



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Qualitätsüberwachung von Kleinwärmepumpen und statistische Auswertung 2016

Jahresbericht

Ausgearbeitet durch:

Mick Eschmann, Interstaatliche Hochschule für Technik NTB
Werdenbergstrasse 4, CH – 9471 Buchs SG
michael.eschmann@ntb.ch, www.ntb.ch

Impressum

Datum: 13.12.2016

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Bereich Umgebungswärme

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

Fachspezialistin Erneuerbare Energien : Rita Kobler Rita.Kobler@bfe.admin.ch

Projektnummer: SI/401321-01

Bezugsort: www.bfe.admin.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Projektziele	5
1 Wärmepumpentypen	6
1.1 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe	6
1.2 Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen	8
1.3 Verwendete Expansionsventile bei Luft/Wasser-Wärmepumpen	11
1.4 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe.....	13
1.5 Verwendete Expansionsventile bei Sole/Wasser-Wärmepumpen.....	14
1.6 Schlussfolgerung	16
2 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen	16
2.1 Schlussfolgerung	18
3 Vergleich mit der europäischen Energieetikette	19
3.1 Erläuterung der Messung	19
3.2 Ergebnisse	21
4 Referenzen	22

Zusammenfassung

Seit 2005 wurden insgesamt 128 Luft/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt A2/W35 (Aussentemperatur 2°C und Vorlauftemperatur 35°C) und 188 Sole/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt B0/W35 (Quellentemperatur 0°C und Vorlauftemperatur 35°C) beim akkreditierten Wärmepumpen-Testzentrum WPZ in Buchs SG geprüft. Dabei wurden bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen zwischen drei unterschiedlichen Bauarten (Split-Anlage, Aussenaufstellung und Innenaufstellung) unterschieden. In diesem Zeitraum wurden 65 Split-Anlagen, 26 Aussenaufstellungen und 37 Innenaufstellungen am WPZ geprüft.

Im Berichtsjahr 2016 wurden insgesamt 26 Luft/Wasser-Wärmepumpen gemessen, jedoch nur 8 bei A2/W35 (Split = 8 Messungen, Aussen = 0 Messungen, Innen = 0 Messungen). Bei den restlichen 18 Luft/Wasser-Wärmepumpen handelt es sich um Messungen nach EN 14825 bzw. ErP-Directive oder für NF PAC (Französische Zertifizierung). Demgegenüber standen 12 Sole/Wasser- und 11 Wasser/Wasser-Wärmepumpen-Prüfungen. Insgesamt wurden 7 Wärmepumpen am Normpunkt B0/W35 gemessen. Die Daten der Wasser/Wasser-Wärmepumpe werden in dieser Statistik nicht aufgenommen, da diese nur eine kleine Rolle auf dem Schweizer Markt spielen. Insgesamt wurden 73 Wasser/Wasser-Wärmepumpen seit 2005 in Buchs beim Betriebspunkt W10/W35 gemessen.

Bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen ist seit den letzten fünf Jahren im Mittel keine Effizienzsteigerung mehr zu beobachten. Zwischen 2005 und 2012 stieg jedoch die Effizienz beim Normpunkt jährlich durchschnittlich um 1.8%. Dies ist u.a. auf die längeren Heizzyklen zwischen zwei Abtauungen zurückzuführen (nicht alle Wärmepumpen werden mit einem Abtauzyklus ausgewertet). Seit den letzten vier Jahren ist jedoch die durchschnittliche Effizienz wieder etwas zurückgegangen. Der durchschnittliche COP der am WPZ gemessenen Luft/Wasser-Wärmepumpen lag im Berichtsjahr bei 3.42.

Seit der Erhöhung der Mindest-COP-Anforderung für das FWS-Gütesiegel von 4.00 auf 4.30 bei Sole/Wasser-Wärmepumpen im Jahre 2011 konnte bei den gemessenen Geräten eine Effizienzsteigerung festgestellt werden. So stieg der durchschnittliche COP durch diese erhöhte Anforderung von 4.25 auf 4.40. Seit 2011 liegt der jährliche COP-Durchschnitt oberhalb dieser Grenze von 4.30. Im 2016 wurde am WPZ ein mittlerer COP von 4.47 gemessen.

Ein eindeutiger Trend ist bestimmt bei den eingesetzten Expansionsventilen ersichtlich. Hier wurden in den letzten Jahren vermehrt elektronische Expansionsventile verbaut. Im Berichtsjahr wurden sowohl bei Luft/Wasser-Wärmepumpen als auch Sole/Wasser-Wärmepumpen nur noch elektronische Expansionsventile eingesetzt.

Die Brauchwarmwasser-Wärmepumpe, auch Wärmepumpen-Boiler genannt, werden seit Januar 2012 nach der neuen Norm EN 16147 bzw. ErP-Directive geprüft. Als Folge dieser europäischen Directive werden seit Anfang 2015 die Messungen für den Schweizer Markt bei 20°C oder wie bisher bei 15°C durchgeführt. Dadurch liegen die Ergebnisse rund 10% höher als früher. Die durchschnittlichen COP-Werte lagen im Berichtsjahr bei 3.51 (20°C) bzw. 2.84 (15°C). Insgesamt wurden im 2016 12 Wärmepumpen an einem dieser beiden Prüfbedingung gemessen. Ausserdem wurden auch 13 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen für die ErP-Directive bei 7°C gemessen.

Nach der ErP-Richtlinie wurden bereits 11 Luft/Wasser-Wärmepumpen gemessen. Alle dieser Wärmepumpen erreichten mindestens eine A+. Drei von diesen hatte sogar eine A+++ erreicht.

Projektziele

Es sollen, anhand der Erfahrung von verschiedenen Wärmepumpenmessungen am Wärmepumpen-Testzentrum WPZ, folgende drei Punkte in diesem Zwischenbericht angesprochen werden:

1. Welche Wärmepumpentypen wurden hauptsächlich in den letzten Jahren geprüft und wohin geht der Trend
2. Energieetikette für die Heizungswärmepumpe

1 Wärmepumpentypen

In diesem Kapitel werden alle Effizienz-Messungen, die nach der Prüfnorm EN 14511 [1][2] durchgeführt wurden, berücksichtigt. Zur Auswertung der Leistungszahlen (COP) werden die Ergebnisse verwendet, die bei den Prüfnormpunkten A2 / W35 (Luft/Wasser-Wärmepumpen) resp. B0 / W35 (Sole/Wasser-Wärmepumpen) durchgeführt wurden. Bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen werden zwischen drei Bauarten unterschieden:

- Innenaufgestellte Wärmepumpe (ganze Wärmepumpe wird im Haus, z.B. im Keller installiert)
- Aussenaufgestellte Wärmepumpe (ganze Wärmepumpe wird ausserhalb des Hauses installiert)
- Split-Wärmepumpe (ein Teil der Wärmepumpe wird im Haus und der andere Teil wird ausserhalb des Hauses installiert)

Bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wurden nur die innenaufgestellte Variante für Erdsonde oder Erdregister geprüft.

Aus den Auswertungen soll ersichtlich werden, wie sich die verschiedenen Wärmepumpentypen in den letzten Jahren entwickelt und verhalten haben und wohin der Trend (sofern einer ersichtlich ist) in Zukunft führen kann.

1.1 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe

Die Energieeffizienz der Luft/Wasser-Wärmepumpe hat sich beim Normpunkt A2 / W35 (mit einer Temperaturdifferenz von 10 K und etwa 4.3 K) stetig verbessert. In der Abb. 1.1 ist die Entwicklung des COPs ersichtlich. Seit 2013 werden keine Messungen mit $dT = 10K$ (Messung nach EN 255) durchgeführt.

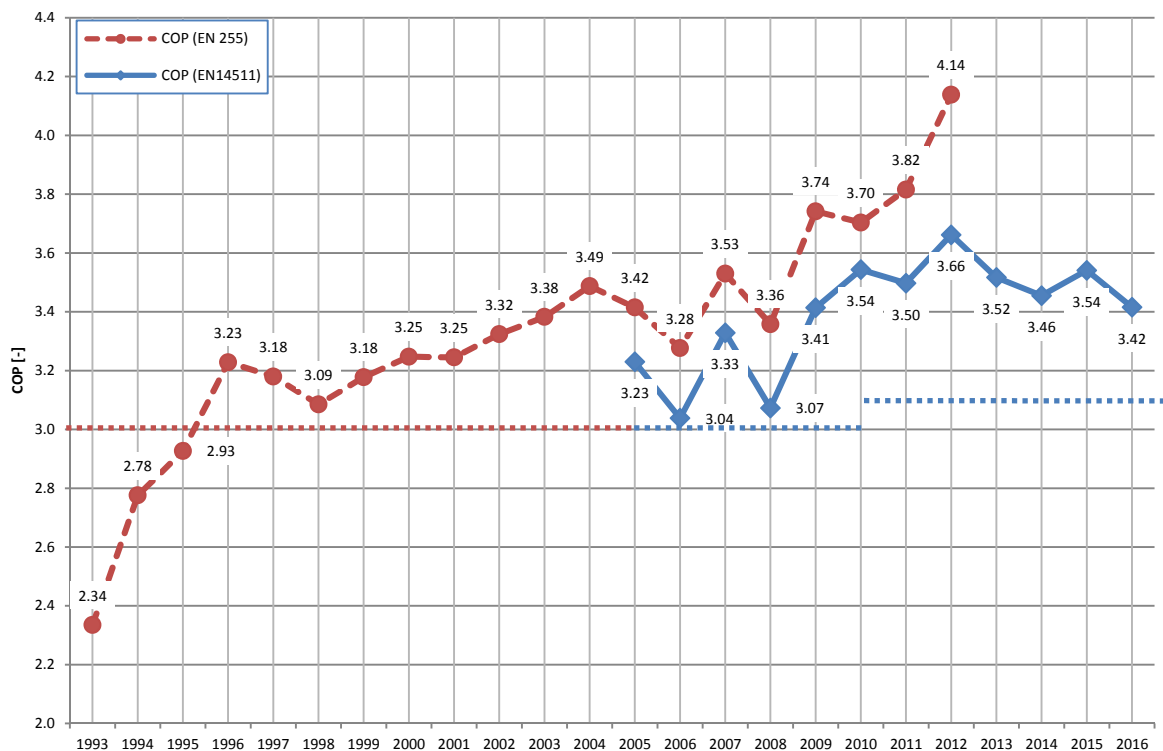


Abb. 1.1: COP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Der COP-Mittelwert der gemessenen Wärmepumpen liegt im Berichtsjahr bei 3.42 (nach der aktuellen Norm EN 14511). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Effizienz-Steigerung von 0.5% zwischen 2005 und 2015. Seit 2009 stagnieren die jährlichen gemessenen Mittelwerte jedoch.

