407c, R410a und R134a alle zur Gruppe der fluorierten Kohlenwasserstoffe gehören, besteht ein kurzfristiger und mittelfristiger Druck auf der Branche zur Entwicklung von Wärmepumpen mit alternativen Kältemitteln.

Der Einsatz von natürlichen Kältemitteln wurde von dem Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes untersucht [Müller et al. 2016]. Natürliche Ersatzkältemittel sind Propan (R290), Ammoniak (R717) und CO₂ (R744). Keines dieser Kältemittel ist als optimal anzusehen: Propan ist brennbar, Ammoniak toxisch (wenn auch mit hoher Alarmwirkung durch den stechenden Geruch) und CO₂ erfordert durch die hohen Betriebsdrücke und die aus thermodynamischer Sicht überkritische Prozessführung angepasste, druckfeste Komponenten. In dieser Studie wurde der Marktanteil von Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln für Deutschland auf <5 % beziffert. Eine aktuelle Marktrecherche zeigt, dass derzeit wenige Hersteller Wärmepumpen mit dem Arbeitsmittel Propan anbieten [ait-deutschland GmbH 2017b; Hautech GmbH 2017 & Glen Dimplex Deutschland GmbH

20107], der Trend ist jedoch klar ansteigend. Wärmepumpen mit dem Arbeitsmittel CO₂ waren vor ca. 10 Jahren bereits kurzzeitig am deutschen Markt verfügbar [Kaut 2009 & Vorländer 2007]. Aktuell bieten mehrere Hersteller Anlagen für den gewerblichen Bereich mit in einer Leistungsklasse >50 kW an [energie-experten.org 2017], für den Einfamilienhaussektor konnten in einer Marktrecherche noch keine verfügbaren Anlagen ermittelt werden. Da in der Automobilindustrie aber bereits erste Klimaaggregate mit dem Arbeitsmittel CO₂ verfügbar sind, ist zu erwarten, dass die Wärmepumpenbranche kurzfristig folgen wird.

Abschließend ist festzustellen, dass der Umstieg auf natürliche Kältemittel die Steigerung der Effizienz des Kältekreislaufs in der Wärmepumpe wieder in den Vordergrund rücken wird, da verglichen mit den technischen ausgereiften Anlagen mit Fluorkohlenwasserstoffen noch verhältnismäßig große Effizienzpotentiale bestehen [Müller et al. 2016]. Dies kann für die Wärmepumpenhersteller und Komponentenzulieferer eine erneute Verschiebung des Fokus von Kriterien wie Komfort & Design hin zur eigentlichen Wärmepumpentechnik zur Folge haben.

16. Fazit (und Empfehlungen)

Eingangsgrößen für die Bestimmung der von Wärmepumpen bereitgestellten (regenerativen) Wärmemenge sind die Anzahl der installierten Anlagen, die durchschnittliche Nennleistung, die Jahresarbeitszahl und die Zahl der Vollbenutzungsstunden. Diese Werte wurden für diese Studie für jeden Wärmepumpentyp ermittelt. Dabei wurden an vielen Stellen Unsicherheiten festgestellt. Die größten Unsicherheiten ergeben sich für Brauchwasser- und gasbetriebenen Wärmepumpen. Die von Brauchwasser- und Gaswärmepumpen bereitgestellte regenerative Wärme entspricht aber jeweils nur 1,2 % der entsprechenden Wärmemenge aller Heizungswärmepumpen. Eine Verbesserung der Datenlage für diese Wärmepumpentypen würde zwar zu einer genaueren Berechnung für den jeweiligen Wärmepumpentyp führen, besäße aber durch den dominierenden Anteil der elektrischen Heizungswärmepumpen auf die Gesamtbeurteilung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien keinen signifikanten Einfluss. Durch die aktuellen Absatzzahlen der Brauchwasser- und Gaswärmepumpen ist für die nähere Zukunft auch keine Änderung dieses Sachverhalts zu erwarten.

Für den wichtigsten Typ der elektrischen Heizungswärmepumpen wurde der Feldbestand mit Hilfe einer Funktion, welche die Austauschrate beschreibt, bestimmt. Diese Funktion weicht von der des BWP ab, dies wurde in Kapitel 5 begründet. Aus den Daten des BWP ergibt sich allerdings ein nur um 3 % größerer Feldbestand, insgesamt besteht also aktuell eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Ansätzen. Die durchschnittliche Heizleistung von elektrischen Wärmepumpen wird vom BWP publiziert. Diese Werte wurden mit denen von durch das MAP-geförderten Anlagen und einer Erhebung des LANUV NRW verglichen. Es wurde eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt. Für die Jahresarbeitszahlen von Luft-, Sole- und Wasserwärmepumpen wurde eine lineare Korrelation zwischen Jahresarbeitszahl und Jahr der Inbetriebnahme erstellt. Diese fußt auf Messwerten der Jahresarbeitszahlen der Fraunhofer-Feldtests und Prüfwerten für den COP, die im WPZ Buchs ermittelt wurden. Es zeigte sich, dass die Jahresarbeitszahlen ca. 80 % der am Prüfstand gemessenen COPs entsprechen.

Größere Unsicherheiten bei der Betrachtung der Heizungswärmepumpen bestehen hinsichtlich der Zahl der Vollbenutzungsstunden. Diese konnte in Kapitel 8 lediglich auf einen Bereich von 1920 h/a bis 2300 h/a eingegrenzt werden. Ein gewichteter Mittelwert von 2050 h/a wurde als wahrscheinlichster Wert für die Vollbenutzungsstunden in der weiteren Berechnung der Energiemengen verwendet. Insgesamt wurden im Jahr 2016 von 709.154 Heizungswärmepumpen 11.523 GWh Nutzwärme aus erneuerbaren Energien bereitgestellt. Die Unsicherheit in der Bestimmung der Vollbenutzungsstunden fließt direkt in diesen Wert ein und führt dazu, dass auch für die Energiemenge eine Unsicherheit von -6,3 % bis +12,2 % besteht. Eine Erfassung der Vollbenutzungsstundenzahl in einem umfangreichen Feldtest (z. B. mit BAFA-geförderten Anlagen) würde daher zu einer wesentlichen Verbesserung der Berechnung führen. Der Aufwand pro installierter Wärmepumpe ist als eher gering einzustufen, da lediglich die erzeugte Wärmemenge der Wärmepumpe zu Anfang und Ende eines Jahres abgelesen werden und durch die Nennleistung des Geräts dividiert werden muss.

Innerhalb der Studie wurde die von Wärmepumpen bereitgestellte (regenerative) Wärmemenge auch nach den Vorgaben der EU/2013/14 berechnet. Diese Vorgaben weisen hinsichtlich der Zahl der Vollbenutzungsstunden und der Jahresarbeitszahl erheblich von den Werten

16 Fazit und Empfehlungen

dieser Studie ab. Die EU/2013/14 nennt einen Wert von 1710 h/a für die Vollbenutzungsstunden einer Luftwärmepumpe, für Sole- und Wasseranlagen liegt der Wert bei 2.470 h/a. Beide Werte liegen somit außerhalb des Bereichs der Vollbenutzungsstunden, der in dieser Studie ermittelt wurde. Eine Übereinstimmung zeigt sich aber mit dem Wert von 2.070 h/a, den die EU/2013/14 für Sole- und Wasserwärmepumpen in der mittleren Klimazone nennt. Es ist aus unserer Sicht ratsam die Vollbenutzungsstundenzahlen anzupassen und über eine Verschiebung von Deutschland in die mittlere Klimazone nachzudenken.

Die durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen des Feldbestandes im Jahr 2016 liegen mit 2,9 für Luftwärmepumpen und 3,7 für Sole- und Wasseranlagen über den in der EU/2013/14 angegebenen Werten von 2,5 und 3,5. Die Effizienz des deutschen Bestandes wird von der EU/2013/14 folglich deutlich unterschätzt. Aktuell heben sich die unterschiedlichen Annahmen zu Vollbenutzungsstunden und JAZ zwischen dieser Studie und EU/2013/14 noch zufällig auf. Es ergibt sich für die regenerative Wärmebereitstellung lediglich eine Abweichung von -1,4 % gegenüber dem Wert dieser Studie. Mit weiterhin steigender Effizienz des Anlagenbestandes wird eine Berechnung nach EU/2013/14 zu einer weiteren Unterschätzung der erneuerbar bereitgestellten Wärme führen. Es wird daher angeraten, die Vorgaben der EU/2013/14 für Deutschland anzupassen oder auch zukünftig eigene Eingangswerte zu erheben.

Es gibt aktuell keine einheitliche Definition einer Großwärmepumpe. Bisher wird der Zubau von Großwärmepumpen nicht erhoben, Serienmodelle bis ca. 125 kW werden aber in der Erhebung des BWP miteingefasst. In dieser Studie wurde anhand von Experteninterviews der Bestand an Großwärmepumpen auf 100 installierte Anlagen mit einer durchschnittlichen Leistung von 300 kW geschätzt. Diese leisten mit ca. 84 GWh zurzeit noch keinen signifikanten Beitrag zur Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien. Im Zuge der Energiewende und einer verstärkten Sektorkopplung zwischen Strom- und Wärmemarkt ist aber ein deutlicher Anstieg des Zubaus in zentralen Nah- und Fernwärmenetzen sowie in der Industrie zu erwarten. Um diesen Bestand abzubilden, ist zunächst eine zentrale Erfassung notwendig. Diese kann nur bedingt über den BWP erfolgen, da Groß- und vor allem Industrierärmepumpen häufig von spezialisierten Anlagenbauern, die nicht zwingend Mitglieder im BWP sind, geplant werden.

Abschließend ist festzustellen, dass sich der Feldbestand an Heizungswärmepumpen nicht in dem Maße entwickelt, wie es laut Studie „Wärmewende 2030“ zum Erreichen der Klimaschutzziele notwendig wäre. In dieser Studie der Fraunhofer-Institute IWES/IBP wird ein Zielwert von fünf bis sechs Millionen Wärmepumpen im Jahre 2030 angegeben. Der BWP prognostiziert in seinem Branchenreport 2015 jedoch nur einen Feldbestand von 1,61 bis 2,37 Mio. Anlagen. Es sind somit in Zukunft weitere Maßnahmen seitens des Gesetzgebers (MAP-Förderung) und / oder regulatorische Eingriffe (EnEV, EEWärmeG, (Teil-)Verbot fossiler Wärmeerzeuger) notwendig, um die Klimaschutzziele im Wärmesektor zu erfüllen.

Quellenverzeichnis

- ait-deutschland GmbH - (2017a):** Prospekt alterra Sole/Wasser-Wärmepumpen - https://www.alpha-innotec.de/fileadmin/content/marketing/alpha_alterra_Broschuere_DE_05-2017_WEB.pdf, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- ait-deutschland GmbH - (2017b):** alira V-line - LWDV-Serie - Duale Luft/Wasser-Wärmepumpe invertergeführt zur Außenaufstellung, - <https://www.alpha-innotec.de/endkunde/produkte/waermepumpen-produktkatalog/produktkatalog/detailseite/lwdv-91-13-hdv-12-3.html>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. - (2008 bis 2016):** Tätigkeitsberichte 2008-2016, Berlin
- ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. - (2008):** Grafik: Gasklimageräte in Deutschland 2008
- ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. - (2008):** Heizen und Kühlen mit Gaswärmepumpen (Absorptionswärmepumpen/ Absorptionskältetechnik) – Tagungsband zur ASUE-Fachtagung am 12.03.2008 in Aalen, Aalen/Kaiserslautern 2008
- BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle - (2016):** Förderdaten -Statistik 2014 bis 2016, E-Mailauskunft / Exceldatei
- BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle - (2016):** Homepage zum MAP, Förderung von Wärmepumpen, http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Waermepumpen/waermepumpen_node.html, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - (2016):** Strompreisanalyse Mai 2016, Berlin
- BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - (2013):** Absatzzahlen und Marktentwicklung Gaswärmepumpen, E-Mail-Auskunft der ersten Aktualisierung der Studie
- BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - (2017):** Absatzzahlen und Marktentwicklung Gaswärmepumpen, E-Mail-Auskunft
- BDH/BWP - Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V. / Bundesverband Wärmepumpe e.V. - (2009):** Marktdaten Wärmepumpen: Feldbestand und Absatzzahlen von Wärmepumpen getrennt nach Wärmequellen für den Zeitraum 1978 bis 2008, Exceldatensatz, Köln/Berlin
- BDH/BWP - Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V. / Bundesverband Wärmepumpe e.V. - (2013):** Marktdaten Wärmepumpen: Feldbestand und Absatzzahlen von Wärmepumpen getrennt nach Wärmequellen und Antriebsart für den Zeitraum 2009 bis 2012, Exceldatensatz, Köln/Berlin

