



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 der Prüfergebnisse 2017

Jahresbericht

Ausgearbeitet durch:

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

Impressum

Datum: 20.12.2017

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Bereich Umgebungswärme

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11, Fax +41 58 463 25 00

www.bfe.admin.ch

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

Projektnummer: SI/401321-02

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	17
2.1 Schlussfolgerung	18
3 Effizienzeinfluss der Thermostattemperatur bei Brauchwarmwasser-Wärmepumpen auf dem Prüfstand	19
3.1 Ergebnisse	20
4 Referenzen	21

Zusammenfassung

Seit 2005 wurden beim akkreditierten Wärmepumpen-Testzentrum WPZ in Buchs SG insgesamt 144 Luft/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt A2/W35 (Aussentemperatur 2°C und Vorlauftemperatur 35°C) und 196 Sole/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt B0/W35 (Quellentemperatur 0°C und Vorlauftemperatur 35°C) nach der Norm EN 14511 geprüft. Dabei wurden bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen zwischen drei unterschiedlichen Bauarten (Split-Anlage, Aussenaufstellung und Innenaufstellung) unterschieden. In diesem Zeitraum wurden 75 Split-Anlagen, 30 Aussenaufstellungen und 39 Innenaufstellungen am WPZ geprüft.

Im Berichtsjahr 2017 wurden insgesamt 61 Luft/Wasser-Wärmepumpen gemessen, jedoch nur 16 nach EN 14511 bei A2/W35 (Split = 10 Messungen, Aussen = 4 Messungen, Innen = 2 Messungen). Bei den restlichen 45 Luft/Wasser-Wärmepumpen handelt es sich um Messungen nach EN 14825 bzw. ErP-Directive oder für NF PAC (Französische Zertifizierung). Die in der EU und in der Schweiz gesetzlich vorgeschriebene Energiekennzeichnung für Raumheizgeräte basiert bei Wärmepumpen auf Messungen nach EN 14825, weshalb in Zukunft Wärmepumpen wohl hauptsächlich nach dieser Norm geprüft werden. Zusätzlich zu den Messungen der Luft/Wasser-Wärmepumpen wurden 15 Sole/Wasser- und 18 Wasser/Wasser-Wärmepumpen-Prüfungen durchgeführt. Insgesamt wurden 8 Wärmepumpen am Normpunkt B0/W35 nach EN 14511 gemessen. Die Daten der Wasser/Wasser-Wärmepumpe werden in dieser Statistik nicht aufgenommen, da diese nur eine kleine Rolle auf dem Schweizer Markt spielen. Seit 2005 wurden in Buchs insgesamt 75 Wasser/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt W10/W35 nach EN 14511 gemessen.

Zwischen 2005 und 2012 stieg die Effizienz der Luft/Wasser-Wärmepumpen 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). In den Jahren zwischen 2012 und 2016 war im Mittel keine Effizienzsteigerung zu beobachten, erst im Berichtsjahr konnte wieder eine markant höhere Effizienz bei Luft/Wasser-Wärmepumpen festgestellt werden. Der durchschnittliche COP der am WPZ gemessenen Geräte lag im Berichtsjahr bei 3.75.

Seit 2011 bei Sole/Wasser-Wärmepumpen die Mindest-COP-Anforderung für das FWS-Gütesiegel von 4.00 auf 4.30 erhöht wurde, konnte bei den gemessenen Geräten eine Effizienzsteigerung festgestellt werden. So stieg der durchschnittlich gemessene 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 2017 wurde am WPZ ein mittlerer COP von 4.74 gemessen.

Beim verwendeten Typ des Expansionsventils handelt es sich seit den letzten Jahren praktisch nur noch um elektronische. Im Berichtsjahr wurden sowohl bei Luft/Wasser-Wärmepumpen als auch Sole/Wasser-Wärmepumpen nur noch elektronische Expansionsventile eingesetzt.

Die Brauchwarmwasser-Wärmepumpe, auch Warmwasser-Wärmepumpe oder Wärmepumpen-Boiler genannt, werden seit Januar 2012 nach der neuen Norm EN 16147 bzw. ErP-Directive (seit 2017 auch nach der Schweizerischen Energieeffizienzverordnung) 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 Prüfbedingungen gemessen. Ausserdem wurden auch 13 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen für die ErP-Directive bei 7°C gemessen. Die Effizienz der Warmwasserladung hängt u.a. stark von der eingestellten Thermostattemperatur ab. So steigt die Effizienz um rund 1.5% pro 1K tieferer Thermostattemperatur.

Projektziele

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

1. Welche Wärmepumpentypen wurden hauptsächlich in den letzten Jahren geprüft und wohin geht der Trend
2. Welchen Einfluss auf die Effizienz hat eine tiefere Thermostattemperatur bei Brauchwarmwasser-Wärmepumpen

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 Erdwärmesonde 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.

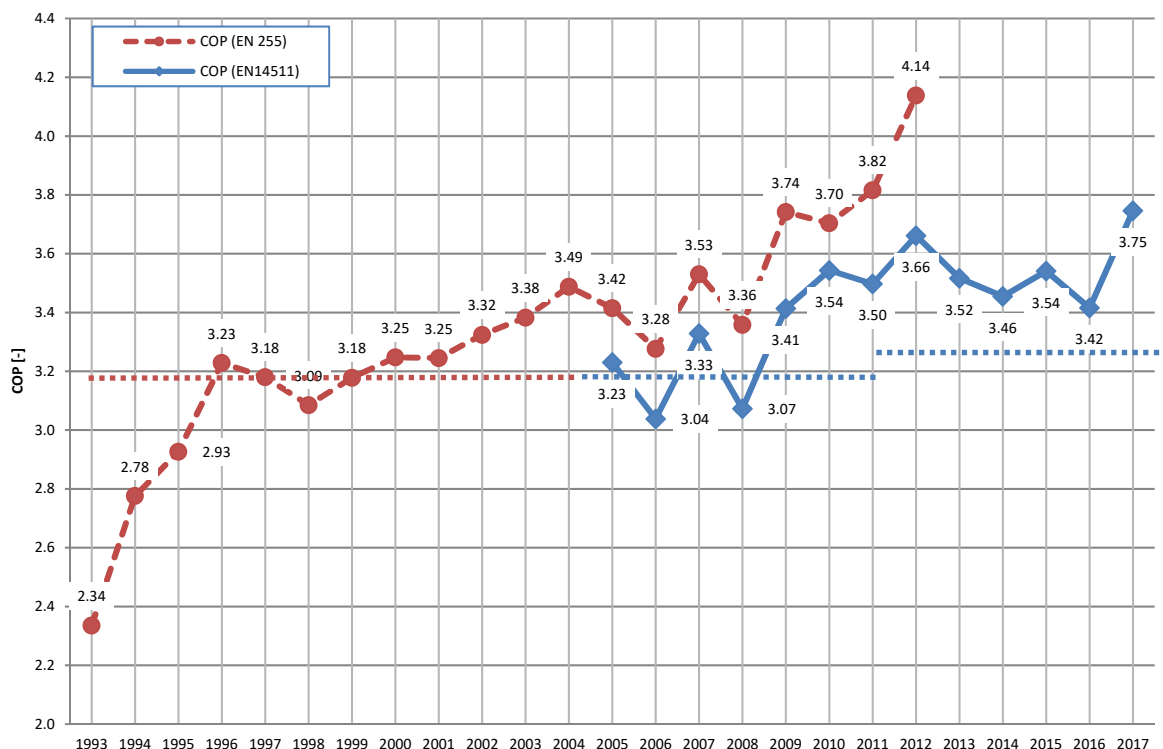


Abb. 1.1: COP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Der COP-Mittelwert der gemessenen Wärmepumpen liegt im Berichtsjahr bei 3.75 (nach der aktuellen Norm EN 14511). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Effizienz-Steigerung von 1.25% zwischen 2005 und 2017. Zwischen 2009 und 2016 stagnierten die jährlichen gemessenen Mittelwerte. Erst im Berichtsjahr konnte wieder eine markant höhere Effizienz auf dem Prüfstand ermittelt werden.