Auffallend ist, dass vermehrt Messungen bei A2 / W35 ohne Abtauung ausgewertet werden können. Die Abb. 1.2 zeigt den grossen Unterschied zwischen Auswertungen mit und ohne Abtauung. Bei den Messungen ohne Abtauungen liegt der jahresdurchschnittliche COP seit 2009 zwischen 3.9 und 4.2. Demgegenüber stehen ausgewertete durchschnittliche COPs zwischen 3.1 und 3.5 mit mindestens einer Abtauung integriert. Dies entspricht einem Unterschied von rund 20%.

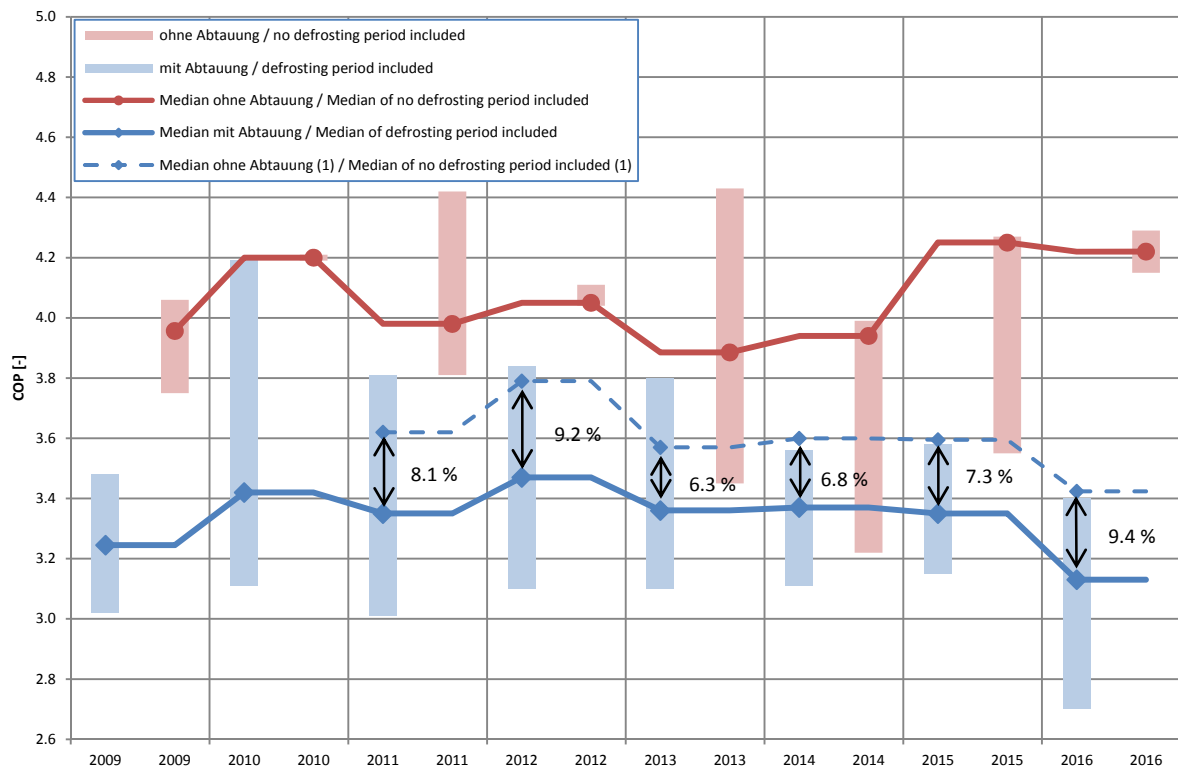


Abb. 1.2: COP-Vergleich zwischen Wärmepumpen mit und ohne Abtauung

Aber wie würde die Effizienz der Wärmepumpen aussehen, wenn bei allen Luft/Wasser-Wärmepumpen keine Abtauung berücksichtigt würde? Die Wärmepumpen, bei denen die Abtauung nach Norm berücksichtigt werden müssen, würden im Schnitt um einen etwa 6 bis 9% höheren COP an diesem Arbeitspunkt aufweisen. Mit anderen Worten die Abtauung schmälert die Effizienz der Wärmepumpe im Schnitt um beinahe 8% bei A2 / W35. Oder, für die Enteisung des Verdampfers werden rund 8% der zuvor zugeführten Wärmeenergie zurück gefordert.

Da stellt sich nun die Frage, weshalb nicht bei allen Wärmepumpen die Abtauung mit ausgewertet wird. Die Abtauung wurde bis September 2012 nur dann berücksichtigt, wenn der Heizzyklus zwischen zwei Abtauungen kürzer als 4 Stunden war. Seit September 2012 wird exakt nach der EN 14511 ausgewertet. Dabei wird die Spreizung zwischen Vorlauf- und Rücklauf-temperatur überwacht. Bleibt diese Spreizung über 140 min konstant (max. 2.5%-Abweichung), wird keine Abtauung für die Auswertung berücksichtigt. Dadurch ist es für viele Produkte möglich einen COP ohne Berücksichtigung einer Abtauung anzugeben. Die Streuung der einzelnen Messergebnisse ist jedoch gross, so liegen die Leistungszahlen im Berichtsjahr mit Abtauung zwischen 2.70 und 3.40. Dieselben Wärmepumpen würden einen COP von 2.99 bis 3.58 aufweisen, falls keine Abtauung berücksichtigt würde. Dies wird sich ebenfalls auf den SCOP nach EN 14825 (Prüfnorm basierend auf der EN 14511 und ab 01.01.2015

für Gütesiegmessungen) auswirken, da der Betriebspunkt bei Aussentemperatur von 2°C stark ins Gewicht für die Berechnung der Jahresarbeitszahl (SCOP) fällt. Für die Berechnung der Jahresarbeitszahl ist jedoch nicht der Prüfpunkt A2/W35 massgebend, sondern der Prüfpunkt A2/W30. So werden in Zukunft immer weniger Wärmepumpen bei diesem Prüfpunkt A2/W35 gemessen. Auch das Gütesiegel wird in naher Zukunft nur noch den SCOP bewerten und nicht den COP bei A2/W35.

1.2 Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen

Die Verteilung von Prüfungen in Split-, aussenaufgestellten und innenaufgestellten Wärmepumpen ist sehr unterschiedlich verteilt. Seit 2005 wurden insgesamt 65 Splitanlagen, 26 aussenaufgestellte und 37 innenaufgestellte Wärmepumpen beim genannten Normpunkt geprüft. In den letzten 4 Jahren wurden hauptsächlich Split-Wärmepumpen geprüft.

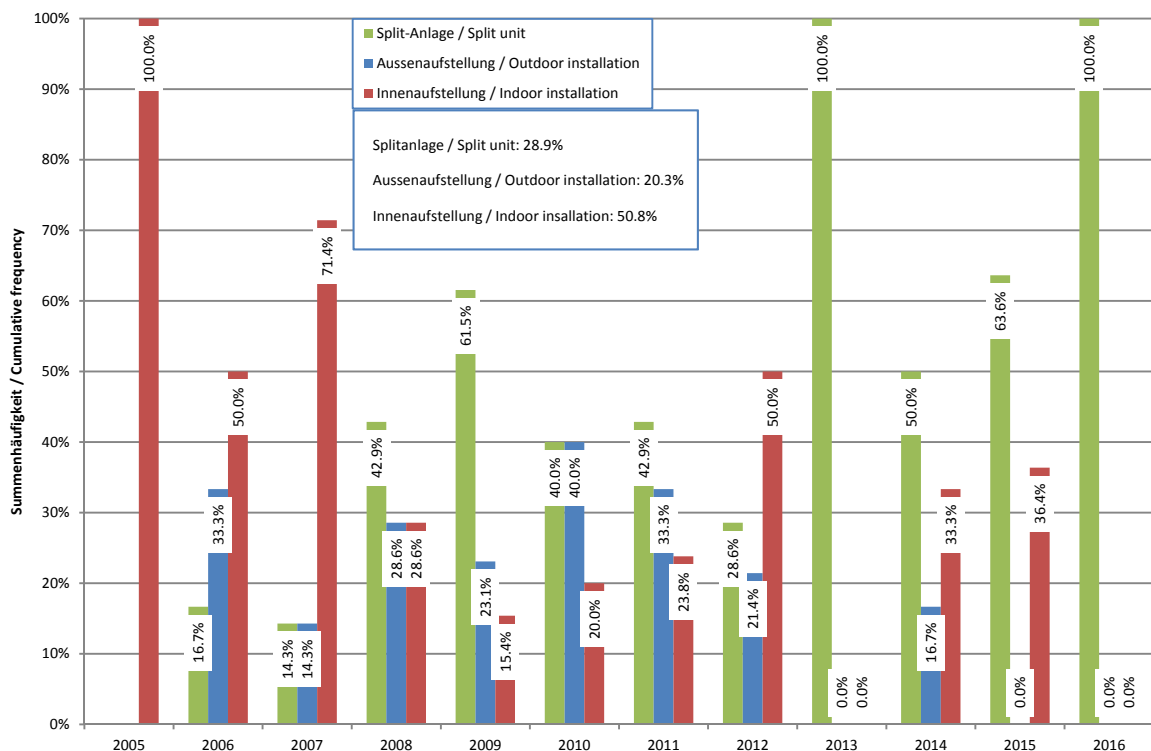


Abb. 1.3: Wärmepumpentypen auf dem WPZ-Prüfstand seit 2005

Ein eindeutiger Trend zu welchen Wärmepumpentypen es zukünftig führt, ist zurzeit sicher bei der Split-Variante auszumachen. Seit 2008 (ausgenommen 2012) wurden vor allem die Splitanlagen geprüft. Im Berichtsjahr wurden sogar nur Split-Wärmepumpen gemessen. Die aussenaufgestellte Wärmepumpe, die vielfach auch als innenaufgestellte Variante genutzt werden kann, wird bei uns am Prüfstand am wenigsten gemessen. Die innenaufgestellten Wärmepumpen könnten zwar in naher Zukunft im Markt einen höheren Stellenwert erhalten, da die Sensibilität auf Schall nicht nur in der Schweiz an Bedeutung gewinnt, sondern auch allmählich in der EU steigt.