BDH - Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V. - (2017): Homepage des Verbandes - <http://www.bdh-koeln.de>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017

BFE - Bundesamt für Energie - (2006): Potenziale von Groß-Wärmepumpen besser nutzen - Konzeption, Anwendungen, Kundensicht“, 13. Tagung des Forschungsprogramms Umgebungswärme, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte des Bundesamts für Energie (BFE), Burgdorf Juni 2006

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit - (2017): Homepage zur (Energieeinsparverordnung EnEV), - www.bmub.bund.de/P3427/, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017

Bosch Thermotechnik GmbH - (2017): Logatherm WPL AR 6kW bis 14kW - https://www.buderus.de/de/produkte/catalogue/alle-produkte/6667_logatherm-wpl-ar-6kw-bis-14kw, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017

Bundesnetzagentur - (2016): Monitoringbericht 2016, Bonn

Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) - (2013): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2012, Sankt Augustin

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2011): BWP-Branchenstudie 2011, Berlin

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2015): BWP-Branchenstudie 2015, Berlin

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2013 a): BWP-Branchenstudie 2013, Berlin

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2013 b): Absatzzahlen & Marktdaten zu Wärmepumpen, E-Mailauskünfte und Telefonische Auskünfte der ersten Aktualisierung der Studie

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2017 a): Absatzzahlen & Marktdaten zu Wärmepumpen, E-Mailauskunft vom 17.08.2017

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2017 b): Absatzzahlen & Marktdaten zu Wärmepumpen, Telefonische Auskunft 20.09.2017

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - (2017 c): Homepage des Verbandes, <https://www.waermepumpe.de>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - Gorris, Verena (BWP) (Nov. 2013a): Experteninterview im Rahmen der Vorgängerstudie (telefonisch)

BWP-Bundesverband Wärmepumpe e.V - Krönert, Tony (BWP) (Nov. 2013b): Experteninterview im Rahmen der Vorgängerstudie (telefonisch)

- DESTATIS – Statistisches Bundesamt - (2017):** DEStatis Lange Reihen:
 Baufertigstellungen neuer Gebäude nach Energieart und Gebäudeart
https://www.genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=EF8A063E07407007805EC27F943EF774.tomcat_GO_1_3?operation=abrufabelleAbrufen&selectionname=31121-0004&levelindex=1&levelid=1508398871418&index=4, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Dr. Heske, Claus - ö.b.u.v. Sachverständiger für Oberflächennahe Geothermie (Okt. 2017):** Experteninterview
- DWD - Deutscher Wetterdienst - (2017):** Homepage des DWD - Klimadaten am Beispiel des Standortes Erfurt Flughafen,
https://www.dwd.de/DE/wetter/wetterundklima_vorort/thueringen/erfurt/_node.html, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- EnergieAgentur.NRW / Wärmepumpen-Marktplatz NRW - (2015):** Leitfaden
 Wärmepumpe - Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik, Düsseldorf
- energie-experten.org - (2017):** CO₂-Wärmepumpen-Technik im Überblick, -
<http://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/arten/co2-waermepumpe.html>,
 zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Europäische Kommission - (2013):** 2013/114/EU Beschluss der Kommission vom 1 März 2013 zur Festlegung von Leitlinien für die Mitgliedstaaten zur Berechnung der durch verschiedene Wärmepumpen-Technologien aus erneuerbaren Quellen gewonnenen Energie gemäß Artikel 5 der Richtlinie 2009/28/EG, Brüssel
- Fraunhofer ISE – Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme - Russ, Cristel; Miara, Marek; Platt, Michael; Günther, Danny; Kramer, Thomas; Dittmer, Holger; Lecher, Thomas; Kurz, Christian (2010):** Feldmessung Wärmepumpen im Gebäudebestand - Kurzfassung, Freiburg
- Fraunhofer ISE – Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme - Miara, Marek; Günther, Danny; Kramer, Thomas; Oltersdorf, Thore; Wapler, Jeannette (2011):** Wärmepumpen Effizienz - Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Anlagen im realen Betrieb, Freiburg
- Fraunhofer ISE – Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme - Ruschenburg, Jörn und Herkel, Sebastian (2013):** A Review of Market-Available Solar Thermal Heat Pump Systems, Freiburg
- Fraunhofer ISE – Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme - Günther, Danny; Miara, Marek, Langner, Robert; Helmling, Sebastian; Wapler, Jeannette (2014):** „WP Monitor“ Feldmessung von Wärmepumpenanlagen, Freiburg
- Fraunhofer IWES/IBP - (2017):** Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klima-schutzziele im Gebäudesektor. Studie im Auftrag von Agora Energiewende

- Glen Dimplex Deutschland GmbH - (2017a):** Wärmepumpensortiment 2017, -
http://www.dimplex.de/fileadmin/dimplex/downloads/produktschrift_syst/de/747-38986_P-1-1058-DE_Broschuere_Waermepumpen_08_Ansicht_GDTS.pdf, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Glen Dimplex Deutschland GmbH - (2017b):** Datenblatt LA 33TBS - Luft/Wasser-Wärmepumpe für Außenaufstellung, - <http://www.dimplex.de/pdf/de/LA33TBS.pdf>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Glen Dimplex Deutschland GmbH (2017c):** Homepage der Firma Dimplex, - www.dimplex.de, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Hautec GmbH - (2017):** Premium Sole-Wasser-Wärmepumpe Carno HCS, - <http://www.hautec.eu/index.php/produkte/sole/premium-carno-hcs.html>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Huenges, Ernst; Sperber, Evelyn; Eggers, Jan-Bleicke; Noll, Florian; Reuß, Manfred - (2014):** Regenerative Wärmequellen für Wärmenetze. FVEE Themen 2014
- IER - Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung - Lambauer, J; Fahl,U; Ohl,M; Blesl,M; Voß, A (2008):** Industrielle Großwärmepumpen -Potenziale, Hemmnisse und Best-Practice Beispiele, Stuttgart
- IER - Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung - Wolf, S,; Fahl, U; Blesl,M; Voß, A; Jakobs, R (IWR) (2014):** Analyse des Potenzials von Industriewärmepumpen in Deutschland, Stuttgart
- IKZ -Gebäude und Ernergietechnik - (2014):** Heizleistung dem Bedarf anpassen - Wärmepumpen in Kaskadenschaltung, - <https://www.ikz.de/detail/news/detail/heizleistung-dem-bedarf-anpassen-waermepumpen-in-kaskadenschaltung/>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Institut für Bauforschung e.V. im Auftrag des Bauherren-Schutzbund e.V. - Simon, Janet; Böhmer, Heike; Helmbrecht,Horst (2017):** Umfrage zur Fehlerhäufigkeit bei der Planung und Ausführung von Wärmepumpen, Berlin
- Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes - Müller, Markus; Röllig, Peter; Paatzsch, René (2016):** Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln,
- Institut für Wohnen und Umwelt GmbH Darmstadt im Auftrag des Ingenieurbüros für energieeffiziente Gebäudetechnik VENTECS - Diefenbach, Nikolaus; Loga, Tobias; Born, Rolf; Großklos, Marc; Herbert, Carsten (2002):** Energetische Kenngrößen für Heizungsanlagen im Bestand, Darmstadt
- Kaut, Alfred - (2009):** CO₂-Wärmepumpe mit hoher Vorlauftemperatur. SBZ Ausgabe 03/2009, Seite 63
- Kersten, Sven - Energieagentur.NRW, (Sept. 2017):** Experteninterview

- König, Klaus W. - (2016):** Großes Potenzial bei Abwasserwärmenutzung. wwt wasserwirtschaft wassertechnik. Ausgabe 1/2 2016, 15-18
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) - Vogel, Klaus (August 2017):** Erdgebundene Wärmepumpen in NRW - Anzahl und Leistung nach Anlagenstandort 2014-2016, Excelliste + Expertengespräch
- Loxone Electronics GmbH - (2017):** Smart Home – Energie, - <https://www.loxone.com/dede/smart-home/energie/>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Max Weishaupt GmbH - (2017):** Leistungsdiagramm einer Luft-Wärmepumpe, - www.weishaupt.de, zuletzt abgerufen am: 11/3/2017
- Members of Annex 35/13 - (2014):** IEA HPP Annex 35: Anwendungsmöglichkeiten für industrielle Wärmepumpen
- Mitsubishi Electric Europe B.V. - (2016):** QS ComfortSystem bietet Mehrwert für Wärmepumpen-Anlagen, - http://www.mitsubishi-les.com/sitemodules/news/view.php?l=de&f=961651_02_-_PI_QS_ComfortSystem_-_SHK_2016.pdf, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- MKULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen - (2016):** Mach' es richtig! - Lärmschutz bei Luftwärmepumpen, - https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/klimawandel/laermschutz_be_i_luftwaermepumpen.pdf, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- NIBE Systemtechnik GmbH - (2017):** NIBE-F1255 Sole/ Wasser-Wärmepumpe, - <http://www.nibe.de/Produkte/Erdwaermepumpen/NIBE-F1255/#overview>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Pauschinger, Thomas; Schmidt, Thomas - (2013):** Solar unterstützte Kraft-Wärme-Kopplung mit saisonalem Wärmespeicher. Euro Heat & Power
- Quaschnig, Volker - Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin (2016):** Sektorkopplung durch die Energiewende
- REMKO GmbH & Co. KG - (2017):** REMKO Schallschutzhaube SWK, - https://www.remko.de/de/index.php?lia_page=prod_show&id=364, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- SHELL/BDH Shell BDH Hauswärmestudie: Klimaschutz im Wohnungssektor – wie heizen wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030 - (2013):** Shell BDH Hauswärmestudie: Klimaschutz im Wohnungssektor – wie heizen wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030, Hamburg/Köln
- SIA - Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein - (2010):** SIA 384/6

- Signal Cruncher GmbH - (2017):** Whitepaper Smart Home – Kluges Haus, was tun? - <https://signal-cruncher.com/wp-content/uploads/2017/05/signal-cruncher-whitepaper-smart-home.pdf>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Sonne, Wind und Wärme - (2017):** Marktübersicht Brauchwasserwärmepumpen, - <http://www.sonnewindwaerme.de/marktuebersicht/brauchwasserwaermepumpe>, zuletzt abgerufen am: 10/4/2017
- Statista - (2017a):** Durchschnittlicher Verbraucherpreis für leichtes Heizöl in Deutschland in den Jahren 1960 bis 2017 (in Cent pro Liter) - <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2633/umfrage/entwicklung-des-verbraucherpreises-fuer-leichtes-heizoel-seit-1960/>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Statista - (2017b):** Smart Home – Umsatz in Millionen Euro - <https://de.statista.com/outlook/279/137/smart-home/deutschland#>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG - (2017a):** Luft-Wasser-Wärmepumpen WPL 12 S Trend Set 2 - https://www.stiebel-eltron.de/de/home/produkte-loesungen/erneuerbare_energien/waermepumpe/luft-wasser-waermepumpen/wpl_trend_set_2/wpl_12_s_trend_set2.html, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG - (2017b):** Homepage der Firma Stiebel Eltron - www.stiebel-eltron.de, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Thien, Leonhard - Energieagentur.NRW (Okt. 2017):** Experteninterview
- Tholen, Michael und Walker-Hertkorn, Simone - (2008):** Arbeitshilfen Geothermie - Grundlagen für oberflächennahe Erdwärmesondenbohrungen, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn
- Umweltbundesamt - (2017):** Fluorierte Treibhausgase und FCKW
- Vaillant GmbH - (2017a):** Digitale Toolbox für Fachhandwerker schafft Überblick - https://www.vaillant-group.com/news-centre/ish-2017/digitale-toolbox-fuer-fachhandwerker-941865.de_de.htm, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Vaillant GmbH - (2017b):** Produktgruppen - Regelung - <https://www.vaillant.de/heizung/produkte/produktgruppen/regelung/>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- VDI - Verein deutscher Ingenieure - (1993):** VDI 2067 - Blatt2 - Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen / Raumheizungen
- VDI - Verein deutscher Ingenieure - (2001):** VDI Richtlinie 4640 (Thermische Nutzung des Untergrundes) Blatt 2
- VDI - Verein deutscher Ingenieure - (2015):** Gründruck der VDI 4640/Blatt2