Auffallend ist, dass vermehrt Messungen bei A2/W35 ohne Abtauung ausgewertet werden können. Die Abb. 1.2 zeigt den grossen Unterschied zwischen Norm-Messungen mit und ohne Abtauung. Bei den Messungen ohne Abtauungen liegt der jahresdurchschnittliche COP seit 2009 zwischen 3.9 und 4.3. Demgegenüber liegen die Werte mit mindestens einer Abtauung bei durchschnittlichen COPs zwischen 3.1 und 3.5. Dies entspricht einem Unterschied von rund 20%.

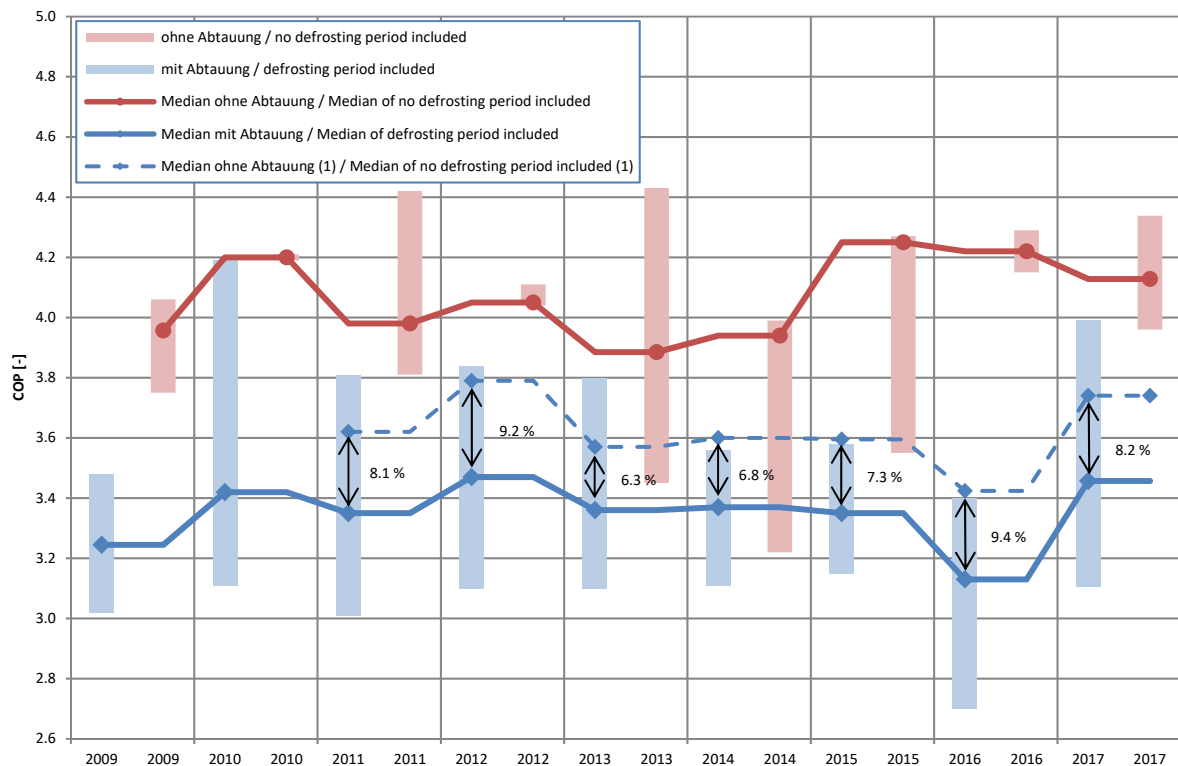


Abb. 1.2: COP-Vergleich zwischen Wärmepumpen mit und ohne Abtauung

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 zurückgefordert.

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 3.10 und 3.99. Dieselben Wärmepumpen würden

einen COP von 2.99 bis 4.32 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 79 Splitanlagen, 30 aussenaufgestellte und 39 innenaufgestellte Wärmepumpen beim genannten Normpunkt geprüft. In den letzten 5 Jahren wurden hauptsächlich Split-Wärmepumpen geprüft.

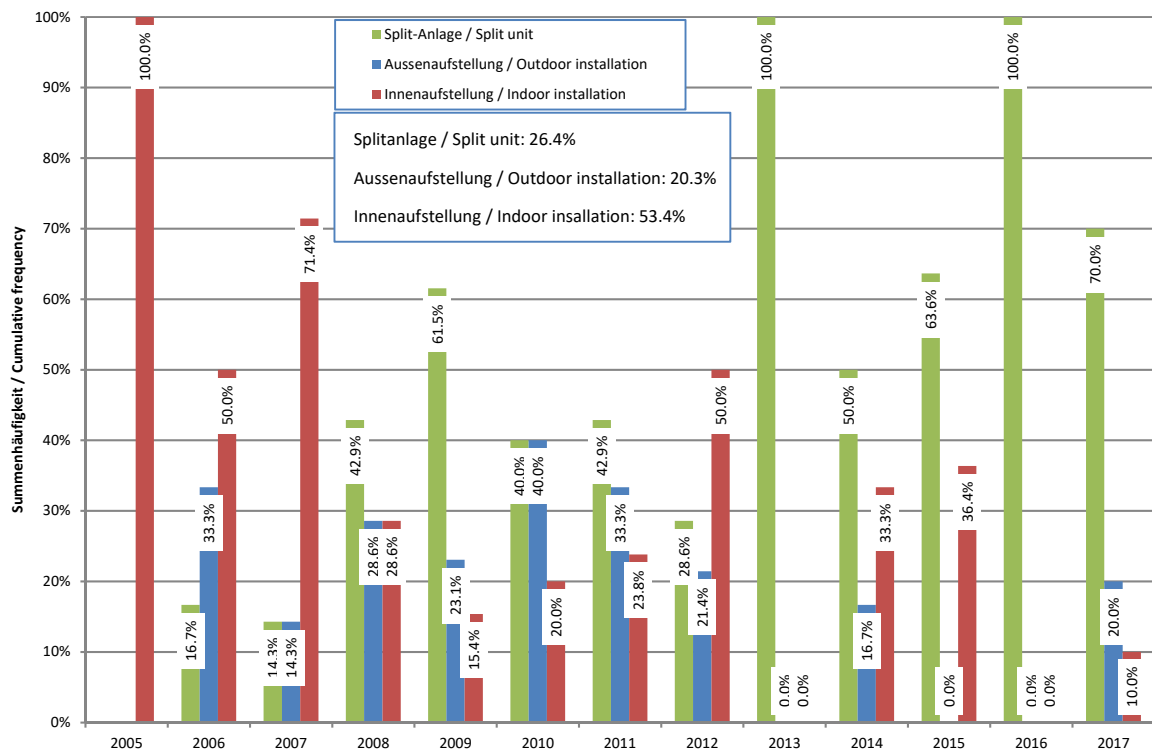


Abb. 1.3: Wärmepumpentypen auf dem WPZ-Prüfstand seit 2005

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 waren 70% aller Prüflinge Split-Wärmepumpen. 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.