Allgemein kann angenommen werden, dass Split-Wärmepumpen im Neubau und Sanierungsbereich angewendet werden und die innenaufgestellten Wärmepumpen vor allem im Neubau. Je nach Bereich entwickelt sich daher einen Trend, der unabhängig voneinander ist. In den folgenden drei Diagrammen werden die Vor- und Nachteile der drei Bauarten erläutert.

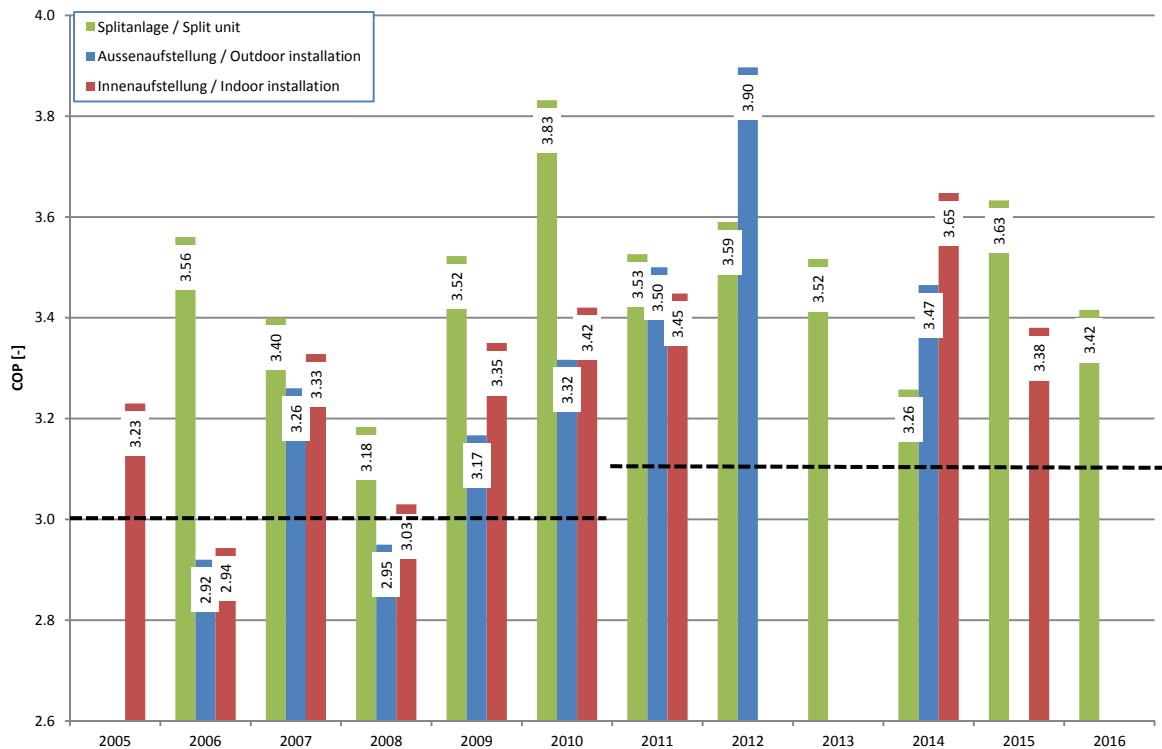


Abb. 1.4: COP-Entwicklung von den verschiedenen Wärmepumpen-Baurarten seit 2005

In Abb. 1.4 ist ersichtlich, dass die jährliche Streuung der einzelnen Werte relativ gross ist. Bis ins Jahr 2010 war die Split-Wärmepumpe im Schnitt die effizienteste der 3 Varianten. Danach konnte sich keine der 3 Bauarten von den anderen effizienzmassig abheben (ausgenommen 2012). Die aussenaufgestellte Wärmepumpenvariante konnte den durchschnittlichen COP-Wert von 2.95 im Jahr 2008 auf 3.47 (+ 17.6%) im Jahr 2014 erhöhen. Im Berichtsjahr wurde keine dieser Bauart am WPZ gemessen. Dem gegenüber konnte die innenaufgestellte Wärmepumpe diesen mittleren Wert im Zeitraum von 2008 bis 2015 immerhin von 3.03 auf 3.38 (+ 11.6%) erhöhen. Die Splitwärmepumpen könnte durchaus in zwei Gruppen unterteilt werden, da es sich hier einerseits um Klimageräte und andererseits um Wärmepumpen handelt. So liegt der COP-Median (50% der gemessenen COPs liegen entweder oberhalb oder unterhalb dieses Wertes) der Klimageräte zwischen 2014 und 2016 bei 3.28 und der Wärmepumpen bei 3.90 (+ 18.9%). Die schwarzgestrichelte Linie entspricht der Mindest-COP-Anforderung für das EHPA-Gütesiegel (European Heat Pump Association – Europäischer Wärmepumpen-Verband) im entsprechenden Jahr.

Vor allem bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen spielt der Lärm immer mehr eine bedeutende Rolle. Deshalb sind viele Hersteller bemüht, möglichst schallarme Wärmepumpen auf den Markt zu bringen. In der nächsten Abb. 1.5 wird auf diese Schallthematik eingegangen. Hier werden die innenaufgestellten Wärmepumpen direkt mit den anderen beiden Wärmepumpenbauarten (aussenaufgestellte und Split-Wärmepumpen) verglichen. Der jährliche Medianwert liegt bei der innenaufgestellten Wärmepumpe (mit Ausnahme von 2011) immer tiefer als jener der aussenaufgestellten Wärmepumpe oder Split-Anlage. Die Streuung der Schalleistungspegel in den einzelnen Jahren können bis zu 20 dB betragen (siehe 2011 bei den Aussenaufstellung und Split und 2015 bei der Innenaufstellung). Nach der LSV (Lärmschutzverordnung) [3] müsste eine Wärmepumpe, die 20 dB lauter ist, um mehr als 20 Meter weiter vom Nachbarn entfernt installiert werden, ohne zusätzliche Schalloptimierungen durchführen zu müssen. In den meisten Fällen jedoch stehen kaum solche Distanzen zur Verfügung.

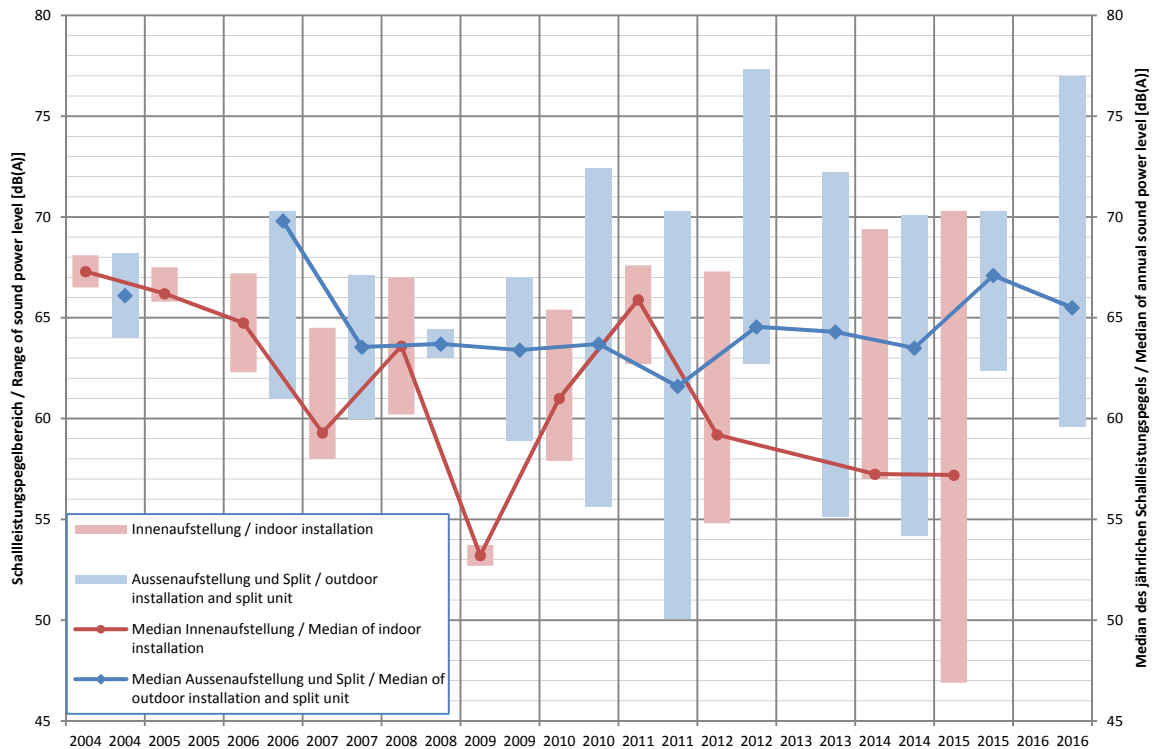


Abb. 1.5: Schalleistungspegelentwicklung zwischen Innenaufstellung und Aussenaufstellung / Split

Bei innenaufgestellten Wärmepumpen können die Schalloptimierungen im Allgemeinen etwas einfacher durchgeführt werden als bei den anderen beiden Bauarten. Bei der Innenaufstellung kann z.B. der Kanal oder der Lichtschacht als Schalloptimierung genutzt werden. Bei den anderen beiden Varianten müssen entweder bauliche oder gerätespezifische Massnahmen zur Schallreduzierung vorgenommen werden. Im Berichtsjahr liegen die Medianwerte von der innenaufgestellten Wärmepumpe um mehr 10 dB tiefer als bei der aussenaufgestellten bzw. Split-Wärmepumpe. Bei der innenaufgestellten Variante ist ein Trend zu schallärmeren Wärmepumpen seit 2004 (ausgenommen 2011) ersichtlich. Der Median hat sich von 67 (2004) auf 57.0 dB(A) in diesem Jahr reduziert. Bei den beiden anderen Varianten ist weder ein positiver noch negativer Trend auszumachen. Die Mediane stagnieren bis 2014 auf einem Wert von rund 64 dB(A). Im 2015 wurde sogar einen Median von 67 dB(A) ermittelt. Im aktuellen Jahr wurde ein Median von 65 dB(A) gemessen.