- Viessmann Deutschland GmbH - (2017):** Homepage der Firma Viessmann - Produktübersicht Großwärmepumpen -<https://www.viessmann.de/de/gewerbe/waermepumpe/grosswaermepumpen.html>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Viessmann Werke GmbH & Co. KG - (2017):** Unser Messestand auf der ISH - <https://ish.viessmann.de/unser-messestand-auf-der-ish-2017-bc59317858dd8e0d>, zuletzt abgerufen am: 11/15/2017
- Vorländer, Jochen - (2007):** ISH-Nachlese, Wärmeerzeugung – Energieeffizienz und Erneuerbare. TGA Fachplaner, Magazin für Technische Gebäudeausrüstung. Ausgabe 04-2007, Seite 44
- Wärmepumpenshop - (2017):** Internetshop für Wärmepumpen - www.waermepumpenshop.de, zuletzt abgerufen am: 9/30/2017
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs - (2009-2013):** WPZ Bulletin – Ausgaben 02-2009 bis 02-2013, Buchs
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs - Eschmann, Michael (2012):** Statistische Auswertung und Analysen von Klein-Wärmepumpen – Schlussbericht, Buchs
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs - Eschmann, Michael (2013):** Qualitätssicherung von Kleinwärmepumpen und statistische Auswertung der Prüfergebnisse 2012 - Jahresbericht, Buchs
- Technik NTB, Buchs - Eschmann, Michael (2014):** Vortrag auf der FWS Fachtagung, 11.11.2014
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs, im Auftrag des Bundesamt für Energie BFE - Markstaler, Markus; Bertsch, Stefan (2015):** Systemsimulation Effizienz der Brauchwarmwassererwärmung mit Wärmepumpen – Vergleichsstudie. Schlussbericht, Buchs
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs, im Auftrag des Bundesamt für Energie BFE - Cordin, Arpagaus; Vetsch, Bernhard; Bertsch, Stefan (2016):** HPT Annex 46 - Domestic Hot Water Heat Pumps, Task 1: Market Overview Country, Report Switzerland, Buchs
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs - (2017a):** Prüfergebnisse Warmwasser-Wärmepumpen (Wärmepumpenboiler) basierend auf der EN 16147:2011, Buchs
- WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für Technik NTB, Buchs - (2017b):** Prüfergebnisse Luft/Wasser-Wärmepumpen basierend auf der EN 14511:2013

**WPZ BUCHS – Wärmepumpen-Testzentrum der Interstaatlichen Hochschule für
Technik NTB, Buchs - (2017c):** Prüfergebnisse Sole/Wasser-Wärmepumpen basierend auf
der EN 14511:201

18. Anhang

A1: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Gesamt), eigene Berechnung

Jahr	el .WP für Heizzwecke GESAMT							
	Angaben für Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres							
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt Basis COP	el. Leistung Gesamt Basis JAZ	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
Anzahl	MW	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau								
1978	672	8,7	2,4	3,2	17,9	6,5	11,4	9,5
1979	7.320	95,2	26,0	34,3	195,1	70,4	124,7	103,7
1980	26.280	387,0	99,2	129,5	793,4	265,6	527,8	500,6
1981	15.552	230,9	60,8	79,9	473,3	163,8	309,5	278,2
1982	9.996	148,7	39,5	51,9	304,9	106,5	198,4	175,5
1983	6.288	93,7	25,0	33,0	192,1	67,6	124,6	108,9
1984	4.261	63,9	17,4	23,0	131,0	47,2	83,8	69,9
1985	2.928	43,9	12,0	15,8	90,0	32,5	57,6	48,0
1986	1.825	29,2	8,0	10,5	59,9	21,6	38,3	31,9
1987	1.200	19,2	5,2	6,9	39,4	14,2	25,2	21,0
1988	840	13,4	3,7	4,8	27,6	9,9	17,6	14,7
1989	661	10,6	2,9	3,8	21,7	7,8	13,9	11,6
1990	505	8,1	2,2	2,9	16,6	6,0	10,6	8,8
1991	978	15,7	4,3	5,6	32,1	11,6	20,5	17,1
1992	1.150	18,4	5,0	6,6	37,7	13,6	24,1	20,1
1993	1.461	23,4	6,3	8,1	47,9	16,5	31,4	26,0
1994	1.610	26,6	7,1	9,3	54,6	19,1	35,5	27,3
1995	2.070	34,2	9,2	12,1	70,0	24,8	45,3	32,5
1996	2.645	42,9	11,3	14,6	88,0	30,0	58,0	44,4
1997	4.115	62,1	15,8	20,5	127,4	41,9	85,4	69,5
1998	5.022	69,4	17,2	22,0	142,2	45,1	97,1	83,9
1999	5.427	74,8	18,5	23,6	153,3	48,5	104,9	88,9
2000	6.596	91,2	22,6	29,0	186,9	59,4	127,6	103,1
2001	9.020	117,1	28,3	36,5	240,1	74,9	165,2	135,7
2002	9.680	125,8	29,8	38,6	258,0	79,0	178,9	178,9
2003	10.890	141,0	34,1	43,8	289,1	89,9	199,2	199,2
2004	13.896	179,6	43,0	55,2	368,2	113,1	255,1	255,1
2005	20.336	243,4	58,2	74,8	499,0	153,2	345,7	345,7
2006	48.351	579,3	139,7	179,2	1.187,6	367,3	820,3	820,3
2007	49.097	547,2	133,5	171,9	1.121,7	352,5	769,2	769,2
2008	62.452	698,4	169,4	218,3	1.431,6	447,5	984,2	984,2
2009	54.800	615,8	147,2	189,8	1.262,4	389,0	873,3	873,3
2010	51.000	652,5	156,2	201,3	1.337,6	412,7	924,9	924,9
2011	53.915	660,5	158,3	204,4	1.354,0	419,1	934,9	934,9
2012	59.112	720,5	171,6	221,7	1.477,1	454,5	1.022,6	1.022,6
2013	59.907	667,5	157,2	203,2	1.368,4	416,5	952,0	952,0
2014	57.958	625,8	145,6	188,0	1.283,0	385,4	897,5	897,5
2015	57.042	596,6	138,0	178,8	1.223,0	366,5	856,5	856,5
2016	66.570	665,4	152,0	196,6	1.364,1	403,0	961,0	961,0

A2: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Luft), eigene Berechnung

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Luft											
	Angaben für spezifische Daten der WP, Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres											
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt Basis COP	el. Leistung Gesamt Basis JAZ	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/14/EU)
Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW		MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau												
1978	134	14	2,70	2,00	2050	1,9	0,7	0,9	3,8	1,9	1,9	0,0
1979	1.464	14	2,70	2,00	2050	20,5	7,6	10,2	42,0	21,0	21,0	0,0
1980	1.656	16	2,70	2,00	2050	26,5	9,8	13,2	54,3	27,2	27,2	0,0
1981	1.910	16	2,70	2,00	2050	30,6	11,3	15,3	62,6	31,3	31,3	0,0
1982	1.398	16	2,70	2,00	2050	22,4	8,3	11,2	45,9	22,9	22,9	0,0
1983	958	16	2,70	2,00	2050	15,3	5,7	7,7	31,4	15,7	15,7	0,0
1984	851	16	2,70	2,00	2050	13,6	5,0	6,8	27,9	14,0	14,0	0,0
1985	586	16	2,70	2,00	2050	9,4	3,5	4,7	19,2	9,6	9,6	0,0
1986	365	17	2,70	2,00	2050	6,2	2,3	3,1	12,7	6,4	6,4	0,0
1987	240	17	2,70	2,00	2050	4,1	1,5	2,0	8,4	4,2	4,2	0,0
1988	168	17	2,70	2,00	2050	2,9	1,1	1,4	5,9	2,9	2,9	0,0
1989	131	17	2,70	2,00	2050	2,2	0,8	1,1	4,6	2,3	2,3	0,0
1990	101	17	2,70	2,00	2050	1,7	0,6	0,9	3,5	1,8	1,8	0,0
1991	196	17	2,70	2,00	2050	3,3	1,2	1,7	6,8	3,4	3,4	0,0
1992	230	17	2,70	2,00	2050	3,9	1,4	2,0	8,0	4,0	4,0	0,0
1993	292	17	2,77	2,12	2050	5,0	1,8	2,3	10,2	4,8	5,4	0,0
1994	435	17	2,83	2,17	2050	7,4	2,6	3,4	15,2	7,0	8,2	0,0
1995	666	17	2,89	2,21	2050	11,3	3,9	5,1	23,2	10,5	12,7	0,0
1996	697	17	2,94	2,26	2050	11,8	4,0	5,2	24,3	10,7	13,5	0,0
1997	860	16	3,00	2,31	2050	13,8	4,6	6,0	28,2	12,2	16,0	0,0
1998	744	15	3,06	2,35	2050	11,2	3,6	4,7	22,9	9,7	13,1	0,0
1999	890	15	3,12	2,40	2050	13,4	4,3	5,6	27,4	11,4	15,9	0,0
2000	1.349	15	3,18	2,44	2050	20,2	6,4	8,3	41,5	17,0	24,5	0,0
2001	1.718	14	3,24	2,49	2050	24,1	7,4	9,7	49,3	19,8	29,5	0,0
2002	1.676	14	3,30	2,53	2050	23,5	7,1	9,3	48,1	19,0	29,1	29,1
2003	2.636	14	3,36	2,58	2050	36,9	11,0	14,3	75,7	29,4	46,3	46,3
2004	3.347	14	3,42	2,62	2050	46,9	13,7	17,9	96,1	36,6	59,4	59,4
2005	5.539	13	3,47	2,67	2050	72,0	20,7	27,0	147,6	55,3	92,3	92,3
2006	15.946	13	3,53	2,71	2050	207,3	58,7	76,4	425,0	156,7	268,3	268,3
2007	20.728	12	3,59	2,76	2050	248,7	69,2	90,2	509,9	184,9	325,0	325,0
2008	28.002	12	3,65	2,80	2050	336,0	92,0	119,9	688,8	245,8	443,1	443,1
2009	24.400	12	3,71	2,85	2050	292,8	78,9	102,8	600,2	210,8	389,5	389,5
2010	26.500	13	3,77	2,89	2050	344,5	91,4	119,1	706,2	244,1	462,1	462,1
2011	32.600	12	3,83	2,94	2050	391,2	102,2	133,1	802,0	272,9	529,0	529,0
2012	37.300	12	3,89	2,98	2050	447,6	115,2	150,0	917,6	307,5	610,0	610,0
2013	38.902	11	3,95	3,03	2050	420,1	106,5	138,7	861,3	284,4	576,9	576,9
2014	39.306	10	4,00	3,07	2050	393,1	98,2	127,9	805,8	262,1	543,6	543,6
2015	39.820	10	4,06	3,12	2050	402,2	99,0	128,9	824,5	264,3	560,2	560,2
2016	45.781	9,7	4,12	3,16	2050	444,1	107,7	140,3	910,4	287,7	622,7	622,7