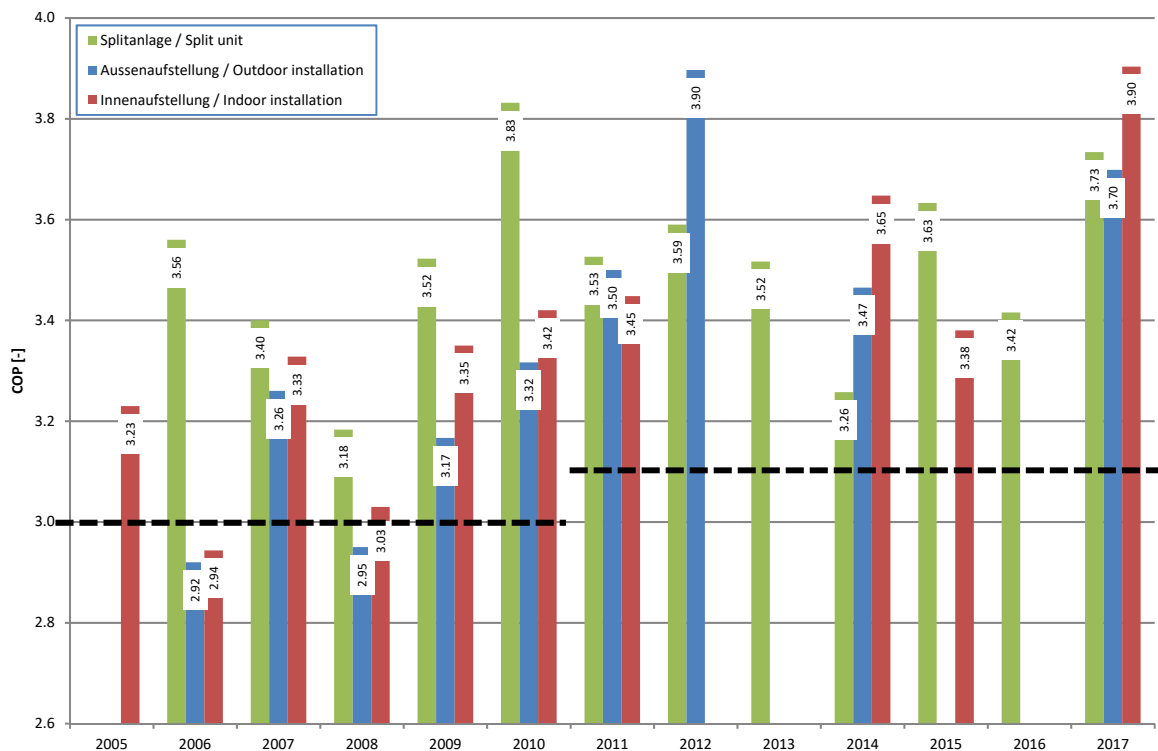


Abb. 1.4: COP-Entwicklung von den verschiedenen Wärmepumpen-Bauarten seit 2005

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 stieg dieser sogar auf 3.70 (+25.4%). Dem gegenüber konnte die innenaufgestellte Wärmepumpe diesen mittleren Wert im Zeitraum von 2008 bis 2017 sogar von 3.03 auf 3.90 (+ 28.7%) 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 2017 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 Schall 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 Schallleistungspegel in den einzelnen Jahren können bis zu 20 dB betragen (siehe 2011 bei der Aussenauflstellung 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.

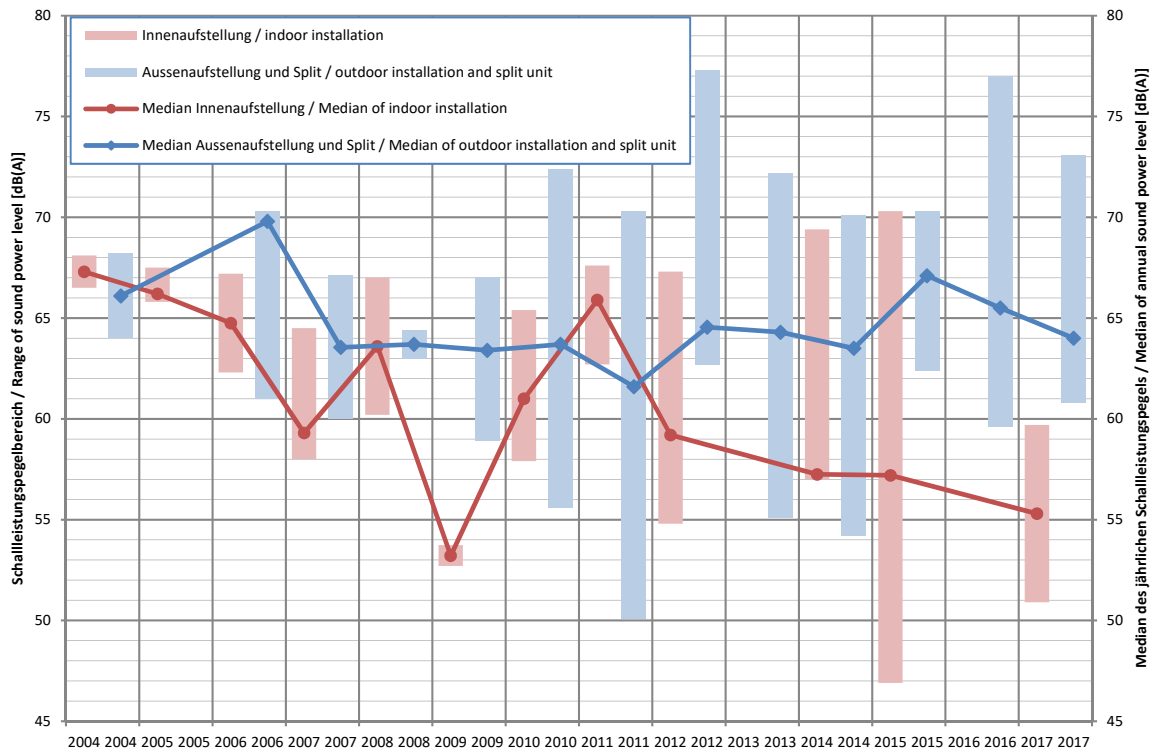


Abb. 1.5: Schalleistungsentwicklung zwischen Innenaufstellung und Aussenaufstellung / Split

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 stagnierten 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 64 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 Aussenaufstellungen 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 innenaufgestellten Wärmepumpen.

