



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 2014

Jahresbericht

Ausgearbeitet durch:

**Mick Eschmann, Interstaatliche Hochschule für Technik NTB**  
Werdenbergstrasse 4, CH – 9471 Buchs SG  
michael.eschmann@ntb.ch, [www.ntb.ch](http://www.ntb.ch)

## **Impressum**

Datum: 12.12.2014

**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](http://www.bfe.admin.ch)

Fachspezialistin Erneuerbare Energien : Rita Kobler [Rita.Kobler@bfe.admin.ch](mailto:Rita.Kobler@bfe.admin.ch)

Projektnummer: SI/401321-01

Bezugsort: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

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

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Projektziele	6
1 Wärmepumpentypen	7
1.1 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe .....	7
1.2 Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen .....	9
1.3 Verwendete Expansionsventile bei Luft/Wasser-Wärmepumpen .....	12
1.4 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe.....	14
1.5 Verwendete Expansionsventile bei Sole/Wasser-Wärmepumpen.....	14
1.6 Schlussfolgerung .....	16
2 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen	17
2.1 COP-Werte .....	17
2.2 Einfluss der Thermostattemperatur .....	18
2.3 Schlussfolgerung .....	19
3 Vergleich mit der europäischen Energieetikette	20
3.1 Für Luft/Wasser-, Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-WPs.....	20
4 Referenzen	23

## Zusammenfassung

Seit 2005 wurden insgesamt 108 Luft/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt A2/W35 (Aussentemperatur 2°C und Vorlauftemperatur 35°C) und 164 Sole/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt B0/W35 (Quellentemperatur 0°C und Vorlauftemperatur 35°C) beim akkreditierten Wärmepumpen-Testzentrum WPZ geprüft. Dabei wurden bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen zwischen drei unterschiedlichen Bauarten (Split-Anlage, Aussenaufstellung und Innenaufstellung) unterschieden. In diesem Zeitraum wurden 48 Split-Anlagen, 27 Aussenaufstellungen und 33 Innenaufstellungen am WPZ geprüft.

Im Berichtsjahr 2014 wurden insgesamt 14 Luft/Wasser-Wärmepumpen gemessen, wobei nur 9 bei A2/W35 (Split = 4 Messungen, Aussen = 2 Messungen, Innen = 3 Messungen). Bei den restlichen 5 Luft/Wasser-Wärmepumpen handelt es sich um Schallmessungen oder Messungen nach EN 14825. Demgegenüber standen 5 Sole/Wasser- und 2 Wasser/Wasser-Wärmepumpen, die am jeweiligen Normpunkt B0/W35 (bzw. W10/W35) gemessen wurden. Die Wasser/Wasser-Wärmepumpen werden in dieser Statistik nicht aufgenommen, da sie nur eine kleine Rolle auf dem Schweizer Markt spielen. Insgesamt wurden 61 Wasser/Wasser-Wärmepumpen seit 2005 in Buchs beim Betriebspunkt W10/W35 gemessen.

Bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen ist seit den letzten Jahren keine Effizienzsteigerung mehr ersichtlich. 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 beiden Jahren ist jedoch die durchschnittliche Effizienz wieder etwas zurückgegangen. Der durchschnittliche COP der am WPZ gemessenen Luft/Wasser-Wärmepumpen lag im 2014 bei 3.47.

Seit der Erhöhung der Mindest-COP-Anforderung für das FWS-Gütesiegel von 4.0 auf 4.3 für 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 4.23 auf 4.47. Im Berichtsjahr fiel der mittlere COP jedoch unterhalb die Anforderung des Gütesiegels und betrug nur noch 4.29.

Ein eindeutiger Trend ist hingegen bei den eingesetzten Expansionsventilen ersichtlich. Hier wurden in den letzten Jahren vermehrt elektronische Expansionsventile verbaut. Im Berichtsjahr wurden bei Luft/Wasser-Wärmepumpen mehr elektronische als thermische Expansionsventile eingesetzt. Mit der kleinen Anzahl von Sole/Wasser-Prüfungen im 2014 konnte hier der Trend nicht bestätigt werden.