A3: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Sole), eigene Berechnung

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Geothermie											
	Angaben für spezifische Daten der WP, Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres											
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt Basis COP	el. Leistung Gesamt Basis JAZ	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau												
1978	437	12	3,90	3,10	2.050	5,2	1,3	1,7	10,8	3,5	7,3	7,3
1979	4.758	12	3,90	3,10	2.050	57,1	14,6	18,4	117,0	37,8	79,3	79,3
1980	20.682	14	3,90	3,10	2.050	289,5	74,2	93,4	593,6	191,5	402,1	402,1
1981	11.309	14	3,90	3,10	2.050	158,3	40,6	51,1	324,6	104,7	219,9	219,9
1982	7.098	14	3,90	3,10	2.050	99,4	25,5	32,1	203,7	65,7	138,0	138,0
1983	4.387	14	3,90	3,10	2.050	61,4	15,7	19,8	125,9	40,6	85,3	85,3
1984	2.770	14	3,90	3,10	2.050	38,8	9,9	12,5	79,5	25,6	53,9	53,9
1985	1.903	14	3,90	3,10	2.050	26,6	6,8	8,6	54,6	17,6	37,0	37,0
1986	1.186	15	3,90	3,10	2.050	17,8	4,6	5,7	36,5	11,8	24,7	24,7
1987	780	15	3,90	3,10	2.050	11,7	3,0	3,8	24,0	7,7	16,2	16,2
1988	546	15	3,90	3,10	2.050	8,2	2,1	2,6	16,8	5,4	11,4	11,4
1989	430	15	3,90	3,10	2.050	6,5	1,7	2,1	13,2	4,3	9,0	9,0
1990	328	15	3,90	3,10	2.050	4,9	1,3	1,6	10,1	3,3	6,8	6,8
1991	635	15	3,90	3,10	2.050	9,5	2,4	3,1	19,5	6,3	13,2	13,2
1992	747	15	3,90	3,10	2.050	11,2	2,9	3,6	23,0	7,4	15,6	15,6
1993	949	15	3,97	3,21	2.050	14,2	3,6	4,4	29,2	9,1	20,1	20,1
1994	771	15	4,01	3,25	2.050	11,6	2,9	3,6	23,7	7,3	16,4	16,4
1995	959	15	4,05	3,28	2.050	14,4	3,6	4,4	29,5	9,0	20,5	20,5
1996	1.488	15	4,09	3,31	2.050	22,3	5,5	6,7	45,8	13,8	31,9	31,9
1997	2.555	14	4,13	3,34	2.050	35,8	8,7	10,7	73,3	22,0	51,4	51,4
1998	3.629	13	4,16	3,37	2.050	47,2	11,3	14,0	96,7	28,7	68,0	68,0
1999	3.919	13	4,20	3,40	2.050	50,9	12,1	15,0	104,4	30,7	73,7	73,7
2000	4.564	13	4,24	3,43	2.050	59,3	14,0	17,3	121,6	35,4	86,2	86,2
2001	5.940	12	4,28	3,46	2.050	71,3	16,7	20,6	146,1	42,2	103,9	103,9
2002	6.421	12	4,32	3,50	2.050	77,1	17,8	22,0	158,0	45,2	112,8	112,8
2003	6.987	12	4,36	3,53	2.050	83,8	19,2	23,8	171,9	48,7	123,1	123,1
2004	9.006	12	4,40	3,56	2.050	108,1	24,6	30,4	221,5	62,3	159,3	159,3
2005	12.638	11	4,44	3,59	2.050	139,0	31,3	38,7	285,0	79,4	205,6	205,6
2006	28.508	11	4,47	3,62	2.050	313,6	70,1	86,6	642,9	177,6	465,3	465,3
2007	24.684	10	4,51	3,65	2.050	246,8	54,7	67,6	506,0	138,6	367,4	367,4
2008	29.993	10	4,55	3,68	2.050	299,9	65,9	81,4	614,9	166,9	447,9	447,9
2009	26.600	10	4,59	3,71	2.050	266,0	58,0	71,6	545,3	146,8	398,5	398,5
2010	21.700	12	4,63	3,75	2.050	260,4	56,3	69,5	533,8	142,5	391,3	391,3
2011	18.615	12	4,67	3,78	2.050	223,4	47,9	59,1	457,9	121,3	336,7	336,7
2012	19.012	12	4,71	3,81	2.050	228,1	48,5	59,9	467,7	122,8	344,9	344,9
2013	18.369	11,2	4,74	3,84	2.050	205,7	43,4	53,6	421,8	109,9	311,9	311,9
2014	16.415	12	4,78	3,87	2.050	197,0	41,2	50,9	403,8	104,3	299,5	299,5
2015	15.001	10,5	4,82	3,90	2.050	157,5	32,7	40,4	322,9	82,8	240,1	240,1
2016	18.551	10	4,86	3,93	2.050	185,5	38,2	47,2	380,3	96,7	283,6	283,6

A4: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Wasser), eigene Berechnung

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Wasser											
	Angaben für spezifische Daten der WP, Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres											
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt - 31.12.2016	el. Leistung Gesamt - Basis COP	el. Leistung Gesamt - Basis JAZ	th. Arbeit Gesamt - 01.01.2016 bis 31.12.2016	el. Arbeit Gesamt - 01.01.2016 bis 31.12.2016	th. Arbeit regenerativ Gesamt - 01.01.2016 bis 31.12.2016	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU) - 01.01.2016 bis 31.12.2016
Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW		MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau												
1978	101	16	4,70	3,10	2050	1,6	0,3	0,5	3,3	1,1	2,2	2,2
1979	1.098	16	4,70	3,10	2050	17,6	3,7	5,7	36,0	11,6	24,4	24,4
1980	3.942	18	4,70	3,10	2050	71,0	15,1	22,9	145,5	46,9	98,5	98,5
1981	2.333	18	4,70	3,10	2050	42,0	8,9	13,5	86,1	27,8	58,3	58,3
1982	1.500	18	4,70	3,10	2050	27,0	5,7	8,7	55,4	17,9	37,5	37,5
1983	943	18	4,70	3,10	2050	17,0	3,6	5,5	34,8	11,2	23,6	23,6
1984	640	18	4,70	3,10	2050	11,5	2,5	3,7	23,6	7,6	16,0	16,0
1985	439	18	4,70	3,10	2050	7,9	1,7	2,5	16,2	5,2	11,0	11,0
1986	274	19	4,70	3,10	2050	5,2	1,1	1,7	10,7	3,4	7,2	7,2
1987	180	19	4,70	3,10	2050	3,4	0,7	1,1	7,0	2,3	4,7	4,7
1988	126	19	4,70	3,10	2050	2,4	0,5	0,8	4,9	1,6	3,3	3,3
1989	100	19	4,70	3,10	2050	1,9	0,4	0,6	3,9	1,3	2,6	2,6
1990	76	19	4,70	3,10	2050	1,4	0,3	0,5	3,0	1,0	2,0	2,0
1991	147	19	4,70	3,10	2050	2,8	0,6	0,9	5,7	1,8	3,9	3,9
1992	173	19	4,70	3,10	2050	3,3	0,7	1,1	6,7	2,2	4,6	4,6
1993	220	19	4,77	3,21	2050	4,2	0,9	1,3	8,6	2,7	5,9	5,9
1994	404	19	4,81	3,25	2050	7,7	1,6	2,4	15,7	4,8	10,9	10,9
1995	445	19	4,86	3,28	2050	8,5	1,7	2,6	17,3	5,3	12,0	12,0
1996	460	19	4,91	3,31	2050	8,7	1,8	2,6	17,9	5,4	12,5	12,5
1997	700	18	4,95	3,34	2050	12,6	2,5	3,8	25,8	7,7	18,1	18,1
1998	649	17	5,00	3,37	2050	11,0	2,2	3,3	22,6	6,7	15,9	15,9
1999	618	17	5,04	3,40	2050	10,5	2,1	3,1	21,5	6,3	15,2	15,2
2000	683	17	5,09	3,43	2050	11,6	2,3	3,4	23,8	6,9	16,9	16,9
2001	1.362	16	5,14	3,46	2050	21,8	4,2	6,3	44,7	12,9	31,8	31,8
2002	1.583	16	5,18	3,50	2050	25,3	4,9	7,2	51,9	14,9	37,1	37,1
2003	1.267	16	5,23	3,53	2050	20,3	3,9	5,7	41,6	11,8	29,8	29,8
2004	1.543	16	5,28	3,56	2050	24,7	4,7	6,9	50,6	14,2	36,4	36,4
2005	2.159	15	5,32	3,59	2050	32,4	6,1	9,0	66,4	18,5	47,9	47,9
2006	3.897	15	5,37	3,62	2050	58,5	10,9	16,1	119,8	33,1	86,7	86,7
2007	3.685	14	5,41	3,65	2050	51,6	9,5	14,1	105,8	29,0	76,8	76,8
2008	4.457	14	5,46	3,68	2050	62,4	11,4	16,9	127,9	34,7	93,2	93,2
2009	3.800	15	5,51	3,71	2050	57,0	10,3	15,3	116,9	31,5	85,4	85,4
2010	2.800	17	5,55	3,75	2050	47,6	8,6	12,7	97,6	26,1	71,5	71,5
2011	2.700	17	5,60	3,78	2050	45,9	8,2	12,2	94,1	24,9	69,2	69,2
2012	2.800	16	5,65	3,81	2050	44,8	7,9	11,8	91,8	24,1	67,7	67,7
2013	2.636	15,8	5,69	3,84	2050	41,6	7,3	10,8	85,4	22,2	63,1	63,1
2014	2.237	16	5,74	3,87	2050	35,8	6,2	9,2	73,4	19,0	54,4	54,4
2015	2.221	16,6	5,79	3,90	2050	36,9	6,4	9,4	75,6	19,4	56,2	56,2
2016	2.238	16	5,83	3,93	2050	35,8	6,1	9,1	73,4	18,7	54,7	54,7

A5: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Gesamt), eigene Berechnung

Jahr	el .WP für Heizzwecke GESAMT						
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand							
1978	672	9	3	9	3	6	5
1979	7.992	104	37	115	42	74	61
1980	34.272	491	167	610	210	400	364
1981	49.824	722	247	1.243	424	819	753
1982	59.820	871	299	1.632	559	1.073	980
1983	66.108	964	332	1.881	646	1.234	1.122
1984	70.369	1.028	355	2.042	704	1.338	1.211
1985	73.297	1.072	371	2.153	744	1.409	1.270
1986	75.122	1.101	381	2.228	771	1.457	1.310
1987	76.322	1.120	388	2.277	789	1.489	1.337
1988	77.162	1.134	393	2.311	801	1.510	1.354
1989	77.823	1.144	397	2.335	809	1.526	1.368
1990	78.328	1.153	400	2.354	816	1.538	1.378
1991	79.306	1.168	405	2.379	825	1.554	1.391
1992	80.456	1.187	412	2.414	838	1.576	1.409
1993	81.917	1.210	420	2.457	853	1.604	1.433
1994	83.527	1.237	429	2.508	871	1.637	1.459
1995	85.563	1.270	441	2.569	892	1.677	1.489
1996	87.809	1.308	454	2.638	916	1.722	1.521
1997	90.210	1.346	466	2.695	935	1.760	1.548
1998	92.707	1.379	476	2.755	953	1.802	1.579
1999	94.744	1.405	482	2.803	965	1.838	1.607
2000	96.254	1.422	486	2.822	967	1.855	1.612
2001	98.532	1.442	489	2.837	965	1.871	1.614
2002	98.928	1.432	481	2.807	947	1.860	1.604
2003	101.235	1.447	482	2.823	943	1.880	1.640
2004	107.196	1.510	496	2.911	961	1.950	1.726
2005	121.094	1.658	538	3.150	1.026	2.123	1.913
2006	163.880	2.155	688	3.824	1.228	2.597	2.399
2007	208.142	2.630	835	4.831	1.536	3.295	3.109
2008	266.751	3.271	1.033	5.990	1.895	4.095	3.918
2009	318.281	3.838	1.206	7.237	2.278	4.959	4.790
2010	366.362	4.447	1.392	8.447	2.647	5.800	5.638
2011	417.678	5.068	1.582	9.711	3.034	6.677	6.522
2012	474.869	5.758	1.794	11.066	3.450	7.616	7.467
2013	533.106	6.400	1.988	12.435	3.866	8.569	8.426
2014	589.419	7.000	2.166	13.708	4.248	9.459	9.322
2015	644.644	7.568	2.335	14.902	4.604	10.298	10.168
2016	709.154	8.201	2.521	16.131	4.967	11.164	11.043

A6: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Luft), eigene Berechnung

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Luft											
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt		el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW		MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand												
1978	134	14,0		2,00	1025	2		1	2	1	1	0
1979	1.598	14,0		2,00	1110,951189	22		11	25	12	12	0
1980	3.254	15,0		2,00	1494,249816	49		24	73	37	37	0
1981	5.164	15,4		2,00	1655,630256	79		40	132	66	66	0
1982	6.562	15,5		2,00	1824,773076	102		51	186	93	93	0
1983	7.520	15,6		2,00	1915,858406	117		59	224	112	112	0
1984	8.371	15,6		2,00	1943,250727	131		65	254	127	127	0
1985	8.957	15,6		2,00	1981,411117	140		70	278	139	139	0
1986	9.322	15,7		2,00	2006,533068	146		73	294	147	147	0
1987	9.562	15,7		2,00	2022,194334	150		75	304	152	152	0
1988	9.730	15,8		2,00	2030,898752	153		77	311	156	156	0
1989	9.861	15,8		2,00	2035,318907	155		78	316	158	158	0
1990	9.962	15,8		2,00	2038,80462	157		79	321	160	160	0
1991	10.158	15,8		2,00	2028,725247	161		80	326	163	163	0
1992	10.388	15,8		2,00	2025,628333	164		82	333	167	167	0
1993	10.680	15,9		2,00	2019,965232	169		85	342	171	171	0
1994	11.115	15,9		2,01	2007,127889	177		88	355	177	178	0
1995	11.774	16,0		2,02	1988,280925	188		93	374	185	188	0
1996	12.391	16,0		2,03	1988,895209	199		98	395	195	200	0
1997	13.089	16,1		2,05	1982,862776	210		102	417	204	213	0
1998	13.568	16,0		2,06	1997,327464	217		105	434	211	223	0
1999	14.050	16,0		2,08	1988,997234	224		108	446	215	231	0
2000	14.847	15,9		2,11	1962,137796	236		112	463	220	243	0
2001	15.742	15,7		2,15	1950,412998	248		115	483	226	257	0
2002	16.476	15,6		2,19	1956,152863	256		117	501	230	271	15
2003	18.086	15,3		2,25	1913,463442	277		123	530	238	292	52
2004	20.476	15,1		2,31	1894,427187	309		134	585	255	329	105
2005	25.148	14,6		2,39	1848,877077	367		154	678	287	391	181
2006	40.311	13,9		2,51	1671,813171	562		224	939	381	559	361
2007	60.372	13,2		2,59	1731,270067	800		309	1.385	540	844	658
2008	87.801	12,8		2,66	1744,306519	1.127		424	1.965	746	1.219	1.042
2009	111.712	12,6		2,70	1837,392839	1.412		523	2.594	966	1.627	1.458
2010	137.778	12,7		2,74	1848,117505	1.749		638	3.233	1.187	2.046	1.884
2011	169.995	12,6		2,78	1862,100502	2.134		768	3.974	1.439	2.535	2.380
2012	206.946	12,4		2,81	1871,886078	2.576		916	4.822	1.723	3.098	2.949
2013	245.510	12,2		2,84	1905,986659	2.990		1.052	5.699	2.014	3.686	3.543
2014	284.460	11,9		2,87	1930,712236	3.377		1.177	6.521	2.281	4.240	4.103
2015	323.883	11,6		2,90	1940,740857	3.773		1.303	7.322	2.538	4.784	4.655
2016	369.208	11,4		2,92	1941,870724	4.210		1.439	8.174	2.807	5.367	5.246