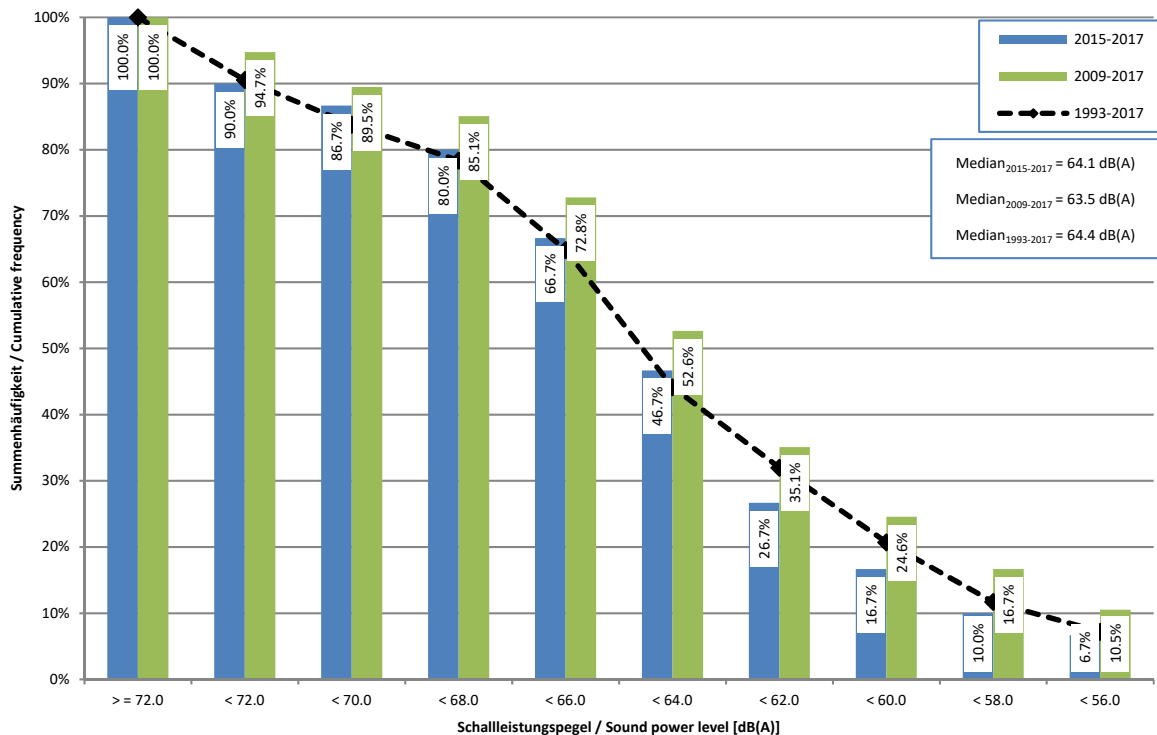


Abb. 1.6: Schalleistungspegelverteilung der verschiedenen Bauarten

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. Zwischen 2008 und 2012 hat sich aber das elektronische Expansionsventil etabliert und wurde in diesem Zeitraum etwa gleich oft wie das thermische Expansionsventil eingesetzt. Seit 2013 werden praktisch nur noch Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil auf dem Prüfstand 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. Die beiden Best-Werte von 4.42 bzw. 4.43 wurden mit einem thermischen und einem elektronischen Expansionsventil im Jahr 2011 bzw. 2012 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.