Die Brauchwarmwasser-Wärmepumpe, auch Wärmepumpen-Boiler genannt, werden seit Januar 2012 nach der neuen Norm EN 16147 geprüft (abgelöste Norm ist die EN 255-3). Die Prüfung wird hauptsächlich an zwei unterschiedlichen Betriebsbedingungen durchgeführt (bei Aussenluft = 7°C oder Umgebungsluft = 15°C). Hierzu wurden bisher insgesamt 15 Boiler bei 7°C (vor allem für den südeuropäischen Markt) und 27 bei 15°C (bezieht sich mehrheitlich auf den deutschsprachigen Raum) getestet. Der COP-Mittelwert liegt bei A15 bei rund 2.8 und bei A7 bei 2.6. Um das schweizeri-

sche Gütesiegel beantragen zu können, muss ein COP von mindestens 2.60 bei A15 erreicht werden. Alle im Berichtsjahr geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen erfüllen diese Anforderung. Durch die ErP-Richtlinie (Energieetikette) werden in Zukunft vermehrt Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei A20 gemessen.

Die Effizienz der Brauchwarmwasser-Wärmepumpe wird u.a. von der Einstellung des Thermostats beeinflusst. Es wurden zwei Messungen bei A20 mit unterschiedlicher Thermostateinstellung (55°C und 45°C) durchgeführt. So konnte anhand dieser Messungen eine Effizienzsteigerung von rund 12 % mit der niedrigeren Thermostateinstellung nachgewiesen werden.

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe wird ab dem kommenden Jahr nach einem neuen Prüfverfahren gemessen, um das Gütesiegel beantragen zu können. Hierfür werden die Messungen auf der EN 14825 basieren. Die Unterschiede zur EN 14511 sind gross. Es werden nicht nur andere Prüfbedingungen für die Messung herangezogen, sondern auch einen SCOP (Deutsch: Jahresarbeitszahl) berechnet.

# 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. Es wird aufgezeigt, welchen Einfluss eine tiefere Einstellung des Thermostats auf die Effizienz hat (Brauchwarmwasser-Wärmepumpe)
3. 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 5 K) stetig verbessert. In der Abb. 1.1 ist die Entwicklung des COPs ersichtlich. Seit diesem Jahr werden keine Messungen mit  $dT = 10K$  durchgeführt.