In der nächsten Abbildung ist die Schalleistungspegelverteilung der verschiedenen Wärmepumpenbauarten seit 2009 ersichtlich. Der Schallemissionsvorteil der innenaufgestellten Wärmepumpe ist vor allem im Bereich kleiner als 60 dB(A) deutlich sichtbar. Diesen Wert haben beinahe die Hälfte der Prüflinge dieser Bauart unterboten. Bei den Aussenaufstellung und Splitanlagen konnten etwas mehr als jeder vierte Prüfling diesen Wert unterbieten. Der Median liegt bei der innenaufgestellten Wärmepumpe bei 60.3 dB(A) und bei den anderen beiden Varianten bei rund 63.5 dB(A). Physikalisch betrachtet sind die Aussengeräte (Split und Aussenaufstellung) im Schnitt doppelt so laut wie die innenaufgestellte Wärmepumpe.

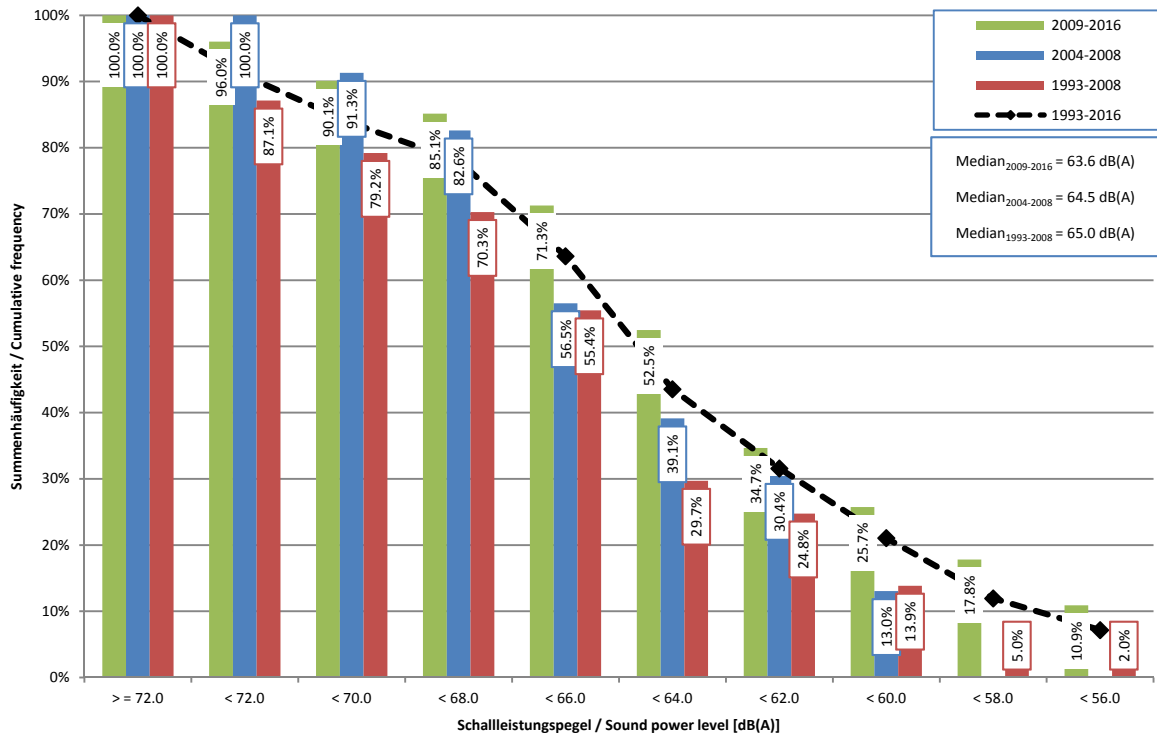


Abb. 1.6: Schalleistungspegelverteilung der verschiedenen Bauarten

1.3 Verwendete Expansionsventile bei Luft/Wasser-Wärmepumpen

In den letzten Jahren wurden bei Luft/Wasser-Wärmepumpen nur die thermischen und elektronischen Expansionsventile bei den Prüflingen eingesetzt. Die letzte Luft/Wasser-Wärmepumpe, die ein Kapillarrohr zur Expansion des Druckes verwendete, geht bis ins Jahr 1994 zurück. In der folgenden Abbildung ist ersichtlich, dass das thermische Expansionsventil bis ins Jahr 2008 die gängigere der beiden Varianten war. Seit 2008 hat sich aber das elektronische Expansionsventil etabliert und wird seit 2011 häufiger oder gleich oft eingesetzt. In den letzten beiden Jahren wurden nur solche mit elektronischem Expansionsventil gemessen.

Die elektronischen Expansionsventile werden vor allem bei modulierenden Wärmepumpen eingesetzt, kommen aber immer häufiger auch bei den kommerziellen Wärmepumpen zum Einsatz. Bei den Expansionsventilen führt der Trend ganz klar zu den elektronischen Expansionsventilen und wird in naher Zukunft das thermische Expansionsventil komplett ersetzt. Das elektronische Expansionsventil besitzt gegenüber dem thermischen Expansionsventil mehrere Vorteile (z.B. feinere Regulierung und grösserer Regelbereich). Die jährliche Effizienzentwicklung (siehe Abb. 1.8) zeigt, dass im Schnitt höhere COP-Werte mit dem elektronischen Expansionsventil zu erwarten sind. Der Best-Wert von 4.42 wurde dennoch mit einem thermischen Expansionsventil im Jahr 2011 erzielt. Grundsätzlich kann jedoch nicht gesagt werden, dass Wärmepumpen mit einem elektronischen Expansionsventil effizienter sind als jene mit einem thermischen Expansionsventil. Jedoch ist durch das elektronische Expansionsventil eine genauere bzw. optimalere Regelung an verschiedenen Arbeitspunkten möglich.