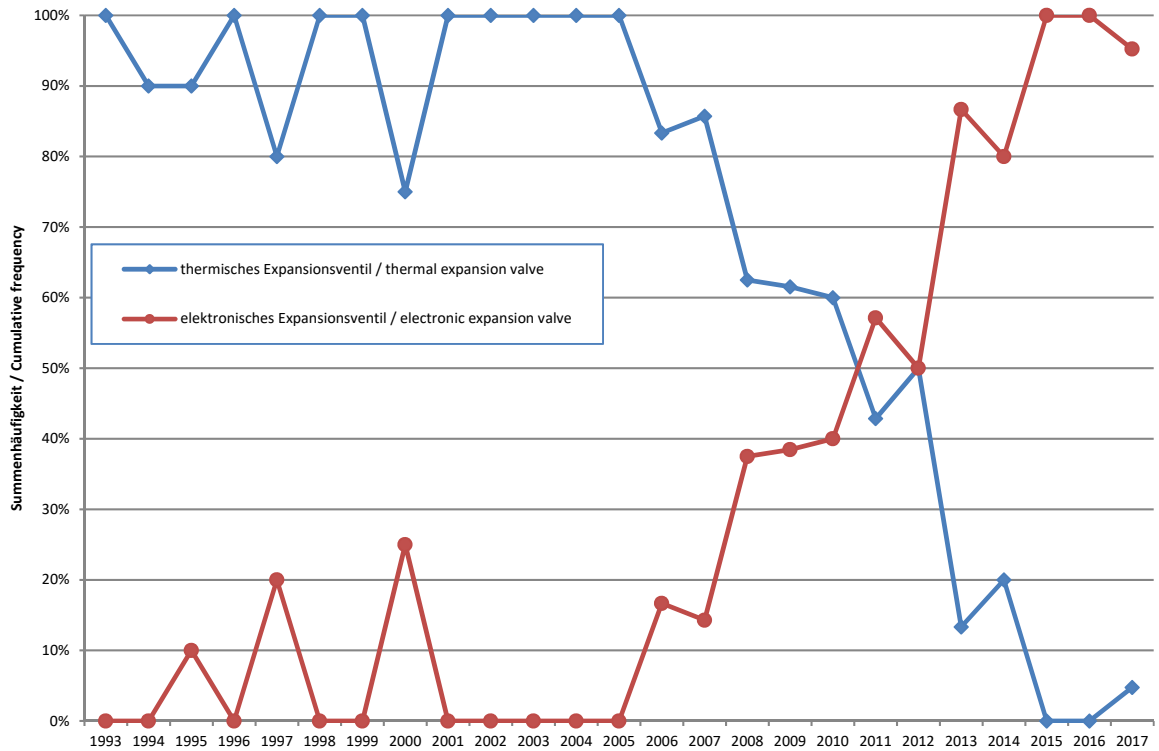


Abb. 1.7: Summenhäufigkeitsverteilung der Expansionsventile

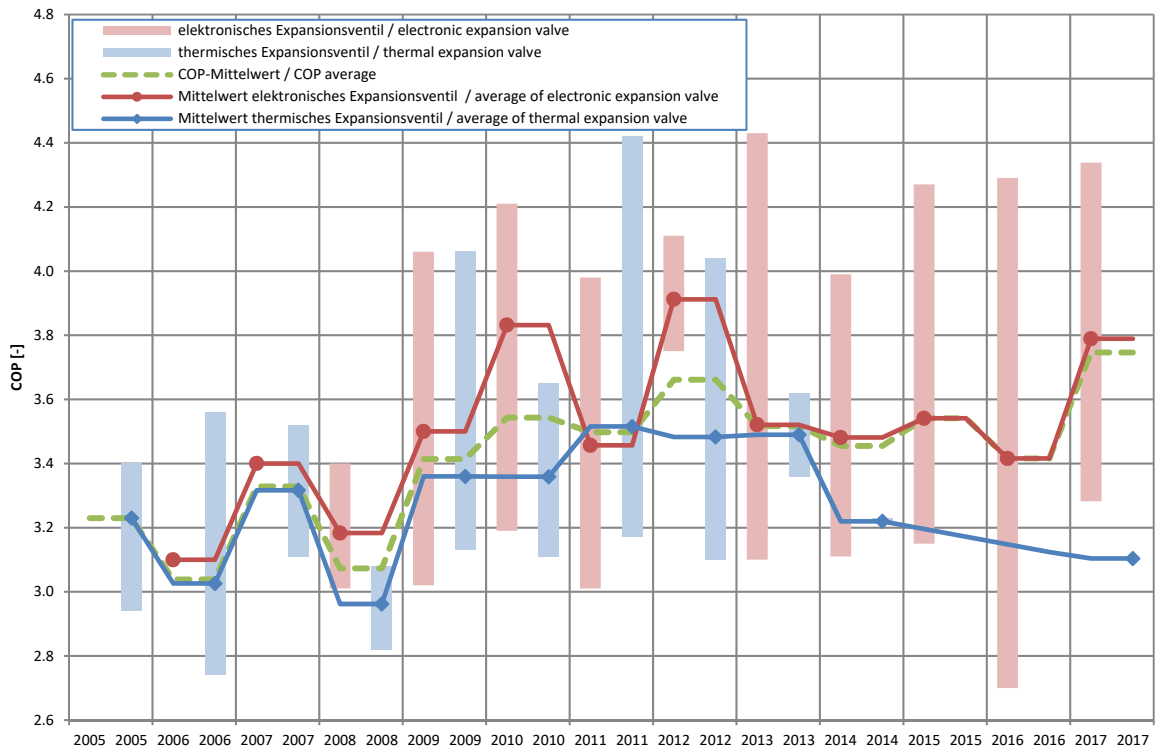


Abb. 1.8: COP-Entwicklung in Abhängigkeit vom thermischen und elektronischen Expansionsventil

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.

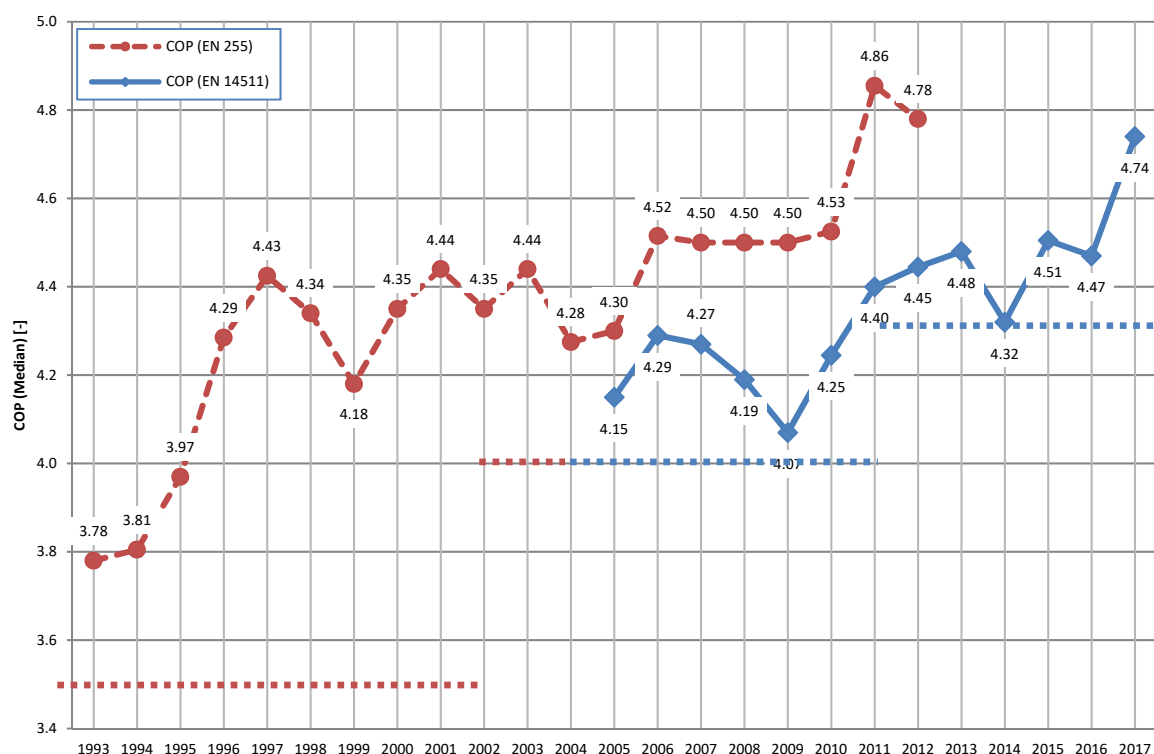


Abb. 1.9: COP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Die Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe hat sich seit 2005 jährlich durchschnittlich um etwa 0.8% erhöht. Im Berichtsjahr wurde bisher der höchste mittlere COP von 4.74 bei der Normnennbedingung ermittelt. Eine der grossen Effizienzsteigerungen der Sole/Wasser-Wärmepumpe konnte vor allem 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 $dT = 10K$ (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 über $\frac{3}{4}$ 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 in diesem Zeitraum zwischen 3.34 und 4.98. Ausserdem ist in dieser Grafik ersichtlich, dass sich die COP-Verteilung zwischen den beiden Perioden „2011-2013“ und „2014-2017“ stark unterscheiden. Das Diagramm zeigt, dass die aktuelleren Wärmepumpen effizienter wurden. Im 2017 wurden vermehrt leistungsmodulierende Sole/Wasser-Wärmepumpen gemessen.