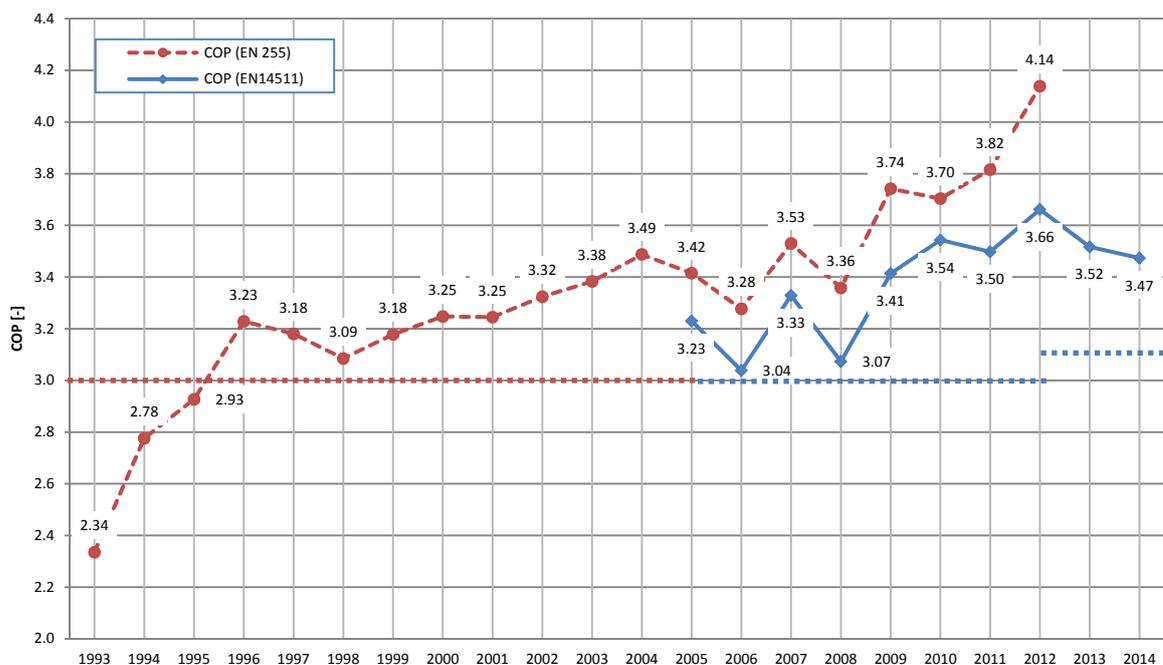


Abb. 1.1: COP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Der COP-Mittelwert der gemessenen Wärmepumpen liegt im Berichtsjahr bei 3.47 (nach der aktuellen Norm EN 14511). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Effizienz-Steigerung von 0.8% seit 2005 (COP-Mittelwert = 3.23). Verglichen mit dem Jahr 2012 (höchster Mittelwert) fiel dieser Wert von 1.8 auf 0.8%, dies liegt in der Jahres-Schwankung. Einen Hauptgrund für diese Effizienzsteigerung ist sicherlich auf die durchschnittlich längeren Heizzyklen zwischen zwei Abtauungen zurückzuführen. Es ist auffallend, dass vermehrt Wärmepumpen ohne Abtauung ausgewertet werden können. Auf die Abtau-Kriterien wird später eingegangen. Im Berichtsjahr wurde bei jeder dritten Luft/Wasser-Wärmepumpe keine Abtauung beim Normpunkt berücksichtigt (dieses Verhältnis erhöht sich seit 2011 jährlich). In der nächsten Abbildung wird diese Thematik grafisch dargestellt.