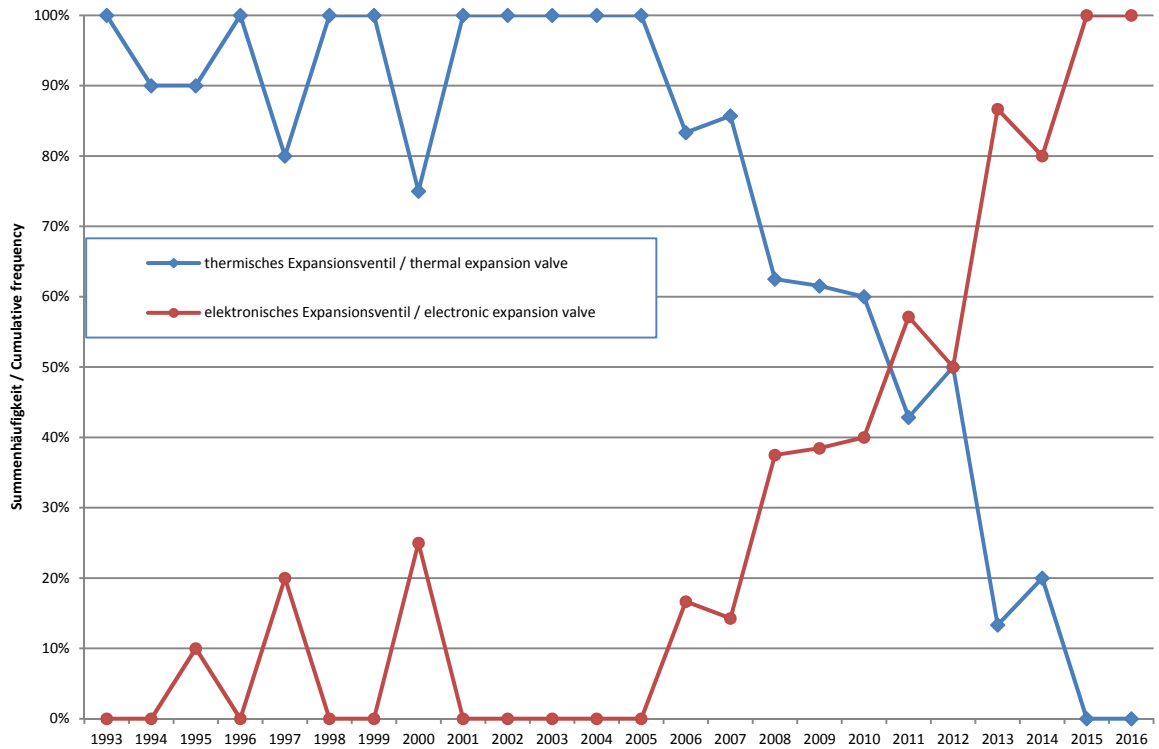


Abb. 1.7: Summenhäufigkeitsverteilung der Expansionsventile

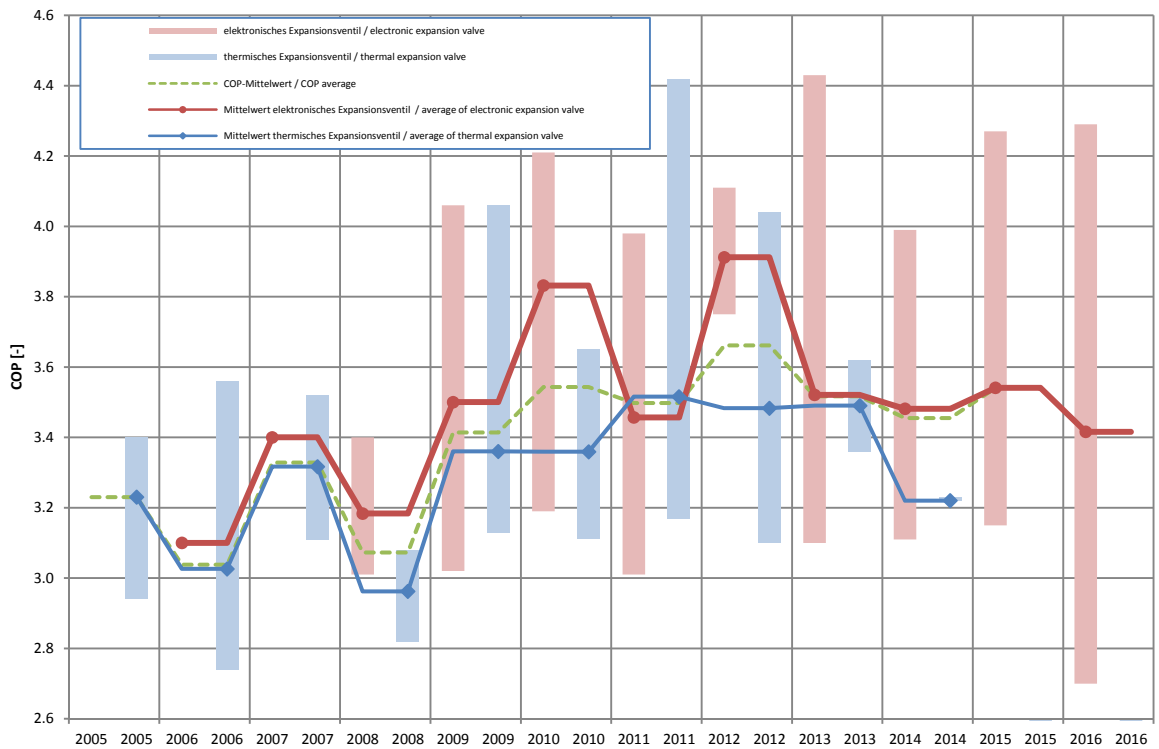


Abb. 1.8: COP-Entwicklung in Abhängigkeit vom thermischen und elektronischen Expansionsventil

1.4 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe im Arbeitspunkt B0 / W35 ersichtlich.

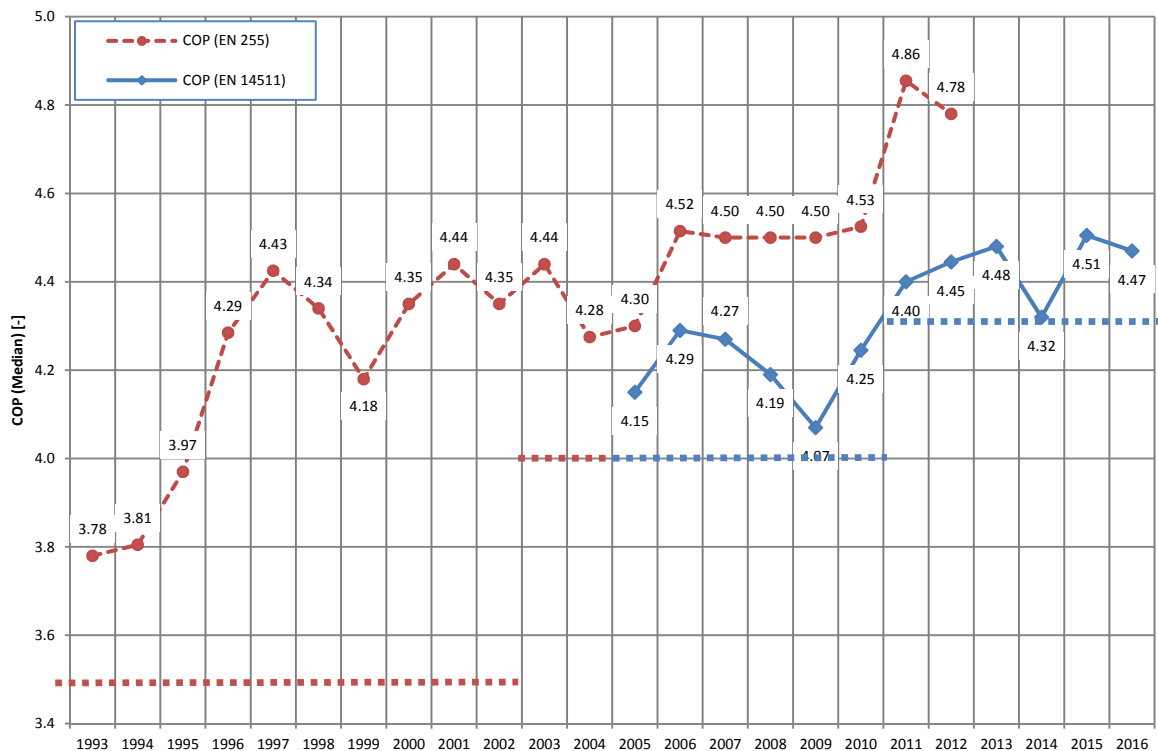


Abb. 1.9: COP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Die Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe hat sich seit 2005 jährlich durchschnittlich um etwa 0.8% erhöht. Im Berichtsjahr wurde ein mittlerer COP von 4.51 beim Normpunkt ermittelt. Die grösste Effizienzsteigerung der Sole/Wasser-Wärmepumpe konnte im Jahr 2011 erzielt werden. Da lag der mittlere COP aller geprüften Wärmepumpen bei 4.40. Dies konnte hauptsächlich durch die Anhebung des zu erfüllenden Mindest-COP (von 4.00 auf 4.30), damit das EHPA-Gütesiegel beantragt werden kann, erzielt werden. Seit 2014 werden keine Messungen mehr mit $\Delta T = 10K$ (EN 255) durchgeführt.

In der Abbildung 1.10 ist die COP-Verteilung von unterschiedlichen Zeitperioden ersichtlich. So erreichte in den Jahren 2008-2010 etwa jede dritte Wärmepumpe den aktuellen Mindest-COP von 4.30. Zu diesem Zeitpunkt genügten noch ein COP von 4.00 für das Gütesiegel. Seit der Erhöhung auf den aktuellen Mindestwert von 2011 erreichen rund $\frac{3}{4}$ aller WPZ-Messungen diesen Wert. Auffallend ist jedoch, dass die Streuung der einzelnen Messung vor allem im 2015 sehr gross war. So lagen die Werte zwischen 3.34 und 4.98. Im Berichtsjahr wurden COP-Werte zwischen 4.22 und 4.84 gemessen. Ausserdem ist in dieser Grafik ersichtlich, dass sich die COP-Verteilung zwischen den beiden Perioden „2011-2013“ und „2014-2016“ kaum unterscheiden. Die COP-Entwicklung ist am Stagnieren.

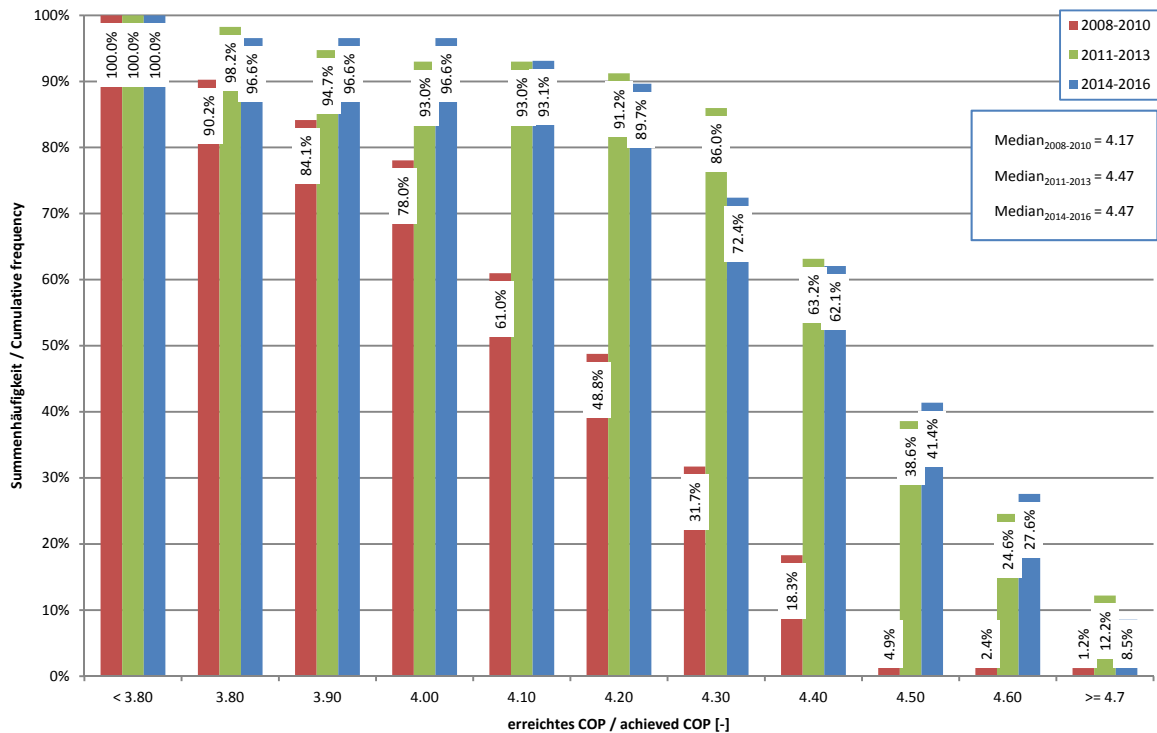


Abb. 1.10: COP-Verteilung von 2008-2010, 2011-2013 und 2014-2016

1.5 Verwendete Expansionsventile bei Sole/Wasser-Wärmepumpen

Ausser im Jahr 2012 wurden nur Wärmepumpen mit thermischen oder elektronischen Expansionsventile am Wärmepumpen-Testzentrum WPZ geprüft. In diesem Jahr wurde auch eine Wärmepumpe mit einem Kapillarrohr gemessen. Es wird ausschliesslich nur auf die thermischen und elektronischen Expansionsventile in diesem Kapitel eingegangen. Seit 1995 wurden Immer wieder vereinzelt elektronische Expansionsventile auch bei Sole/ Wasser-Wärmepumpen eingesetzt. In der Abb. 1.10 ist ersichtlich, dass sie sich aber erst seit 2007 etablieren konnten. In den Jahren 2012, 2013, 2015 und 2016 wurden mehr Sole/Wasser-Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil geprüft. Daher ist es umso überraschender, dass im 2014 nur 1 von 5 mit diesem Typ ausgestattet war. Der Trend zeigt eindeutig zum elektronischen Expansionsventil.