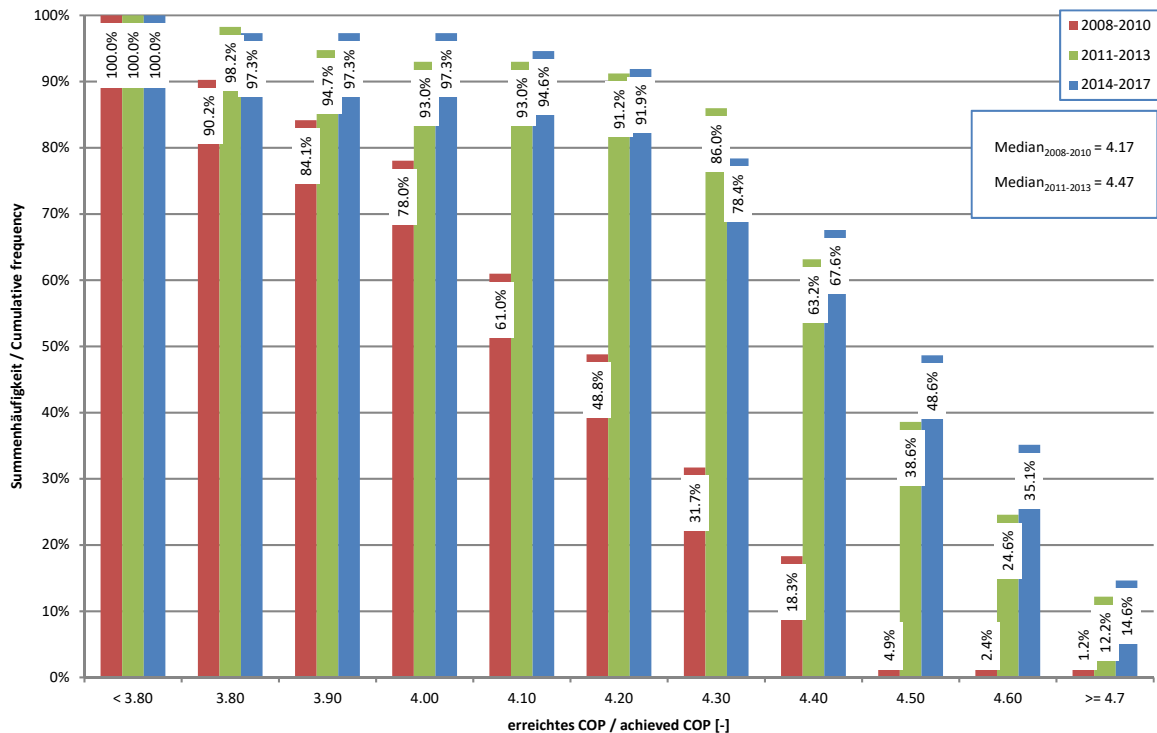


Abb. 1.10: COP-Verteilung von 2008-2010, 2011-2013 und 2014-2017

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, 2016 und 2017 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.

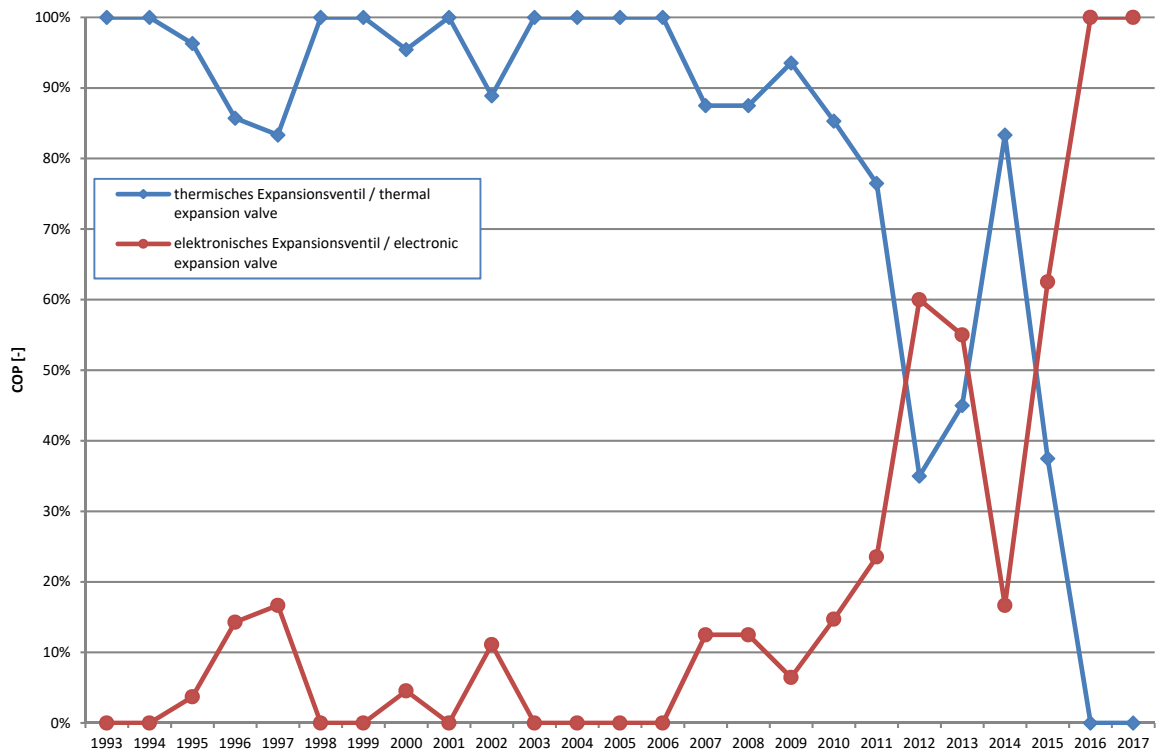


Abb. 1.11: Summenhäufigkeitsverteilung der Expansionsventile

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 5.08 und bei Wärmepumpen mit thermischem Expansionsventil zwischen 3.34 und 4.77 in den letzten 3 Jahre. In den Jahren 2016 und 2017 wurden nur Sole/Wasser-Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil geprüft.

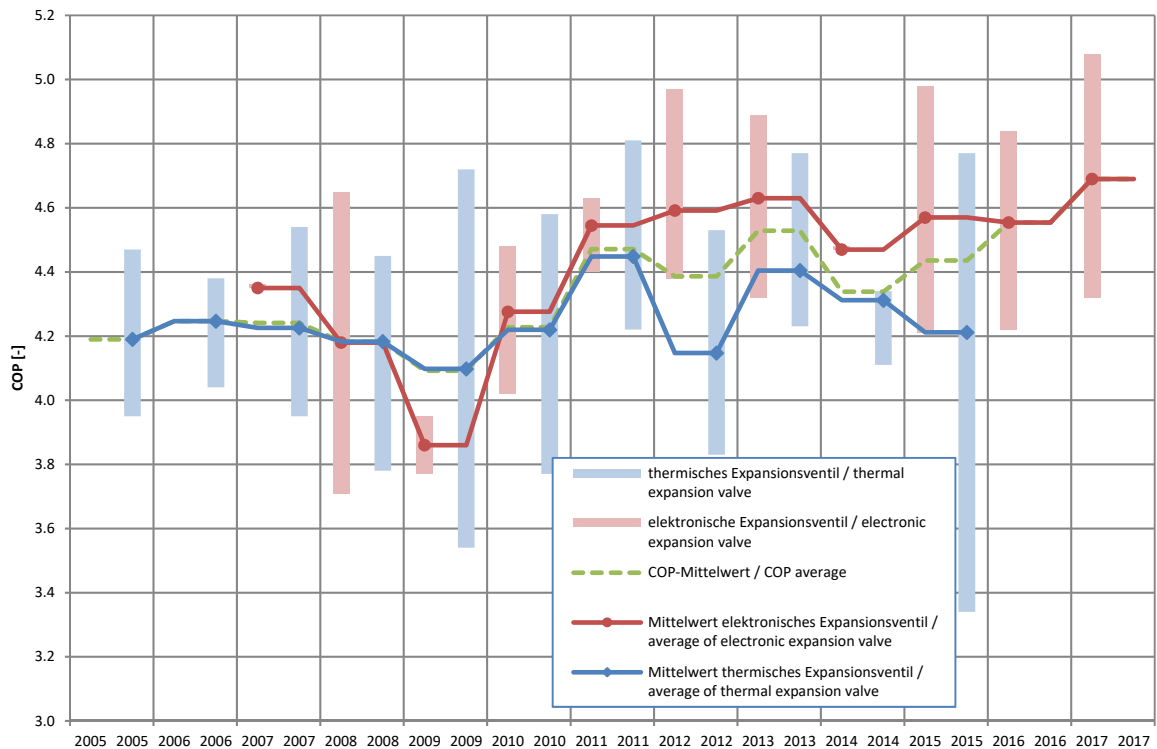


Abb. 1.12: COP-Entwicklung in Abhängigkeit vom thermischen und elektronischen Expansionsventil

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 u.a. im Jahre 2011 gehabt, da sich der Grenzwert, um ein Gütesiegel beantragen zu können, von 4.00 auf 4.30 angehoben wurde. Danach stagnierte der jährliche Mittelwert jedoch wieder. Im Berichtsjahr stieg der mittlere COP wieder markant an, dass weil vermehrt leistungsmodulierende SW-WPs gemessen wurden. Im Schnitt liegt heute die Effizienz einer durchschnittlichen Sole/Wasser-Wärmepumpe bei über 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] [5] 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 [6] und der Energieeffizienzverordnung [7] 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).