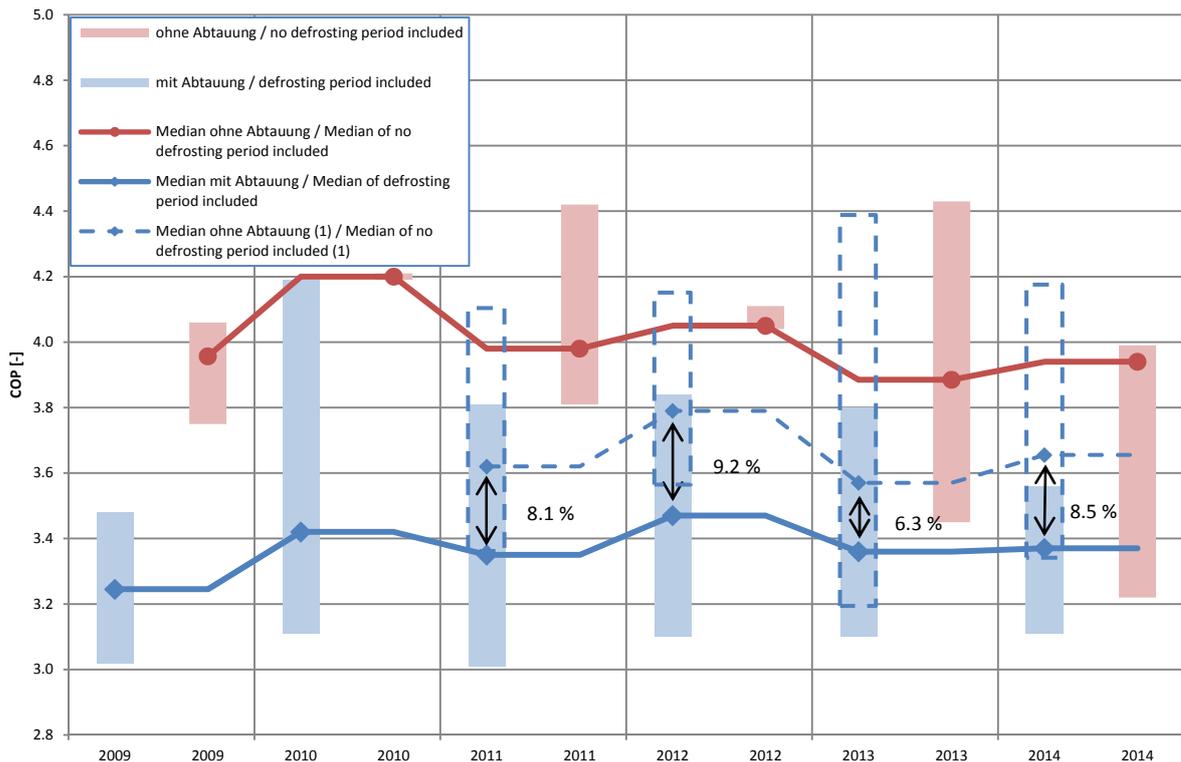


Abb. 1.2: COP-Vergleich zwischen Wärmepumpen mit und ohne Abtauung

In dieser Grafik ist sehr schön ersichtlich, dass vor allem bei den effizienten Wärmepumpen keine Abtauung berücksichtigt werden kann. Aber wie würde dies aussehen, wenn bei allen Luft/Wasser-Wärmepumpen keine Abtauung berücksichtigt würde? Die Wärmepumpen, bei denen die Abtauung berücksichtigt wird, würden im Schnitt etwa um 6 bis 9% höheren COP an diesem Arbeitspunkt aufweisen. Mit anderen Worten die Abtauung schmälert die Effizienz der Wärmepumpe um beinahe rund 8% beim Normpunkt.

Da stellt sich natürlich 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 etwa konstant (max. 2.5%-Abweichung), wird keine Abtauung für die Auswertung verwendet. Durch diese Anpassung an die Norm wird es für viele Geräte möglich, dass die Abtauung nicht mehr berücksichtigt werden muss. Die Streuung der einzelnen Messergebnisse ist enorm, so liegen Wärmepumpen im Berichtsjahr mit Abtauung zwischen 3.11 und 3.56. Dieselben Wärmepum-

pen würden einen COP von 3.34 bis 4.19 aufweisen, falls keine Abtauung berücksichtigt würde. Dies wird sich ebenfalls auf den SCOP nach EN 14825 (Prüfnorm basierend auf der EN 14511 ab 01.01.2015 für Gütesiegemessungen) auswirken, da der Betriebspunkt bei Aussentemperatur von 2°C stark ins Gewicht fällt für die Berechnung der Jahresarbeitszahl (SCOP).

## 1.2 Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen

Die Verteilung von Prüfungen in Split-, aussenaufgestellten und innenaufgestellten Wärmepumpen ist nahezu gleich. Seit 2005 wurden insgesamt 48 Splitanlagen, 27 aussenaufgestellte und 33 innen- aufgestellte Wärmepumpen beim genannten Normpunkt geprüft.