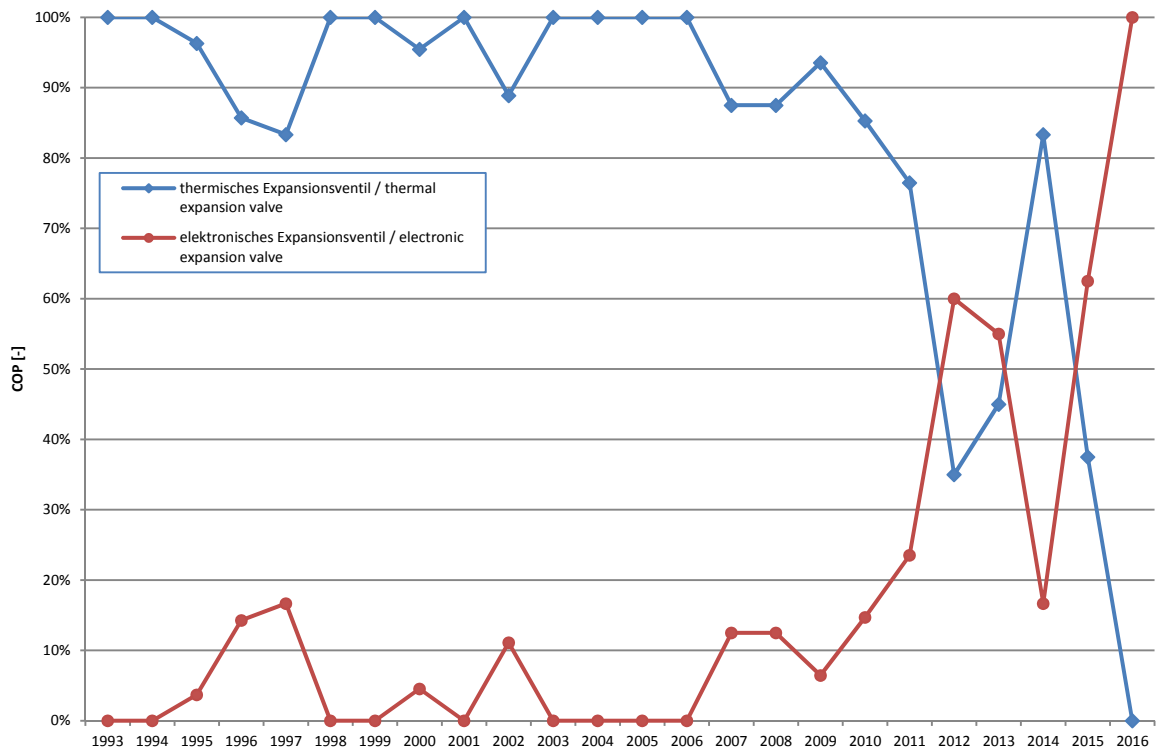


Abb. 1.11: Summenhäufigkeitsverteilung der Expansionsventile

In der nachfolgenden Abbildung ist die COP-Entwicklung in Abhängigkeit der beiden Expansionsventil-Bauarten graphisch dargestellt. Bei dieser Grafik wird ersichtlich, welche der beiden Varianten die effizientere ist. Seit 2010 laufen die Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil im Mittel effizienter als die mit thermischem Expansionsventil. Jedoch sind die Streuungen der einzelnen Messergebnisse relativ gross. So lagen die COP-Werte bei Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil zwischen 4.21 und 4.98 und bei Wärmepumpen mit thermischem Expansionsventil zwischen 3.34 und 4.77 im 2015. Im 2016 wurden nur Sole/Wasser-Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil geprüft.

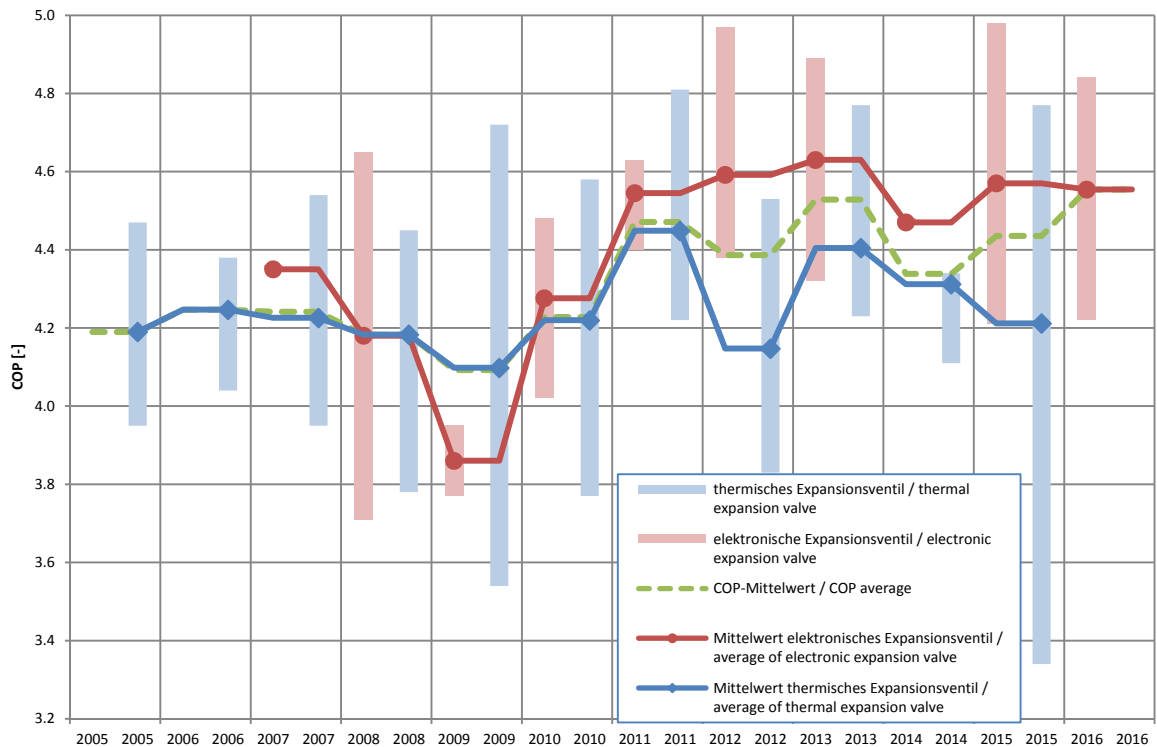


Abb. 1.12: COP-Entwicklung in Abhängigkeit vom thermischen und elektronischen Expansionsventil

1.6 Schlussfolgerung

Bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen zeichnet sich kein eindeutiges Bild ab, welche Variante sich in Zukunft durchsetzen wird. Hier spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Auf der einen Seite sind die Investitionskosten, die eher für eine Split-Wärmepumpe (v.a. Klimagerät) sprechen. Auf der anderen Seite die ganze Schallproblematik, die eher der Innenaufstellung entgegen kommt. Auch kann keine der geprüften Aufbauarten bezüglich der Effizienz sich hervorheben. Da liegen die drei Varianten (Innen-, Aussenaufstellung und Splitausführung) im Schnitt gleich auf. Es zeigt sich jedoch eindeutig, dass die Invertertechnologie die konventionelle Ein/Aus-Variante ablöst. So waren in den letzten beiden Jahren rund 2/3 aller Prüflinge drehzahlreguliert.

Die Sole/Wasser-Wärmepumpe hat einen Effizienzschub im Jahre gehabt, da sich der Grenzwert, um ein Gütesiegel beantragen zu können, von 4.00 auf 4.30 angehoben wurde. Seit da stagniert der jährliche Mittelwert jedoch wieder. Im Schnitt liegt heute die Effizienz einer durchschnittlichen Sole/Wasser-Wärmepumpe bei 4.5 (im Normpunkt B0/W35).

Sowohl bei Luft/Wasser- als auch bei Sole/Wasser-Wärmepumpen geht der Trend zu elektronischen Expansionsventilen. Bei der Effizienz hingegen kann nicht eindeutig gesagt werden, ob die Wärmepumpen effizienter durch dessen Einsatz geworden sind.

2 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen

Seit Ende 2011 führt das Wärmepumpen-Testzentrum WPZ die Brauchwarmwasser-Wärmepumpen-Prüfungen nach der aktuellen Norm EN 16147 [4] und seit 2014 die Messungen nach der ErP-Directive durch. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 9 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei A20 /

W10-55, 3 bei A15 / W10-55 und 13 bei A7 / W10-55 geprüft. Die Sole/Wasser-Wärmepumpen mit integriertem Speicher werden bei B0 / W10-55 gemessen. Insgesamt wurden bereits 106 Geräte an einem dieser Prüfbedingungen gemessen. 47 Wärmepumpen-Boiler wurden nach der ErP-Richtlinie [5] gemessen, wobei 7 davon Sole/Wasser-Wärmepumpen mit integriertem Speicher waren. Im Berichtsjahr wurde jedoch keine Messung bei einer Sole/Wasser-WP-Ausführung durchgeführt.

In der folgenden Abbildung 2.1 sind die Summenhäufigkeiten der erreichten COP-Werte bei all den oben erwähnten Prüfbedingungen ersichtlich. Der Median liegt bei den geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei 2.84 (A15), bei 2.56 (A7), bei 3.51 (A20) respektive bei 2.73 (B0).