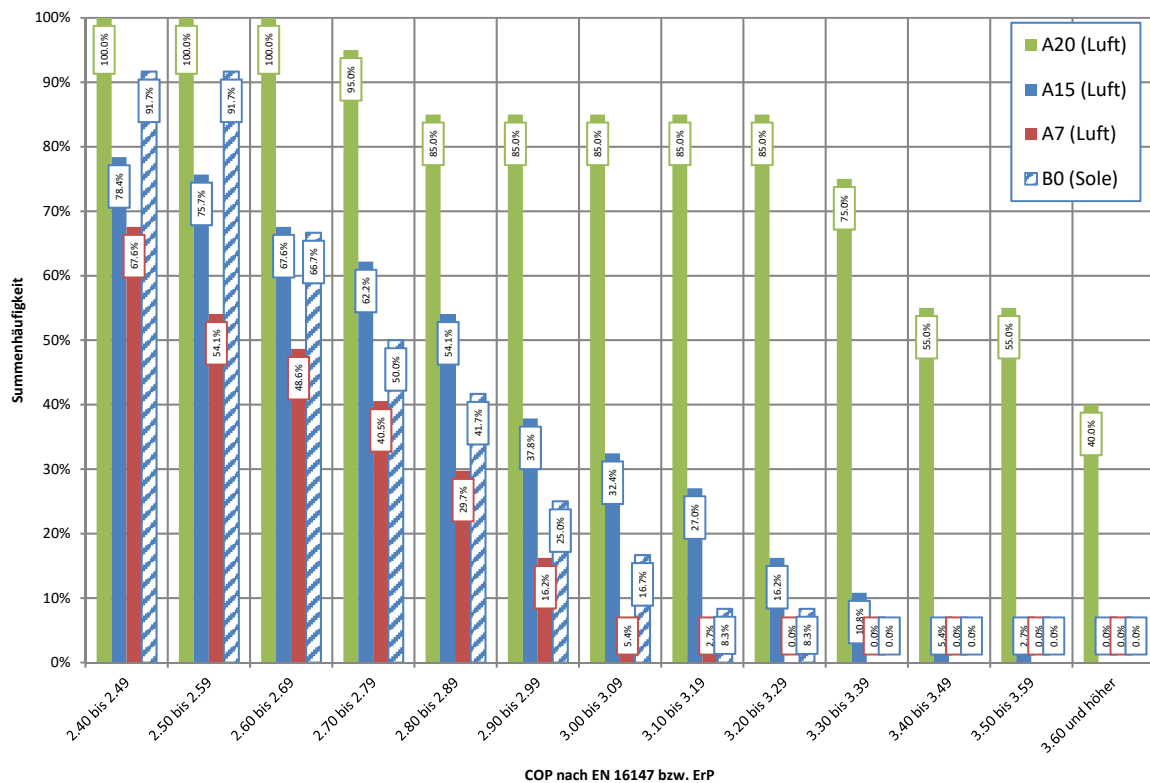


Abb. 2.1: COP-Verteilung aller geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen nach EN 16147

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 Quellentemperatur 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.

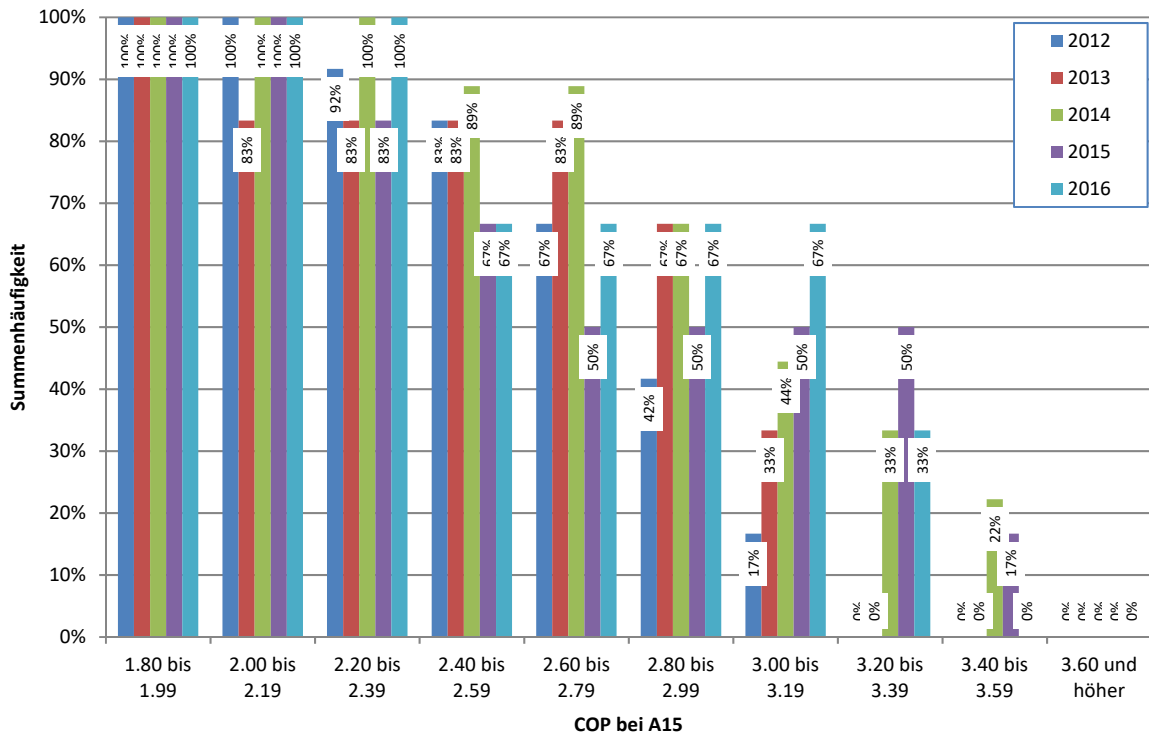


Abb. 2.2: COP-Verteilung aller geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei A15

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 Effizienzeinfluss der Thermostattemperatur bei Brauchwarmwasser-Wärmepumpen auf dem Prüfstand

Die Prüfstandmessungen an Brauchwarmwasser-Wärmepumpen werden in den meisten Fällen mit einer Thermostattemperatur zwischen 52°C und 56°C durchgeführt. Die einzustellende Thermostattemperatur wird vom Hersteller vorgegeben. Bei 2 verschiedenen Brauchwarmwasserwärmepumpen wurden nun Messungen mit unterschiedlichen Thermostattemperaturen durchgeführt. Alle anderen Parameter wie Umgebungstemperatur oder Entnahmeprofil wurden gleich belassen. In den folgenden beiden Diagrammen ist ersichtlich, dass die Effizienz linear ab- bzw. zunimmt, falls die Thermostattemperatur geändert wird.