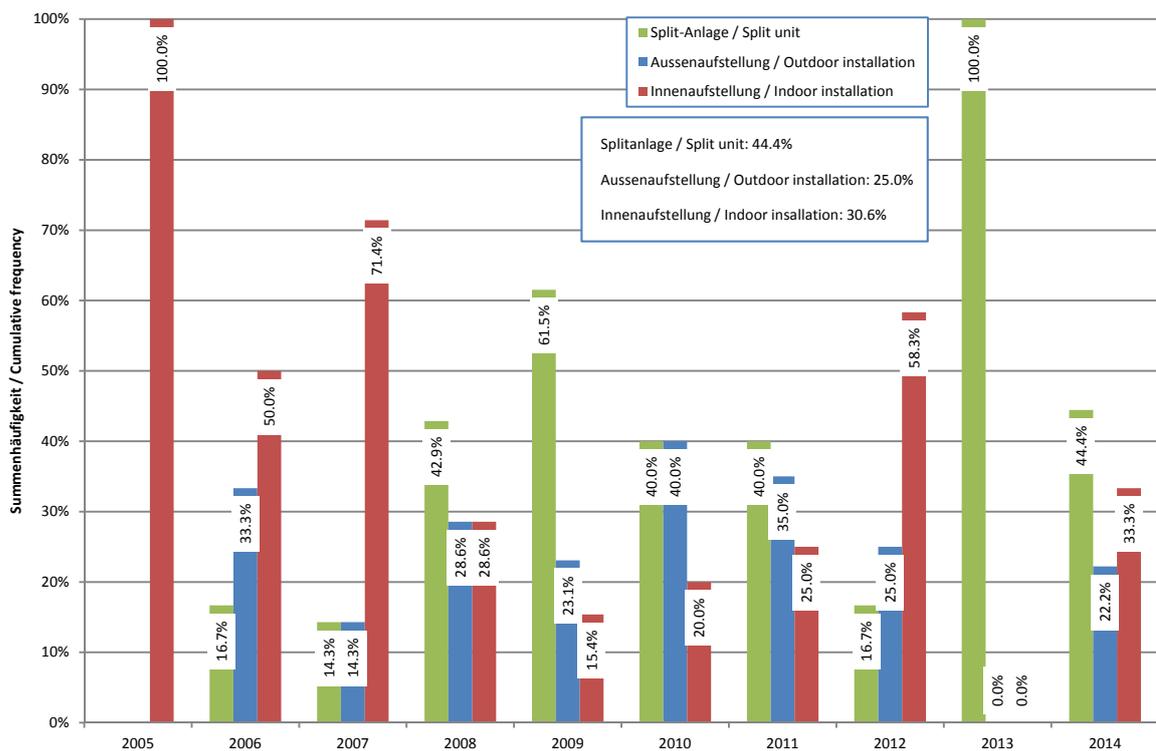


Abb. 1.3: Wärmepumpentypen auf dem WPZ-Prüfstand seit 2005

Ein eindeutiger Trend zu welchen Wärmepumpentypen es sich in Zukunft führen lässt, ist nicht sicher auszumachen. In den Jahren 2008 bis 2011 und 2013 wurden vor allem die Splitanlagen geprüft. Im Berichtsjahr waren alle Typen sehr gut vertreten. Die innenaufgestellten Wärmepumpen könnten in naher Zukunft einen höheren Stellenwert erhalten, da die Schallproblematik nicht nur in der Schweiz ein Thema ist, sondern auch allmählich in der EU. Die aussenaufgestellte Wärmepumpe, die vielfach auch als innenaufgestellte Variante genutzt werden kann, wird bei uns am Prüfstand am wenigsten gemessen.