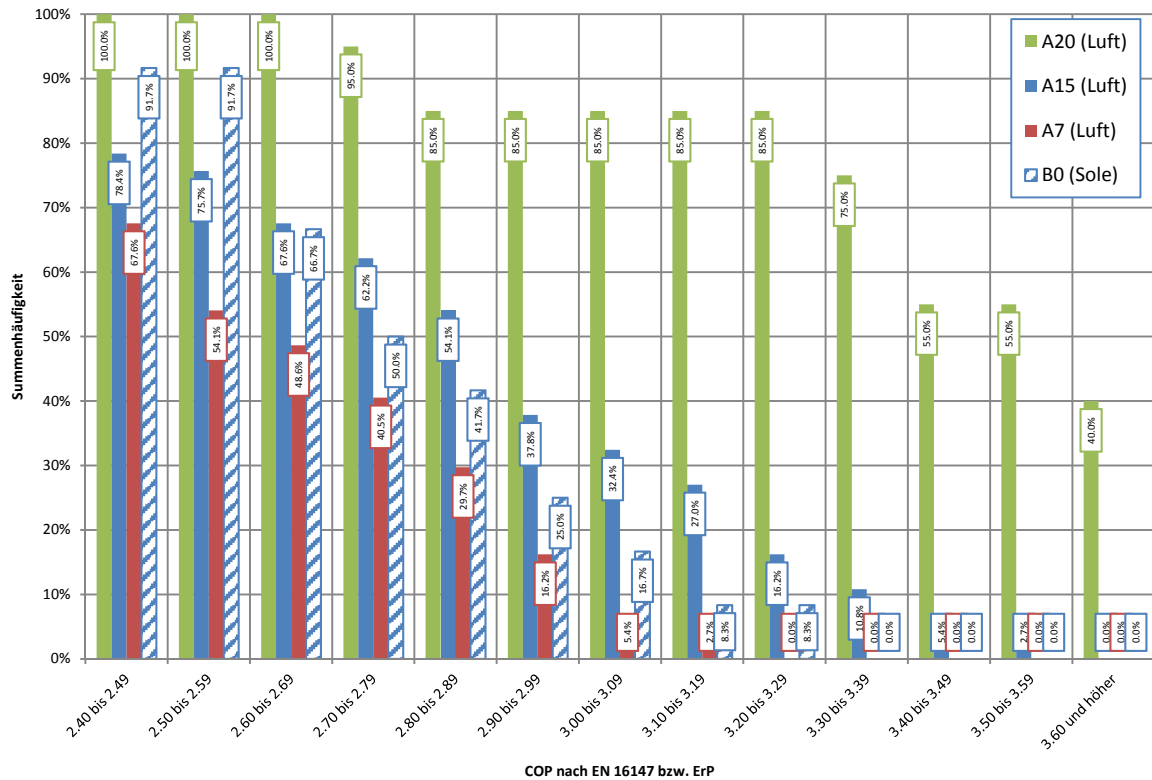


Abb. 2.1: COP-Verteilung aller geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen nach EN 16147

Damit in der Schweiz das Gütesiegel für die Brauchwarmwasser-Wärmepumpe beantragt werden kann, muss ein Mindest-COP-Wert von 3.20 bei A20 / W10-55 erreicht werden. Im Berichtsjahr konnten alle Messungen diesen Mindest-Wert erreichen.

Dieselbe Brauchwarmwasserwärmepumpe ist bei einer Quelltemperatur von 20°C rund 10% effizienter als bei 15°C (siehe Tab. 2.1). In anderen Europäischen Ländern wird die Brauchwarmwasser-Wärmepumpe gefördert, wenn diese einen definierten Mindestwert (abhängig vom Land) bei A7 / W10-55 erreicht. Daher werden am WPZ beide Prüfbedingungen angeboten. Auch hier ist im Schnitt mit einer Differenz des COPs von rund 10% auf den Wert bei A15 zu erwarten.

	A7 / W10-55	A15 / W10-55	A20 / W55
Rel. COP	0.90	1.00	1.10
COP (Beispiel)	2.70	3.00	3.30

Tab. 2.1: Effizienz in Abhängigkeit der Quelltemperatur

Für die ErP-Directive sind vor allem die Prüfpunkte bei A7 und A20 interessant. Die Messung bei A15 wird im ErP-Reglement nicht erwähnt. Es ist zu erwarten, dass in Zukunft kaum noch Wärmepumpen bei 15°C gemessen werden.

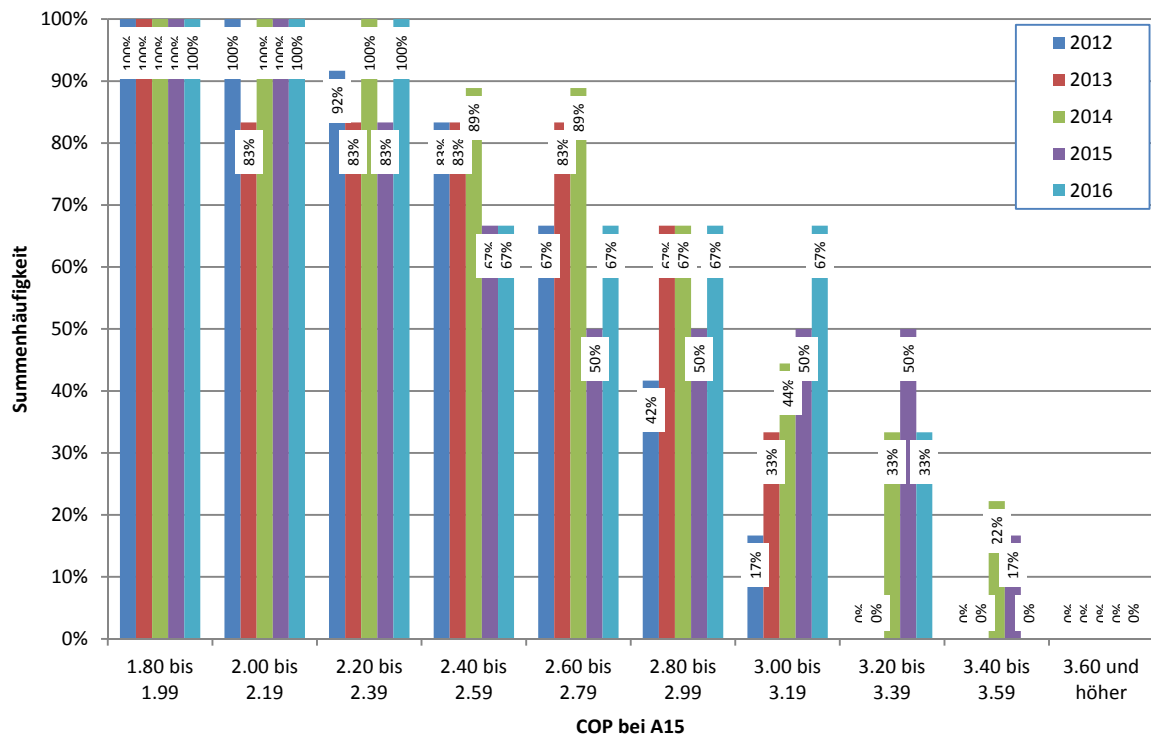


Abb. 2.2: COP-Verteilung aller geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei A15

In der Abb. 2.2 ist sehr schön ersichtlich, dass sich die Effizienz der Brauchwarmwasser-Wärmepumpen jährlich erhöht. So haben im 2012 2 von 3 Wärmepumpen einen COP von 2.60 erreicht, ein Jahr später waren es bereits 5 von 6. Im 2014 haben rund 9 von 10 geprüften Boiler diesen Wert erreicht. Im 2015 ging dieser jedoch auf 50% zurück, wobei bei diesen 50% der gemessene COP höher als 3.2 lag. Im Berichtsjahr erreichten diesen Wert 2 von 3. Die Abbildung 2.2 wird in Zukunft mit den Werten bei A20 und A7 gemacht.

2.1 Schlussfolgerung

Zurzeit kann die Messung für das Schweizerische Gütesiegel entweder bei 15°C (wie bis anhin) oder 20°C durchgeführt werden. Die Messung bei 20°C (nach ErP) wird mittelfristig die Messung bei 15°C ablösen. Durch diese Anhebung der Quelltemperatur steigt auch der durchschnittliche COP um rund 10% an. Jede Messung ergab bei 20°C im Berichtsjahr einen COP von über 3.2.

Ausserdem werden für den Europäischen Markt auch vermehrt Wärmepumpen-Boiler bei 7°C (Splitvariante oder mit Kanalführung) durchgeführt. Wärmepumpen, die bei diesem Prüfpunkt gemessen wurden, erreichen einen mittleren COP von rund 2.5.

3 Vergleich mit der europäischen Energieetikette

Die europäische Union führte für Wärmepumpen und andere Wärmeerzeuger eine Energieetikette ein. Eine Energieverbrauchskennzeichnung in der EU wurde ab dem 26.9.2015 Pflicht. In der Schweiz ist diese Energieverbrauchskennzeichnung ebenfalls mit den entsprechenden Übergangsfristen seit dem 1.8.2016 in der EnV (Energieverordnung) gesetzlich verankert. Das Wärmepumpen-Testzentrum hat bereits mehrere Luft/Wasser-Wärmepumpen nach der dazugehörenden Richtlinie geprüft.

3.1 Erläuterung der Messung

Die Effizienz wird nach der ErP-Richtlinie 813.2013 [5] ermittelt, die sich an die EN 14825 [6] (basierend auf EN 14511) orientiert. Die Wärmepumpen werden in Zukunft nicht nur einen COP bei einem bestimmten Betriebspunkt aufweisen, sondern auch einen SCOP (ähnlich wie eine Jahresarbeitszahl). Die Berechnung des SCOPs ist in der Norm EN 14825 beschrieben.