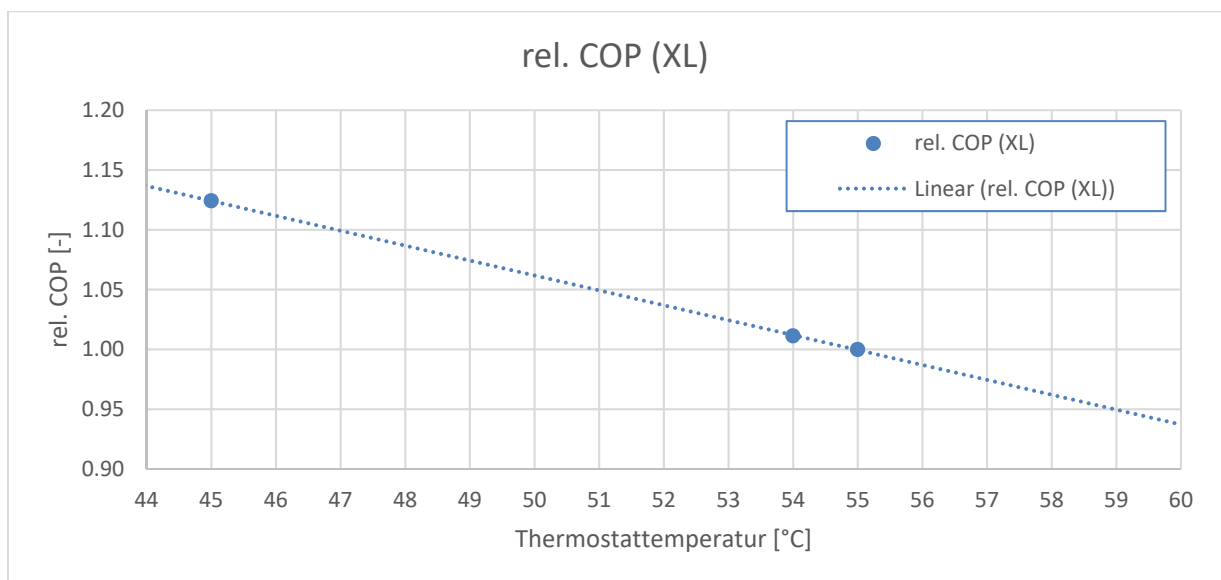


Abb. 3.1: Einfluss auf den rel. COP bei unterschiedlicher Thermostattemperatur (Prüfling 1)

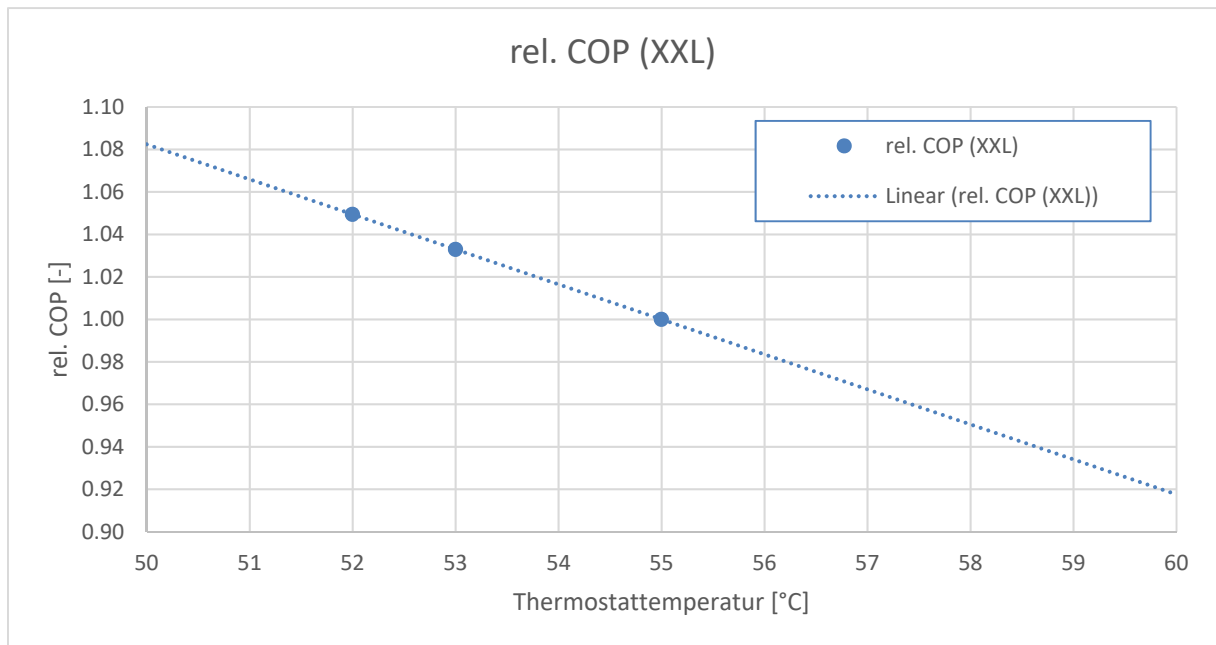


Abb. 3.2: Einfluss auf den rel. COP bei unterschiedlicher Thermostattemperatur (Prüfling 2)

Beim ersten Prüfling steigt die Effizienz um ca. 1.2 % pro Kelvin tieferer Thermostattemperatur an. Der Effizienzanstieg beim Prüfling 2 liegt sogar bei über 1.6 % pro Kelvin niedrigerer Thermostattemperatur. Bei einer Erhöhung der Thermostattemperatur von 5 K auf 60°C würde die Effizienz der Brauchwarmwasser-Wärmepumpen um ca. 6 bis 8% im Schnitt sinken. Da die Entnahmemenge in der Praxis eher kleiner als im Labor ist, wird diese Effizienzminderung sogar grösser sein. Dies kommt daher, dass bei kleinerer Entnahmemenge der Effekt des Wärmeverlusts über die Hülle grösser ausfällt. Die Quelltemperatur lag bei beiden Prüflingen bei 20°C.

3.1 Ergebnisse

Die Effizienz einer Brauchwarmwasser-Wärmepumpe sinkt um ca. 1.5% pro Kelvin höherer Thermostattemperatur. Bei 5 K höherer Thermostattemperatur (60°C anstatt 55°C) fällt die Effizienz um rund 7.5%.

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] *EN 16147:2017: Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Prüfungen und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwarmwasser*
- [6] *ErP directives for energy labeling*
- [7] *Schweizerische EnV-Energieeffizienzverordnung, Anhang 1.16*