A7: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Sole), eigene Berechnung

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Geothermie											
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt		el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW		MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand												
1978	437	12,0		3,10	1.025	5		2	5	2	4	4
1979	5.195	12,0		3,10	1.111	62		20	69	22	47	47
1980	25.877	13,6		3,10	1.207	352		114	425	137	288	288
1981	37.186	13,7		3,10	1.732	510		165	884	285	599	599
1982	44.284	13,8		3,10	1.883	610		197	1.148	370	778	778
1983	48.671	13,8		3,10	1.956	671		216	1.313	423	889	889
1984	51.441	13,8		3,10	1.994	710		229	1.415	457	959	959
1985	53.344	13,8		3,10	2.013	736		238	1.482	478	1.004	1.004
1986	54.530	13,8		3,10	2.026	754		243	1.528	493	1.035	1.035
1987	55.310	13,8		3,10	2.034	766		247	1.558	503	1.056	1.056
1988	55.856	13,9		3,10	2.039	774		250	1.579	509	1.069	1.069
1989	56.286	13,9		3,10	2.042	781		252	1.594	514	1.079	1.079
1990	56.614	13,9		3,10	2.044	785		253	1.605	518	1.087	1.087
1991	57.249	13,9		3,10	2.038	795		256	1.620	523	1.097	1.097
1992	57.996	13,9		3,10	2.036	806		260	1.641	529	1.112	1.112
1993	58.945	13,9		3,10	2.032	820		264	1.667	538	1.130	1.130
1994	59.716	13,9		3,10	2.036	832		268	1.694	546	1.148	1.148
1995	60.653	14,0		3,11	2.033	846		272	1.720	554	1.166	1.166
1996	61.881	14,0		3,11	2.024	865		278	1.751	563	1.188	1.188
1997	63.143	14,0		3,12	2.009	884		283	1.775	569	1.205	1.205
1998	64.890	13,9		3,13	1.997	905		289	1.807	578	1.229	1.229
1999	66.335	13,9		3,15	1.993	922		293	1.838	585	1.253	1.253
2000	67.128	13,9		3,17	1.985	930		294	1.846	584	1.261	1.261
2001	68.161	13,7		3,19	1.972	934		293	1.843	579	1.264	1.264
2002	67.633	13,5		3,23	1.964	915		284	1.797	559	1.239	1.239
2003	68.351	13,3		3,27	1.956	912		279	1.784	548	1.236	1.236
2004	71.569	13,1		3,31	1.932	940		284	1.816	551	1.265	1.265
2005	79.602	12,7		3,36	1.910	1.015		302	1.938	579	1.359	1.359
2006	104.162	12,2		3,43	1.798	1.273		371	2.289	671	1.618	1.618
2007	125.404	11,7		3,48	1.878	1.472		423	2.765	797	1.967	1.967
2008	152.704	11,4		3,52	1.873	1.734		492	3.247	925	2.322	2.322
2009	177.013	11,1		3,56	1.911	1.968		553	3.761	1.061	2.701	2.701
2010	196.666	11,2		3,59	1.929	2.199		613	4.242	1.186	3.055	3.055
2011	213.463	11,2		3,61	1.954	2.397		664	4.684	1.301	3.383	3.383
2012	231.207	11,3		3,63	1.960	2.607		718	5.110	1.411	3.699	3.699
2013	248.513	11,3		3,65	1.975	2.797		767	5.522	1.517	4.005	4.005
2014	263.916	11,3		3,66	1.982	2.979		813	5.905	1.615	4.290	4.290
2015	277.802	11,2		3,68	1.998	3.120		848	6.235	1.698	4.537	4.537
2016	295.099	11,1		3,69	1.992	3.288		890	6.550	1.776	4.774	4.774

A8: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Wasser), eigene Berechnung

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Wasser											
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche thermische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt		el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW		MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand												
1978	101	16,0		3,10	1.025	2	1	1	2	1	1	1
1979	1.199	16,0		3,10	1.111	19	6	6	21	7	14	14
1980	5.141	17,5		3,10	1.243	90	29	29	112	36	76	76
1981	7.474	17,7		3,10	1.724	132	43	43	228	73	154	154
1982	8.974	17,7		3,10	1.876	159	51	51	299	96	202	202
1983	9.917	17,8		3,10	1.951	176	57	57	344	111	233	233
1984	10.557	17,8		3,10	1.987	188	61	61	373	120	253	253
1985	10.996	17,8		3,10	2.009	196	63	63	393	127	266	266
1986	11.270	17,8		3,10	2.023	201	65	65	406	131	275	275
1987	11.450	17,8		3,10	2.033	204	66	66	415	134	281	281
1988	11.576	17,8		3,10	2.038	207	67	67	421	136	285	285
1989	11.676	17,9		3,10	2.041	208	67	67	425	137	288	288
1990	11.752	17,9		3,10	2.043	210	68	68	429	138	290	290
1991	11.899	17,9		3,10	2.037	213	69	69	433	140	293	293
1992	12.072	17,9		3,10	2.034	216	70	70	439	142	298	298
1993	12.292	17,9		3,10	2.031	220	71	71	447	144	303	303
1994	12.696	17,9		3,11	2.015	228	73	73	459	148	311	311
1995	13.136	18,0		3,11	2.013	236	76	76	476	153	323	323
1996	13.536	18,0		3,12	2.013	244	78	78	491	158	334	334
1997	13.979	18,0		3,13	1.999	252	81	81	504	161	343	343
1998	14.249	18,0		3,14	2.006	256	82	82	514	164	350	350
1999	14.359	18,0		3,15	2.008	258	82	82	518	165	353	353
2000	14.279	17,9		3,17	2.004	256	81	81	513	162	351	351
2001	14.629	17,8		3,19	1.964	260	81	81	511	161	351	351
2002	14.820	17,6		3,23	1.950	261	81	81	508	158	350	350
2003	14.799	17,4		3,26	1.969	258	79	79	508	156	352	352
2004	15.152	17,3		3,30	1.953	261	79	79	510	155	355	355
2005	16.345	16,9		3,35	1.930	276	83	83	534	160	374	374
2006	19.407	16,5		3,41	1.863	320	94	94	596	176	420	420
2007	22.366	16,0		3,45	1.902	358	104	104	682	198	484	484
2008	26.246	15,6		3,50	1.894	410	117	117	777	223	554	554
2009	29.556	15,5		3,53	1.923	459	130	130	882	250	631	631
2010	31.918	15,6		3,56	1.952	498	140	140	973	274	699	699
2011	34.219	15,7		3,58	1.962	537	150	150	1.053	295	759	759
2012	36.716	15,7		3,61	1.970	576	160	160	1.135	315	819	819
2013	39.083	15,7		3,62	1.980	613	169	169	1.213	335	878	878
2014	41.043	15,7		3,64	1.993	643	177	177	1.282	353	929	929
2015	42.959	15,7		3,66	1.994	674	184	184	1.345	368	977	977
2016	44.847	15,7		3,68	1.998	704	191	191	1.406	383	1.023	1.023

A9: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Gesamt), gemäß EU/2013/14

Jahr	el .WP für Heizwecke GESAMT						
	Angaben für Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres						
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
Anzahl	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau							
1978	672	8,7	2,7	20,2	6,1	14,0	12,1
1979	7.320	95,2	29,5	219,5	66,7	152,8	131,7
1980	26.280	387,0	113,6	935,8	272,5	663,2	636,0
1981	15.552	230,9	69,5	547,0	162,3	384,8	353,4
1982	9.996	148,7	45,1	350,4	104,5	245,9	223,0
1983	6.288	93,7	28,5	219,8	65,8	154,0	138,3
1984	4.261	63,9	19,8	147,5	44,8	102,7	88,7
1985	2.928	43,9	13,6	101,4	30,8	70,6	60,9
1986	1.825	29,2	9,1	67,4	20,5	46,9	40,6
1987	1.200	19,2	6,0	44,3	13,5	30,9	26,7
1988	840	13,4	4,2	31,0	9,4	21,6	18,7
1989	661	10,6	3,3	24,4	7,4	17,0	14,7
1990	505	8,1	2,5	18,7	5,7	13,0	11,2
1991	978	15,7	4,9	36,1	11,0	25,2	21,7
1992	1.150	18,4	5,7	42,5	12,9	29,6	25,6
1993	1.461	23,4	7,2	54,0	16,4	37,6	32,5
1994	1.610	26,6	8,5	60,2	18,6	41,5	33,9
1995	2.070	34,2	11,1	75,8	23,9	51,9	40,3
1996	2.645	42,9	13,6	97,0	30,0	67,0	54,8
1997	4.115	62,1	19,3	143,0	43,5	99,5	85,3
1998	5.022	69,4	21,1	162,9	48,7	114,1	102,7
1999	5.427	74,8	22,9	174,6	52,5	122,1	108,4
2000	6.596	91,2	28,4	209,8	63,9	145,9	125,2
2001	9.020	117,1	36,2	271,0	82,1	188,9	164,2
2002	9.680	125,8	38,6	293,0	88,3	204,7	180,6
2003	10.890	141,0	44,5	320,3	98,7	221,6	183,7
2004	13.896	179,6	56,7	408,0	125,7	282,3	234,2
2005	20.336	243,4	77,8	546,5	170,2	376,3	302,4
2006	48.351	579,3	189,2	1.273,4	404,3	869,1	656,4
2007	49.097	547,2	184,8	1.162,5	380,7	781,7	526,5
2008	62.452	698,4	237,9	1.469,6	485,5	984,0	639,3
2009	54.800	615,8	209,4	1.298,5	428,2	870,3	569,9
2010	51.000	652,5	225,8	1.349,9	453,0	896,9	543,4
2011	53.915	660,5	233,4	1.334,1	457,6	876,5	475,1
2012	59.112	720,5	257,0	1.439,6	498,8	940,8	481,6
2013	59.907	667,5	238,7	1.329,5	462,0	867,5	436,5
2014	57.958	625,8	223,7	1.247,1	433,1	814,0	410,7
2015	57.042	596,6	216,4	1.167,8	412,3	755,6	342,9
2016	66.570	665,4	240,9	1.306,0	459,9	846,1	390,5