Das Wärmepumpen-Testzentrum hat bereits mehrere Messungen nach EN 14825 durchgeführt. Anhand des nachstehenden Beispiels soll kurz die EN 14825 erläutert werden, damit der Wert auf der Energieetikette nachvollziehbar wird. Mit dem folgenden Diagramm wird der Unterschied der EN 14825 und EN 14511 ersichtlich:

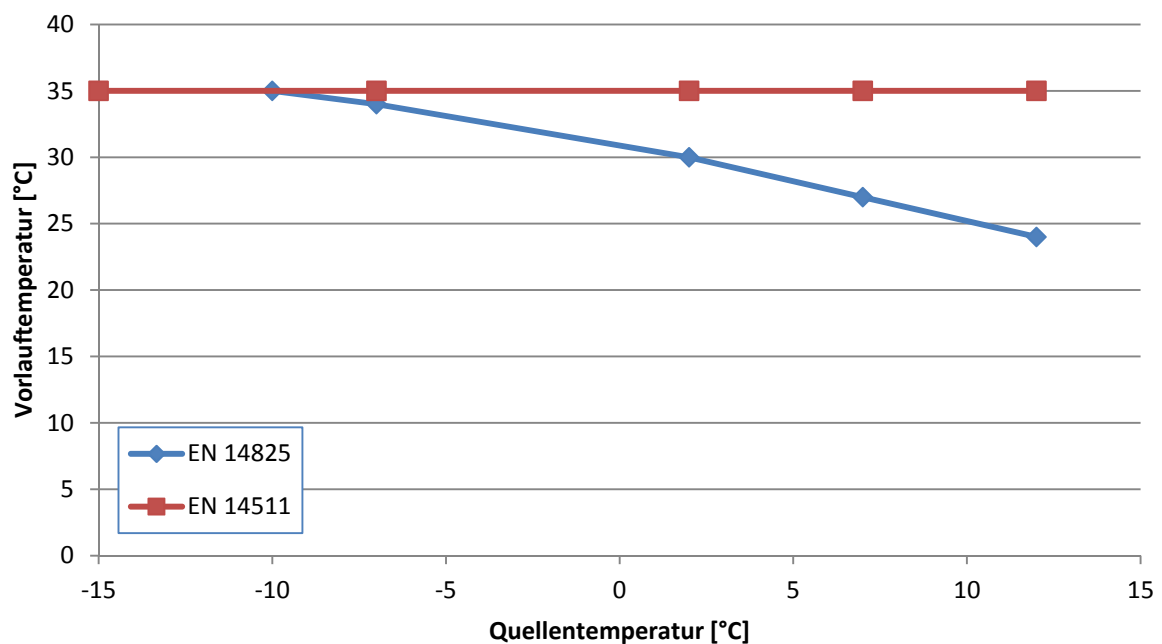


Abb. 3.1: unterschiedliche Vorlauftemperaturen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen

Die Vorlauftemperaturen nach EN 14825 werden tiefer je höher die Quelltemperatur ist. Ebenfalls wird die Heizleistung nach dem Heizbedarf eines fiktiven Gebäudes angepasst. Mit dieser Norm ist eine Grundlage geschaffen, damit die Wärmepumpen modulierend geprüft werden können. Dies wurde bei der bekannten Norm EN 14511 nicht berücksichtigt. Der fiktive Leistungsbedarf eines Gebäudes nach EN 14825 ist in der Abb. 3.2 ersichtlich.

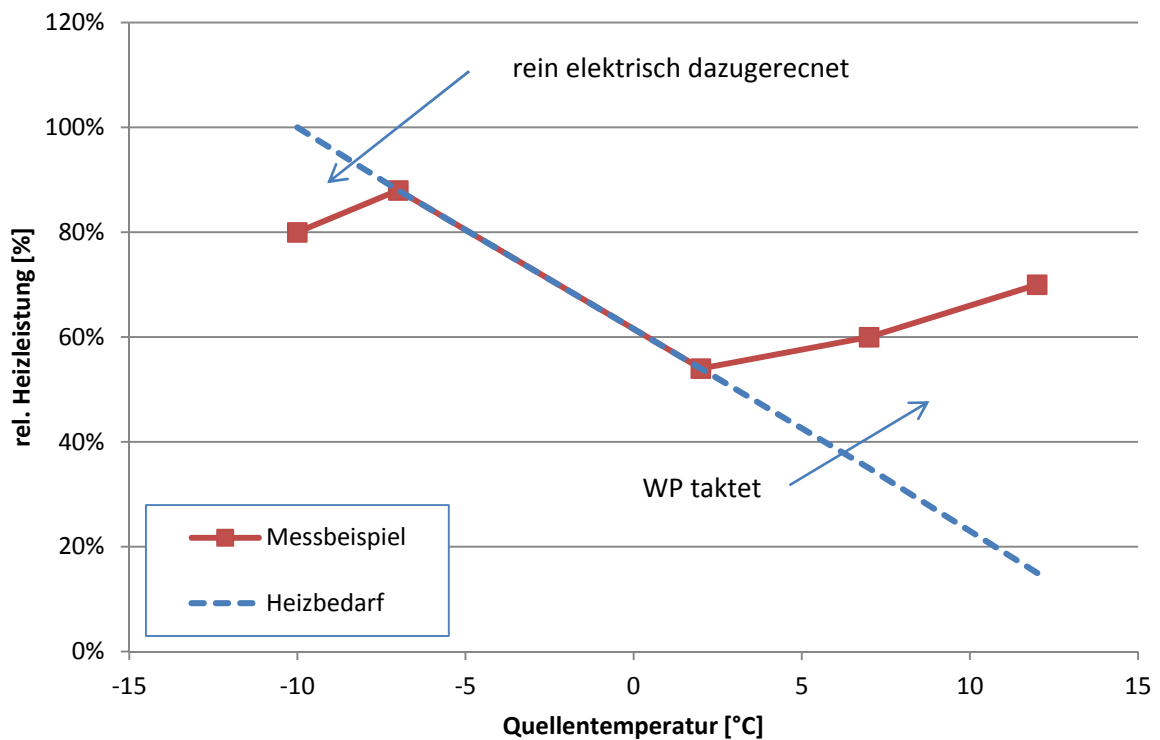


Abb. 3.2: Verlauf der relativen Heizleistung bei einem fiktiven Gebäude nach EN 14825

Die gestrichelte Linie zeigt den relativen Heizbedarf eines Gebäudes nach EN 14825. Bei -10°C braucht das Gebäude 100% der Heizleistung (z.B. 10kW). Die durchgezogene Linie bezieht sich auf eine Wärmepumpen-Messung. Diese Wärmepumpe hat bei -7°C die höchste Abgabeleistung (z.B. 8.8kW). Bei -10°C steht nur noch eine Heizleistung von 8.0kW an. Das heisst, dass die fehlenden 2kW rein elektrisch dazugerechnet werden. Zwischen -7°C und $+2^{\circ}\text{C}$ kann die Beispiel-Wärmepumpe auf den Bedarf des Gebäudes geregelt werden. Sobald die Wärmepumpe mehr Leistung zur Verfügung stellt (bei $+7^{\circ}\text{C}$ und 12°C) wird die Wärmepumpe nach EN 14825 getaktet. Bei der Taktung werden Verluste angenommen, die ebenfalls zu berechnen sind. Für die Gewichtung der einzelnen Heiztage wird für die Energieetikette den Standort Strassburg genommen.

Prüfbedingung	Heizleistungsbedarf [kW]	Heizleistung der Wärmepumpe [kW]	COP der Wärmepumpe [-]
A-10/W35	10.0kW (100%)	8.0kW	2.0
A-7/W34	8.8kW (88%)	8.8kW	2.4
A2/W30	5.4kW (54%)	5.4kW	3.4
A7/W27	3.5kW (35%)	6.0kW	4.3
A12/W24	1.5kW (15%)	7.0kW	5.6

Tab. 3.1: Werte für Klimazone „mittel“ und Niedrigtemperatur (Bodenheizung) nach EN 14825

Mit diesen in Tab. 3.1 aufgelisteten Werten wird ein SCOP von rund 3.1 erreicht. Die aufgeführten Werte entsprechen keiner realen Messung, dienen nur für eine vereinfachte Darstellung. Für die Energieetikette ist nicht der SCOP ausschlaggebend, sondern die gesamte Energieeffizienz der Wärmepumpe (Wirkungsgrad der Stromproduktion mit berücksichtigt = 2.5 oder 40%). Daher werden die

Werte in % angegeben. Ein SCOP von 3.1 entspricht einer Energieeffizienz von 125%. In der unteren Tabelle sind die Klassifizierungen ersichtlich.

SCOP	Energieeffizienz	Klassifizierung
Ab 4.38	Ab 175%	A+++
Ab 3.75	Ab 150%	A++
Ab 3.08	Ab 123%	A+
Ab 2.88	Ab 115%	A
Ab 2.68	Ab 107%	B
Ab 2.50	Ab 100%	C

Tab. 3.2: Klassifizierung der Wärmepumpe für Klimazone „mittel“ und Niedrigtemperatur (Bodenheizung) nach der ErP-Richtlinie

Die Beispiel-Wärmepumpe wird eine A+ erhalten. Die meisten Luft/Wasser-Wärmepumpen werden im Bereich A+ und A++ sein. Dem gegenüber werden die meisten Sole/Wasser-Wärmepumpen eine A++ oder A+++ erhalten.

3.2 Ergebnisse

Insgesamt wurden 11 Luft/Wasser-Wärmepumpen und 2 Sole/Wasser-Wärmepumpen nach der ErP-Richtlinie gemessen (alle Prüfpunkte um das Label zu berechnen). Dabei hat sich bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen ergeben, dass fünf eine A+, drei eine A++ und sogar drei A+++ erreicht haben. Beide Sole/Wasser-Wärmepumpen haben eine A+++ erreicht. In Zukunft wird das WPZ vermehrt diese Ergebnisse publizieren und auch detaillierter darstellen.

4 Referenzen

- [1] *EN 14511:2004 Teile 1 bis 4: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern; Begriffe, Prüfbedingungen, Prüfverfahren und Anforderungen*
- [2] *EN 14511:2013 Teile 1 bis 4: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern; Begriffe, Prüfbedingungen, Prüfverfahren und Anforderungen*
- [3] *Lärmschutz-Verordnung (LSV) 814.41
Ausgabe 5.10.2004*
- [4] *EN 16147:2011: Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Prüfungen und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwarmwasser*
- [5] *ErP directives for energy labeling*
- [6] *EN 14825:2013: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumbeheizung und –kühlung – Prüfung und Leistungsbemessung unter Teillastbedingungen und Berechnung der saisonalen Arbeitszahl*