A10: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Luft), gemäß EU/2013/14

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Luft										
	Angaben für spezifische Daten der WP, Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres										
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/14/EU)
Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau											
1978	134	14	2,50	1710	1,9	0,8	3,2	1,3	1,9	1,9	
1979	1.464	14	2,50	1710	20,5	8,2	35,0	14,0	21,0	21,0	
1980	1.656	16	2,50	1710	26,5	10,6	45,3	18,1	27,2	27,2	
1981	1.910	16	2,50	1710	30,6	12,2	52,3	20,9	31,4	31,4	
1982	1.398	16	2,50	1710	22,4	8,9	38,2	15,3	22,9	22,9	
1983	958	16	2,50	1710	15,3	6,1	26,2	10,5	15,7	15,7	
1984	851	16	2,50	1710	13,6	5,4	23,3	9,3	14,0	14,0	
1985	586	16	2,50	1710	9,4	3,8	16,0	6,4	9,6	9,6	
1986	365	17	2,50	1710	6,2	2,5	10,6	4,2	6,4	6,4	
1987	240	17	2,50	1710	4,1	1,6	7,0	2,8	4,2	4,2	
1988	168	17	2,50	1710	2,9	1,1	4,9	2,0	2,9	2,9	
1989	131	17	2,50	1710	2,2	0,9	3,8	1,5	2,3	2,3	
1990	101	17	2,50	1710	1,7	0,7	2,9	1,2	1,8	1,8	
1991	196	17	2,50	1710	3,3	1,3	5,7	2,3	3,4	3,4	
1992	230	17	2,50	1710	3,9	1,6	6,7	2,7	4,0	4,0	
1993	292	17	2,50	1710	5,0	2,0	8,5	3,4	5,1	5,1	
1994	435	17	2,50	1710	7,4	3,0	12,6	5,1	7,6	7,6	
1995	666	17	2,50	1710	11,3	4,5	19,4	7,7	11,6	11,6	
1996	697	17	2,50	1710	11,8	4,7	20,3	8,1	12,2	12,2	
1997	860	16	2,50	1710	13,8	5,5	23,5	9,4	14,1	14,1	
1998	744	15	2,50	1710	11,2	4,5	19,1	7,6	11,5	11,5	
1999	890	15	2,50	1710	13,4	5,3	22,8	9,1	13,7	13,7	
2000	1.349	15	2,50	1710	20,2	8,1	34,6	13,8	20,8	20,8	
2001	1.718	14	2,50	1710	24,1	9,6	41,1	16,5	24,7	24,7	
2002	1.676	14	2,50	1710	23,5	9,4	40,1	16,0	24,1	24,1	
2003	2.636	14	2,50	1710	36,9	14,8	63,1	25,2	37,9	37,9	
2004	3.347	14	2,50	1710	46,9	18,7	80,1	32,1	48,1	48,1	
2005	5.539	13	2,50	1710	72,0	28,8	123,1	49,3	73,9	73,9	
2006	15.946	13	2,50	1710	207,3	82,9	354,5	141,8	212,7	212,7	
2007	20.728	12	2,50	1710	248,7	99,5	425,3	170,1	255,2	255,2	
2008	28.002	12	2,50	1710	336,0	134,4	574,6	229,8	344,8	344,8	
2009	24.400	12	2,50	1710	292,8	117,1	500,7	200,3	300,4	300,4	
2010	26.500	13	2,50	1710	344,5	137,8	589,1	235,6	353,5	353,5	
2011	32.600	12	2,50	1710	391,2	156,5	669,0	267,6	401,4	401,4	
2012	37.300	12	2,50	1710	447,6	179,0	765,4	306,2	459,2	459,2	
2013	38.902	11	2,50	1710	420,1	168,1	718,4	287,4	431,1	431,1	
2014	39.306	10	2,50	1710	393,1	157,2	672,1	268,9	403,3	403,3	
2015	39.820	10	2,50	1710	402,2	160,9	687,7	275,1	412,6	412,6	
2016	45.781	9,7	2,50	1710	444,1	177,6	759,4	303,7	455,6	455,6	

A11: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Sole), gemäß EU/2013/14

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Geothermie										
	Angaben für spezifische Daten der WP, Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres										
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau											
1978	437	12		3,50	2.470	5,2	1,5	13,0	3,7	9,3	9,3
1979	4.758	12		3,50	2.470	57,1	16,3	141,0	40,3	100,7	100,7
1980	20.682	14		3,50	2.470	289,5	82,7	715,2	204,3	510,8	510,8
1981	11.309	14		3,50	2.470	158,3	45,2	391,1	111,7	279,3	279,3
1982	7.098	14		3,50	2.470	99,4	28,4	245,4	70,1	175,3	175,3
1983	4.387	14		3,50	2.470	61,4	17,5	151,7	43,3	108,4	108,4
1984	2.770	14		3,50	2.470	38,8	11,1	95,8	27,4	68,4	68,4
1985	1.903	14		3,50	2.470	26,6	7,6	65,8	18,8	47,0	47,0
1986	1.186	15		3,50	2.470	17,8	5,1	43,9	12,6	31,4	31,4
1987	780	15		3,50	2.470	11,7	3,3	28,9	8,3	20,6	20,6
1988	546	15		3,50	2.470	8,2	2,3	20,2	5,8	14,4	14,4
1989	430	15		3,50	2.470	6,5	1,8	15,9	4,6	11,4	11,4
1990	328	15		3,50	2.470	4,9	1,4	12,2	3,5	8,7	8,7
1991	635	15		3,50	2.470	9,5	2,7	23,5	6,7	16,8	16,8
1992	747	15		3,50	2.470	11,2	3,2	27,7	7,9	19,8	19,8
1993	949	15		3,50	2.470	14,2	4,1	35,2	10,0	25,1	25,1
1994	771	15		3,50	2.470	11,6	3,3	28,6	8,2	20,4	20,4
1995	959	15		3,50	2.470	14,4	4,1	35,5	10,2	25,4	25,4
1996	1.488	15		3,50	2.470	22,3	6,4	55,1	15,8	39,4	39,4
1997	2.555	14		3,50	2.470	35,8	10,2	88,4	25,2	63,1	63,1
1998	3.629	13		3,50	2.470	47,2	13,5	116,5	33,3	83,2	83,2
1999	3.919	13		3,50	2.470	50,9	14,6	125,8	36,0	89,9	89,9
2000	4.564	13		3,50	2.470	59,3	17,0	146,6	41,9	104,7	104,7
2001	5.940	12		3,50	2.470	71,3	20,4	176,1	50,3	125,8	125,8
2002	6.421	12		3,50	2.470	77,1	22,0	190,3	54,4	135,9	135,9
2003	6.987	12		3,50	2.470	83,8	24,0	207,1	59,2	147,9	147,9
2004	9.006	12		3,50	2.470	108,1	30,9	266,9	76,3	190,7	190,7
2005	12.638	11		3,50	2.470	139,0	39,7	343,4	98,1	245,3	245,3
2006	28.508	11		3,50	2.470	313,6	89,6	774,6	221,3	553,3	553,3
2007	24.684	10		3,50	2.470	246,8	70,5	609,7	174,2	435,5	435,5
2008	29.993	10		3,50	2.470	299,9	85,7	740,8	211,7	529,2	529,2
2009	26.600	10		3,50	2.470	266,0	76,0	657,0	187,7	469,3	469,3
2010	21.700	12		3,50	2.470	260,4	74,4	643,2	183,8	459,4	459,4
2011	18.615	12		3,50	2.470	223,4	63,8	551,7	157,6	394,1	394,1
2012	19.012	12		3,50	2.470	228,1	65,2	563,5	161,0	402,5	402,5
2013	18.369	11,2		3,50	2.470	205,7	58,8	508,2	145,2	363,0	363,0
2014	16.415	12		3,50	2.470	197,0	56,3	486,5	139,0	347,5	347,5
2015	15.001	10,5		3,50	2.470	157,5	45,0	389,1	111,2	277,9	277,9
2016	18.551	10		3,50	2.470	185,5	53,0	458,2	130,9	327,3	327,3

A12: Anlagenabsatz und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Wasser), gemäß EU/2013/14

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Wasser										
	Angaben für spezifische Daten der WP, Leistung und Arbeit für den Bestand des jeweiligen Jahres										
	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt - 31.12.2016	el. Leistung Gesamt - 31.12.2016	th. Arbeit Gesamt - 01.01.2016 bis 31.12.2016	el. Arbeit Gesamt - 01.01.2016 bis 31.12.2016	th. Arbeit regenerativ Gesamt - 01.01.2016 bis 31.12.2016	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/14/EU) - 01.01.2016 bis 31.12.2016
Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh	
Zubau											
1978	101	16		3,50	2470	1,6	0,5	4,0	1,1	2,9	2,9
1979	1.098	16		3,50	2470	17,6	5,0	43,4	12,4	31,0	31,0
1980	3.942	18		3,50	2470	71,0	20,3	175,3	50,1	125,2	125,2
1981	2.333	18		3,50	2470	42,0	12,0	103,7	29,6	74,1	74,1
1982	1.500	18		3,50	2470	27,0	7,7	66,7	19,1	47,6	47,6
1983	943	18		3,50	2470	17,0	4,8	41,9	12,0	29,9	29,9
1984	640	18		3,50	2470	11,5	3,3	28,5	8,1	20,3	20,3
1985	439	18		3,50	2470	7,9	2,3	19,5	5,6	13,9	13,9
1986	274	19		3,50	2470	5,2	1,5	12,9	3,7	9,2	9,2
1987	180	19		3,50	2470	3,4	1,0	8,4	2,4	6,0	6,0
1988	126	19		3,50	2470	2,4	0,7	5,9	1,7	4,2	4,2
1989	100	19		3,50	2470	1,9	0,5	4,7	1,3	3,4	3,4
1990	76	19		3,50	2470	1,4	0,4	3,6	1,0	2,5	2,5
1991	147	19		3,50	2470	2,8	0,8	6,9	2,0	4,9	4,9
1992	173	19		3,50	2470	3,3	0,9	8,1	2,3	5,8	5,8
1993	220	19		3,50	2470	4,2	1,2	10,3	2,9	7,4	7,4
1994	404	19		3,50	2470	7,7	2,2	19,0	5,4	13,5	13,5
1995	445	19		3,50	2470	8,5	2,4	20,9	6,0	14,9	14,9
1996	460	19		3,50	2470	8,7	2,5	21,6	6,2	15,4	15,4
1997	700	18		3,50	2470	12,6	3,6	31,1	8,9	22,2	22,2
1998	649	17		3,50	2470	11,0	3,2	27,3	7,8	19,5	19,5
1999	618	17		3,50	2470	10,5	3,0	25,9	7,4	18,5	18,5
2000	683	17		3,50	2470	11,6	3,3	28,7	8,2	20,5	20,5
2001	1.362	16		3,50	2470	21,8	6,2	53,8	15,4	38,4	38,4
2002	1.583	16		3,50	2470	25,3	7,2	62,6	17,9	44,7	44,7
2003	1.267	16		3,50	2470	20,3	5,8	50,1	14,3	35,8	35,8
2004	1.543	16		3,50	2470	24,7	7,1	61,0	17,4	43,6	43,6
2005	2.159	15		3,50	2470	32,4	9,3	80,0	22,9	57,1	57,1
2006	3.897	15		3,50	2470	58,5	16,7	144,4	41,3	103,1	103,1
2007	3.685	14		3,50	2470	51,6	14,7	127,4	36,4	91,0	91,0
2008	4.457	14		3,50	2470	62,4	17,8	154,1	44,0	110,1	110,1
2009	3.800	15		3,50	2470	57,0	16,3	140,8	40,2	100,6	100,6
2010	2.800	17		3,50	2470	47,6	13,6	117,6	33,6	84,0	84,0
2011	2.700	17		3,50	2470	45,9	13,1	113,4	32,4	81,0	81,0
2012	2.800	16		3,50	2470	44,8	12,8	110,7	31,6	79,0	79,0
2013	2.636	15,8		3,50	2470	41,6	11,9	102,9	29,4	73,5	73,5
2014	2.237	16		3,50	2470	35,8	10,2	88,4	25,3	63,1	63,1
2015	2.221	16,6		3,50	2470	36,9	10,5	91,1	26,0	65,0	65,0
2016	2.238	16		3,50	2470	35,8	10,2	88,4	25,3	63,2	63,2

A13: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Gesamt), gemäß EU/2013/14

Jahr	el .WP für Heizzwecke GESAMT						
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand							
1978	672	9	3	10	3	7	7
1979	7.992	104	32	130	39	90	90
1980	34.272	491	146	707	209	498	498
1981	49.824	722	215	1.449	427	1.022	1.022
1982	59.820	871	260	1.898	560	1.338	1.338
1983	66.108	964	289	2.183	645	1.538	1.538
1984	70.369	1.028	309	2.366	700	1.666	1.666
1985	73.297	1.072	322	2.491	738	1.753	1.753
1986	75.122	1.101	331	2.575	764	1.811	1.811
1987	76.322	1.120	337	2.631	781	1.850	1.850
1988	77.162	1.134	341	2.669	792	1.877	1.877
1989	77.823	1.144	345	2.697	801	1.896	1.896
1990	78.328	1.153	347	2.718	807	1.911	1.911
1991	79.306	1.168	352	2.745	815	1.930	1.930
1992	80.456	1.187	358	2.785	827	1.957	1.957
1993	81.917	1.210	365	2.833	842	1.991	1.991
1994	83.527	1.237	374	2.890	860	2.030	2.030
1995	85.563	1.270	384	2.957	880	2.077	2.077
1996	87.809	1.308	396	3.031	904	2.128	2.128
1997	90.210	1.346	408	3.093	923	2.169	2.169
1998	92.707	1.379	419	3.158	944	2.215	2.215
1999	94.744	1.405	427	3.212	960	2.251	2.251
2000	96.254	1.422	433	3.228	967	2.262	2.262
2001	98.532	1.442	440	3.239	971	2.267	2.267
2002	98.928	1.432	439	3.196	961	2.235	2.235
2003	101.235	1.447	445	3.204	966	2.238	2.238
2004	107.196	1.510	467	3.291	996	2.295	2.295
2005	121.094	1.658	516	3.543	1.077	2.466	2.466
2006	163.880	2.155	680	4.259	1.307	2.953	2.953
2007	208.142	2.630	843	5.308	1.649	3.659	3.659
2008	266.751	3.271	1.063	6.489	2.041	4.447	4.447
2009	318.281	3.838	1.258	7.758	2.464	5.294	5.294
2010	366.362	4.447	1.470	8.979	2.874	6.105	6.105
2011	417.678	5.068	1.692	10.228	3.301	6.927	6.927
2012	474.869	5.758	1.940	11.546	3.758	7.787	7.787
2013	533.106	6.400	2.170	12.870	4.220	8.649	8.649
2014	589.419	7.000	2.386	14.099	4.650	9.449	9.449
2015	644.644	7.568	2.593	15.241	5.053	10.188	10.188
2016	709.154	8.201	2.824	16.405	5.466	10.938	10.938

A14: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Luft), gemäß EU/2013/14

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Luft										
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand											
1978	134	14,0		2,50	855	2	1	2	1	1	1
1979	1.598	14,0		2,50	927	22	9	21	8	12	12
1980	3.254	15,0		2,50	1246	49	20	61	24	37	37
1981	5.164	15,4		2,50	1381	79	32	110	44	66	66
1982	6.562	15,5		2,50	1522	102	41	155	62	93	93
1983	7.520	15,6		2,50	1598	117	47	187	75	112	112
1984	8.371	15,6		2,50	1621	131	52	212	85	127	127
1985	8.957	15,6		2,50	1653	140	56	232	93	139	139
1986	9.322	15,7		2,50	1674	146	59	245	98	147	147
1987	9.562	15,7		2,50	1687	150	60	254	101	152	152
1988	9.730	15,8		2,50	1694	153	61	260	104	156	156
1989	9.861	15,8		2,50	1698	155	62	264	106	158	158
1990	9.962	15,8		2,50	1701	157	63	267	107	160	160
1991	10.158	15,8		2,50	1692	161	64	272	109	163	163
1992	10.388	15,8		2,50	1690	164	66	278	111	167	167
1993	10.680	15,9		2,50	1685	169	68	285	114	171	171
1994	11.115	15,9		2,50	1674	177	71	296	118	178	178
1995	11.774	16,0		2,50	1659	188	75	312	125	187	187
1996	12.391	16,0		2,50	1659	199	80	330	132	198	198
1997	13.089	16,1		2,50	1654	210	84	347	139	208	208
1998	13.568	16,0		2,50	1666	217	87	362	145	217	217
1999	14.050	16,0		2,50	1659	224	90	372	149	223	223
2000	14.847	15,9		2,50	1637	236	94	386	155	232	232
2001	15.742	15,7		2,50	1627	248	99	403	161	242	242
2002	16.476	15,6		2,50	1632	256	103	418	167	251	251
2003	18.086	15,3		2,50	1596	277	111	442	177	265	265
2004	20.476	15,1		2,50	1580	309	123	488	195	293	293
2005	25.148	14,6		2,50	1542	367	147	566	226	340	340
2006	40.311	13,9		2,50	1395	562	225	784	313	470	470
2007	60.372	13,2		2,50	1444	800	320	1.155	462	693	693
2008	87.801	12,8		2,50	1455	1.127	451	1.639	656	984	984
2009	111.712	12,6		2,50	1533	1.412	565	2.164	865	1.298	1.298
2010	137.778	12,7		2,50	1542	1.749	700	2.696	1.079	1.618	1.618
2011	169.995	12,6		2,50	1553	2.134	854	3.315	1.326	1.989	1.989
2012	206.946	12,4		2,50	1561	2.576	1.030	4.022	1.609	2.413	2.413
2013	245.510	12,2		2,50	1590	2.990	1.196	4.754	1.902	2.853	2.853
2014	284.460	11,9		2,50	1610	3.377	1.351	5.439	2.176	3.264	3.264
2015	323.883	11,6		2,50	1619	3.773	1.509	6.108	2.443	3.665	3.665
2016	369.208	11,4		2,50	1620	4.210	1.684	6.819	2.727	4.091	4.091

A15: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Sole), gemäß EU/2013/14

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Geothermie										
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand											
1978	437	12,0		3,50	1.235	5	1	6	2	5	5
1979	5.195	12,0		3,50	1.339	62	18	83	24	60	60
1980	25.877	13,6		3,50	1.454	352	101	512	146	365	365
1981	37.186	13,7		3,50	2.087	510	146	1.065	304	760	760
1982	44.284	13,8		3,50	2.269	610	174	1.383	395	988	988
1983	48.671	13,8		3,50	2.357	671	192	1.582	452	1.130	1.130
1984	51.441	13,8		3,50	2.403	710	203	1.705	487	1.218	1.218
1985	53.344	13,8		3,50	2.425	736	210	1.786	510	1.276	1.276
1986	54.530	13,8		3,50	2.441	754	215	1.841	526	1.315	1.315
1987	55.310	13,8		3,50	2.451	766	219	1.877	536	1.341	1.341
1988	55.856	13,9		3,50	2.457	774	221	1.902	543	1.359	1.359
1989	56.286	13,9		3,50	2.460	781	223	1.920	549	1.371	1.371
1990	56.614	13,9		3,50	2.462	785	224	1.934	553	1.381	1.381
1991	57.249	13,9		3,50	2.455	795	227	1.952	558	1.394	1.394
1992	57.996	13,9		3,50	2.453	806	230	1.977	565	1.412	1.412
1993	58.945	13,9		3,50	2.449	820	234	2.009	574	1.435	1.435
1994	59.716	13,9		3,50	2.453	832	238	2.041	583	1.458	1.458
1995	60.653	14,0		3,50	2.449	846	242	2.072	592	1.480	1.480
1996	61.881	14,0		3,50	2.438	865	247	2.110	603	1.507	1.507
1997	63.143	14,0		3,50	2.420	884	252	2.138	611	1.527	1.527
1998	64.890	13,9		3,50	2.406	905	259	2.177	622	1.555	1.555
1999	66.335	13,9		3,50	2.402	922	264	2.215	633	1.582	1.582
2000	67.128	13,9		3,50	2.391	930	266	2.224	635	1.588	1.588
2001	68.161	13,7		3,50	2.376	934	267	2.220	634	1.586	1.586
2002	67.633	13,5		3,50	2.366	915	262	2.166	619	1.547	1.547
2003	68.351	13,3		3,50	2.356	912	261	2.150	614	1.536	1.536
2004	71.569	13,1		3,50	2.328	940	269	2.188	625	1.563	1.563
2005	79.602	12,7		3,50	2.301	1.015	290	2.335	667	1.668	1.668
2006	104.162	12,2		3,50	2.166	1.273	364	2.758	788	1.970	1.970
2007	125.404	11,7		3,50	2.263	1.472	421	3.331	952	2.379	2.379
2008	152.704	11,4		3,50	2.256	1.734	495	3.913	1.118	2.795	2.795
2009	177.013	11,1		3,50	2.303	1.968	562	4.532	1.295	3.237	3.237
2010	196.666	11,2		3,50	2.324	2.199	628	5.111	1.460	3.650	3.650
2011	213.463	11,2		3,50	2.355	2.397	685	5.644	1.613	4.031	4.031
2012	231.207	11,3		3,50	2.362	2.607	745	6.156	1.759	4.397	4.397
2013	248.513	11,3		3,50	2.379	2.797	799	6.654	1.901	4.753	4.753
2014	263.916	11,3		3,50	2.388	2.979	851	7.115	2.033	5.082	5.082
2015	277.802	11,2		3,50	2.408	3.120	892	7.512	2.146	5.366	5.366
2016	295.099	11,1		3,50	2.400	3.288	939	7.892	2.255	5.637	5.637

A16: Feldbestand und Energiemengen für Heizungswärmepumpen (Wasser), gemäß EU/2013/14

Jahr	el. WP für Heizzwecke - Wasser										
	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche thermische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand											
1978	101	16,0		3,50	1.235	2	0	2	1	1	1
1979	1.199	16,0		3,50	1.339	19	5	26	7	18	18
1980	5.141	17,5		3,50	1.498	90	26	135	39	96	96
1981	7.474	17,7		3,50	2.078	132	38	275	78	196	196
1982	8.974	17,7		3,50	2.260	159	45	360	103	257	257
1983	9.917	17,8		3,50	2.351	176	50	414	118	296	296
1984	10.557	17,8		3,50	2.394	188	54	449	128	321	321
1985	10.996	17,8		3,50	2.420	196	56	473	135	338	338
1986	11.270	17,8		3,50	2.438	201	57	489	140	350	350
1987	11.450	17,8		3,50	2.449	204	58	500	143	357	357
1988	11.576	17,8		3,50	2.456	207	59	507	145	362	362
1989	11.676	17,9		3,50	2.459	208	60	513	146	366	366
1990	11.752	17,9		3,50	2.462	210	60	517	148	369	369
1991	11.899	17,9		3,50	2.454	213	61	522	149	373	373
1992	12.072	17,9		3,50	2.451	216	62	529	151	378	378
1993	12.292	17,9		3,50	2.447	220	63	539	154	385	385
1994	12.696	17,9		3,50	2.428	228	65	553	158	395	395
1995	13.136	18,0		3,50	2.426	236	67	573	164	409	409
1996	13.536	18,0		3,50	2.426	244	70	592	169	423	423
1997	13.979	18,0		3,50	2.408	252	72	607	173	434	434
1998	14.249	18,0		3,50	2.417	256	73	620	177	443	443
1999	14.359	18,0		3,50	2.420	258	74	624	178	446	446
2000	14.279	17,9		3,50	2.414	256	73	618	177	442	442
2001	14.629	17,8		3,50	2.367	260	74	616	176	440	440
2002	14.820	17,6		3,50	2.350	261	74	613	175	438	438
2003	14.799	17,4		3,50	2.373	258	74	612	175	437	437
2004	15.152	17,3		3,50	2.353	261	75	615	176	439	439
2005	16.345	16,9		3,50	2.325	276	79	643	184	459	459
2006	19.407	16,5		3,50	2.244	320	91	718	205	513	513
2007	22.366	16,0		3,50	2.292	358	102	822	235	587	587
2008	26.246	15,6		3,50	2.282	410	117	937	268	669	669
2009	29.556	15,5		3,50	2.316	459	131	1.062	304	759	759
2010	31.918	15,6		3,50	2.352	498	142	1.172	335	837	837
2011	34.219	15,7		3,50	2.364	537	153	1.269	363	907	907
2012	36.716	15,7		3,50	2.374	576	165	1.367	391	977	977
2013	39.083	15,7		3,50	2.386	613	175	1.462	418	1.044	1.044
2014	41.043	15,7		3,50	2.401	643	184	1.545	441	1.103	1.103
2015	42.959	15,7		3,50	2.402	674	193	1.620	463	1.157	1.157
2016	44.847	15,7		3,50	2.407	704	201	1.694	484	1.210	1.210

A17: Anlagenabsatz und Energiemengen für Brauchwasserwärmepumpen, eigene Berechnung

Jahr	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche Jahresarbeitszahl - JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
Zubau											
1980	21.382	2	2,10	2,10	600	42,8	20,4	25,7	12,2	13,4	0,0
1981	41.393	2	2,13	2,13	600	82,8	38,8	49,7	23,3	26,4	0,0
1982	31.068	2	2,17	2,17	600	62,1	28,7	37,3	17,2	20,1	0,0
1983	34.631	2	2,20	2,20	600	69,3	31,5	41,6	18,9	22,7	0,0
1984	30.936	2	2,23	2,23	600	61,9	27,7	37,1	16,6	20,5	0,0
1985	30.659	2	2,27	2,27	600	61,3	27,1	36,8	16,2	20,6	0,0
1986	27.452	2	2,30	2,30	600	54,9	23,9	32,9	14,3	18,6	0,0
1987	19.994	2	2,33	2,33	600	40,0	17,1	24,0	10,3	13,7	0,0
1988	12.145	2	2,37	2,37	600	24,3	10,3	14,6	6,2	8,4	0,0
1989	9.336	2	2,40	2,40	600	18,7	7,8	11,2	4,7	6,5	0,0
1990	8.737	2	2,43	2,43	600	17,5	7,2	10,5	4,3	6,2	0,0
1991	12.453	2	2,47	2,47	600	24,9	10,1	14,9	6,1	8,9	0,0
1992	7.186	2	2,50	2,50	600	14,4	5,7	8,6	3,4	5,2	0,0
1993	5.376	2	2,53	2,53	600	10,8	4,2	6,5	2,5	3,9	3,9
1994	4.570	2	2,57	2,57	600	9,1	3,6	5,5	2,1	3,3	3,3
1995	3.173	2	2,60	2,60	600	6,3	2,4	3,8	1,5	2,3	2,3
1996	3.053	2	2,63	2,63	600	6,1	2,3	3,7	1,4	2,3	2,3
1997	3.529	2	2,67	2,67	600	7,1	2,6	4,2	1,6	2,6	2,6
1998	3.157	2	2,70	2,70	600	6,3	2,3	3,8	1,4	2,4	2,4
1999	3.264	2	2,73	2,73	600	6,5	2,4	3,9	1,4	2,5	2,5
2000	4.329	2	2,77	2,77	600	8,7	3,1	5,2	1,9	3,3	3,3
2001	5.749	2	2,80	2,80	600	11,5	4,1	6,9	2,5	4,4	4,4
2002	4.080	2	2,83	2,83	600	8,2	2,9	4,9	1,7	3,2	3,2
2003	4.422	2	2,87	2,87	600	8,8	3,1	5,3	1,9	3,5	3,5
2004	4.443	2	2,90	2,90	600	8,9	3,1	5,3	1,8	3,5	3,5
2005	5.018	2	2,93	2,93	600	10,0	3,4	6,0	2,1	4,0	4,0
2006	8.418	2	2,97	2,97	600	16,8	5,7	10,1	3,4	6,7	6,7
2007	7.741	2	3,00	3,00	600	15,5	5,2	9,3	3,1	6,2	6,2
2008	14.591	2	3,03	3,03	600	29,2	9,6	17,5	5,8	11,7	11,7
2009	11.500	2	3,07	3,07	600	23,0	7,5	13,8	4,5	9,3	9,3
2010	8.400	2	3,10	3,10	600	16,8	5,4	10,1	3,3	6,8	6,8
2011	8.900	2	3,13	3,13	600	17,8	5,7	10,7	3,4	7,3	7,3
2012	10.700	2	3,17	3,17	600	21,4	6,8	12,8	4,1	8,8	8,8
2013	12.100	2	3,20	3,20	600	24,2	7,6	14,5	4,5	10,0	10,0
2014	13.400	2	3,23	3,23	600	26,8	8,3	16,1	5,0	11,1	11,1
2015	12.570	2	3,27	3,27	600	25,1	7,7	15,1	4,6	10,5	10,5
2016	12.469	2	3,30	3,30	600	24,9	7,6	15,0	4,5	10,4	10,4

A18: Feldbestand und Energiemengen für Brauchwasserwärmepumpen, eigene Berechnung

Jahr	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche Jahresarbeitszahl - JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand											
1980	21.382	2		2,10	300	43	20	13	6	7	0
1981	62.775	2		2,12	402	126	59	50	24	27	0
1982	93.844	2		2,14	501	188	88	94	44	50	0
1983	128.474	2		2,15	519	257	119	133	62	71	0
1984	159.411	2		2,17	542	319	147	173	80	93	0
1985	190.069	2		2,18	552	380	174	210	96	113	0
1986	217.521	2		2,20	562	435	198	245	112	133	0
1987	237.515	2		2,21	575	475	215	273	124	149	0
1988	249.660	2		2,22	585	499	225	292	132	160	0
1989	258.996	2		2,22	589	518	233	305	138	168	0
1990	267.734	2		2,23	590	535	240	316	142	174	0
1991	280.186	2		2,24	587	560	250	329	147	182	0
1992	287.372	2		2,24	592	575	256	341	152	189	3
1993	292.748	2		2,25	594	585	260	348	155	193	7
1994	297.318	2		2,25	595	595	264	354	157	197	11
1995	300.491	2		2,26	597	601	266	359	159	200	14
1996	303.544	2		2,26	597	607	269	362	161	202	16
1997	306.003	2		2,26	597	612	270	365	161	204	18
1998	306.021	2		2,27	597	612	270	365	161	204	21
1999	304.594	2		2,28	597	609	268	364	160	204	23
2000	301.429	2		2,28	596	603	264	359	157	202	26
2001	296.069	2		2,30	594	592	258	352	153	198	30
2002	283.815	2		2,31	596	568	245	338	146	192	34
2003	266.797	2		2,33	595	534	229	318	136	181	37
2004	248.287	2		2,36	595	497	211	295	126	170	41
2005	228.925	2		2,38	593	458	192	272	114	157	44
2006	213.563	2		2,42	588	427	176	251	104	147	50
2007	197.668	2		2,46	588	395	161	233	95	138	56
2008	189.979	2		2,53	577	380	150	219	87	132	65
2009	181.701	2		2,58	581	363	141	211	82	129	75
2010	172.712	2		2,64	585	345	131	202	77	125	83
2011	165.891	2		2,70	584	332	123	194	72	122	89
2012	162.720	2		2,76	580	325	118	189	69	120	96
2013	162.564	2		2,83	578	325	115	188	67	121	105
2014	165.760	2		2,89	576	332	115	191	66	125	113
2015	169.793	2		2,94	578	340	115	196	67	129	122
2016	175.189	2		2,99	579	350	117	203	68	135	130

A19: Anlagenabsatz und Energiemengen für Brauchwasserwärmepumpen, gemäß EU/2013/14

Jahr	Anlagenabsatz im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche Jahresarbeitszahl - JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
Zubau											
1980	21.382	2		2,50	600	42,8	17,1	25,7	10,3	15,4	15,4
1981	41.393	2		2,50	600	82,8	33,1	49,7	19,9	29,8	29,8
1982	31.068	2		2,50	600	62,1	24,9	37,3	14,9	22,4	22,4
1983	34.631	2		2,50	600	69,3	27,7	41,6	16,6	24,9	24,9
1984	30.936	2		2,50	600	61,9	24,7	37,1	14,8	22,3	22,3
1985	30.659	2		2,50	600	61,3	24,5	36,8	14,7	22,1	22,1
1986	27.452	2		2,50	600	54,9	22,0	32,9	13,2	19,8	19,8
1987	19.994	2		2,50	600	40,0	16,0	24,0	9,6	14,4	14,4
1988	12.145	2		2,50	600	24,3	9,7	14,6	5,8	8,7	8,7
1989	9.336	2		2,50	600	18,7	7,5	11,2	4,5	6,7	6,7
1990	8.737	2		2,50	600	17,5	7,0	10,5	4,2	6,3	6,3
1991	12.453	2		2,50	600	24,9	10,0	14,9	6,0	9,0	9,0
1992	7.186	2		2,50	600	14,4	5,7	8,6	3,4	5,2	5,2
1993	5.376	2		2,50	600	10,8	4,3	6,5	2,6	3,9	3,9
1994	4.570	2		2,50	600	9,1	3,7	5,5	2,2	3,3	3,3
1995	3.173	2		2,50	600	6,3	2,5	3,8	1,5	2,3	2,3
1996	3.053	2		2,50	600	6,1	2,4	3,7	1,5	2,2	2,2
1997	3.529	2		2,50	600	7,1	2,8	4,2	1,7	2,5	2,5
1998	3.157	2		2,50	600	6,3	2,5	3,8	1,5	2,3	2,3
1999	3.264	2		2,50	600	6,5	2,6	3,9	1,6	2,4	2,4
2000	4.329	2		2,50	600	8,7	3,5	5,2	2,1	3,1	3,1
2001	5.749	2		2,50	600	11,5	4,6	6,9	2,8	4,1	4,1
2002	4.080	2		2,50	600	8,2	3,3	4,9	2,0	2,9	2,9
2003	4.422	2		2,50	600	8,8	3,5	5,3	2,1	3,2	3,2
2004	4.443	2		2,50	600	8,9	3,6	5,3	2,1	3,2	3,2
2005	5.018	2		2,50	600	10,0	4,0	6,0	2,4	3,6	3,6
2006	8.418	2		2,50	600	16,8	6,7	10,1	4,0	6,1	6,1
2007	7.741	2		2,50	600	15,5	6,2	9,3	3,7	5,6	5,6
2008	14.591	2		2,50	600	29,2	11,7	17,5	7,0	10,5	10,5
2009	11.500	2		2,50	600	23,0	9,2	13,8	5,5	8,3	8,3
2010	8.400	2		2,50	600	16,8	6,7	10,1	4,0	6,0	6,0
2011	8.900	2		2,50	600	17,8	7,1	10,7	4,3	6,4	6,4
2012	10.700	2		2,50	600	21,4	8,6	12,8	5,1	7,7	7,7
2013	12.100	2		2,50	600	24,2	9,7	14,5	5,8	8,7	8,7
2014	13.400	2		2,50	600	26,8	10,7	16,1	6,4	9,6	9,6
2015	12.570	2		2,50	600	25,1	10,1	15,1	6,0	9,1	9,1
2016	12.469	2		2,50	600	24,9	10,0	15,0	6,0	9,0	9,0

A20: Feldbestand und Energiemengen für Brauchwasserwärmepumpen, gemäß EU/2013/14

Jahr	Anlagenbestand im jeweiligen Jahr	durchschnittliche themische Leistung	durchschnittliche Leistungszahl - COP	durchschnittliche Jahresarbeitszahl - JAZ	durchschnittliche Vollbenutzungsstunden (Achtung: nur Rechengröße)	th. Leistung Gesamt	el. Leistung Gesamt	th. Arbeit Gesamt	el. Arbeit Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt	th. Arbeit regenerativ Gesamt bei JAZ größer 2,5 (2013/114/EU)
	Anzahl	kW	[-]	[-]	h	MW	MW	GWh	GWh	GWh	GWh
kum. Bestand											
1980	21.382	2		2,50	300	43	17	13	5	8	8
1981	62.775	2		2,50	402	126	50	50	20	30	30
1982	93.844	2		2,50	501	188	75	94	38	56	56
1983	128.474	2		2,50	519	257	103	133	53	80	80
1984	159.411	2		2,50	542	319	128	173	69	104	104
1985	190.069	2		2,50	552	380	152	210	84	126	126
1986	217.521	2		2,50	562	435	174	245	98	147	147
1987	237.515	2		2,50	575	475	190	273	109	164	164
1988	249.660	2		2,50	585	499	200	292	117	175	175
1989	258.996	2		2,50	589	518	207	305	122	183	183
1990	267.734	2		2,50	590	535	214	316	126	190	190
1991	280.186	2		2,50	587	560	224	329	132	197	197
1992	287.372	2		2,50	592	575	230	341	136	204	204
1993	292.748	2		2,50	594	585	234	348	139	209	209
1994	297.318	2		2,50	595	595	238	354	142	212	212
1995	300.491	2		2,50	597	601	240	359	143	215	215
1996	303.544	2		2,50	597	607	243	362	145	217	217
1997	306.003	2		2,50	597	612	245	365	146	219	219
1998	306.021	2		2,50	597	612	245	365	146	219	219
1999	304.594	2		2,50	597	609	244	364	145	218	218
2000	301.429	2		2,50	596	603	241	359	144	215	215
2001	296.069	2		2,50	594	592	237	352	141	211	211
2002	283.815	2		2,50	596	568	227	338	135	203	203
2003	266.797	2		2,50	595	534	213	318	127	191	191
2004	248.287	2		2,50	595	497	199	295	118	177	177
2005	228.925	2		2,50	593	458	183	272	109	163	163
2006	213.563	2		2,50	588	427	171	251	100	151	151
2007	197.668	2		2,50	588	395	158	233	93	140	140
2008	189.979	2		2,50	577	380	152	219	88	132	132
2009	181.701	2		2,50	581	363	145	211	84	127	127
2010	172.712	2		2,50	585	345	138	202	81	121	121
2011	165.891	2		2,50	584	332	133	194	77	116	116
2012	162.720	2		2,50	580	325	130	189	76	113	113
2013	162.564	2		2,50	578	325	130	188	75	113	113
2014	165.760	2		2,50	576	332	133	191	76	115	115
2015	169.793	2		2,50	578	340	136	196	78	118	118
2016	175.189	2		2,50	579	350	140	203	81	122	122