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

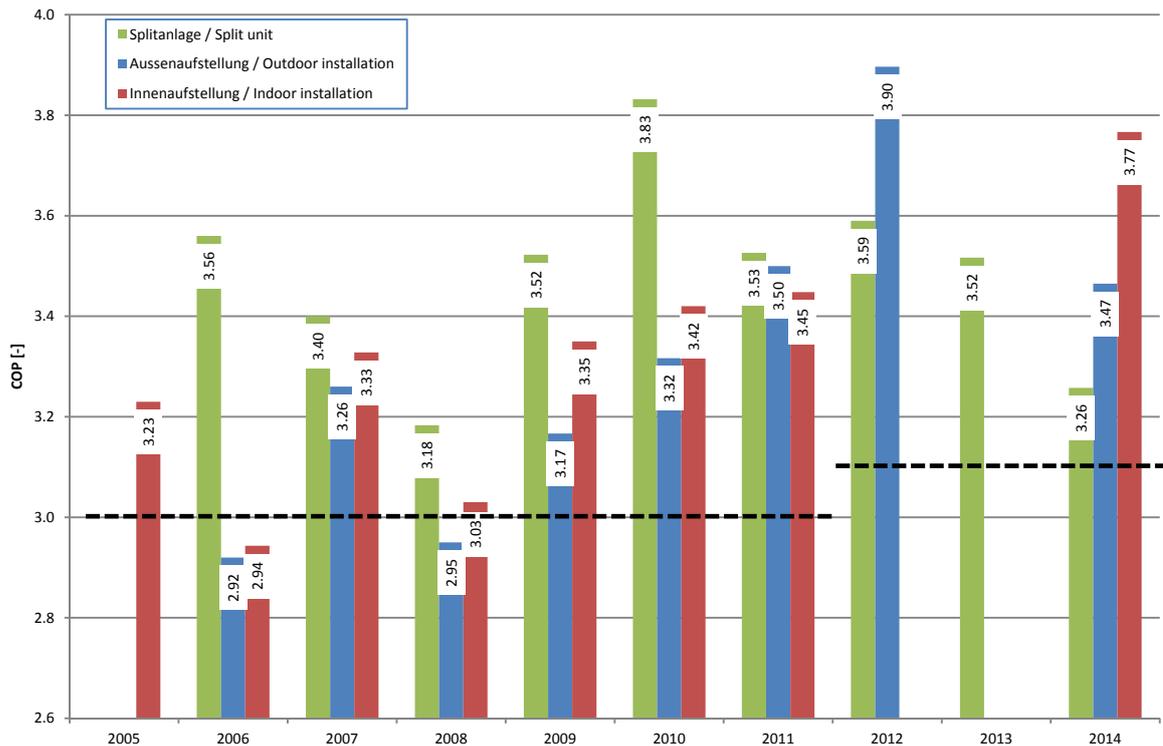


Abb. 1.4: COP-Entwicklung von den verschiedenen Wärmepumpen-Baurarten seit 2005

In Abb. 1.4 ist ersichtlich, dass die Splitwärmepumpe bis ins Jahr 2010 einen Effizienzvorteil (im Durchschnitt) gegenüber den beiden anderen Wärmepumpentypen hatte. Die mittlere Effizienz der anderen beiden Wärmepumpentypen (aussen- und innenaufgestellte Wärmepumpen) hat sich seit 2008 stetig verbessert. So konnte die aussenaufgestellte Wärmepumpenvariante den durchschnittlichen COP-Wert von 2.82 im Jahr 2008 auf 3.90 (+ 38.3%) im Jahr 2012 erhöhen. Im Berichtsjahr liegt dieser Wert auf dem Niveau von 2.11. Die innenaufgestellte Wärmepumpe konnte diesen Wert im Zeitraum von 2008 bis 2014 immerhin von 3.03 auf 3.77 (+ 24.4%) erhöhen. Die Splitwärmepumpen könnte durchaus in zwei Gruppen unterteilt werden, da es sich hier einerseits um Klimageräte und andererseits um Wärmepumpen handelt. Wie stark diese beiden Gruppen voneinander unterscheiden, wurde noch nicht untersucht. 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 (50% der gemessenen Schallleistungspegel liegen entweder oberhalb oder unterhalb dieses Wertes) 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 den Aussenaufstellung und Split). Nach der LSV (Lärmschutzverordnung) [3] müsste die um 20 dB lautere Wärmepumpe 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.

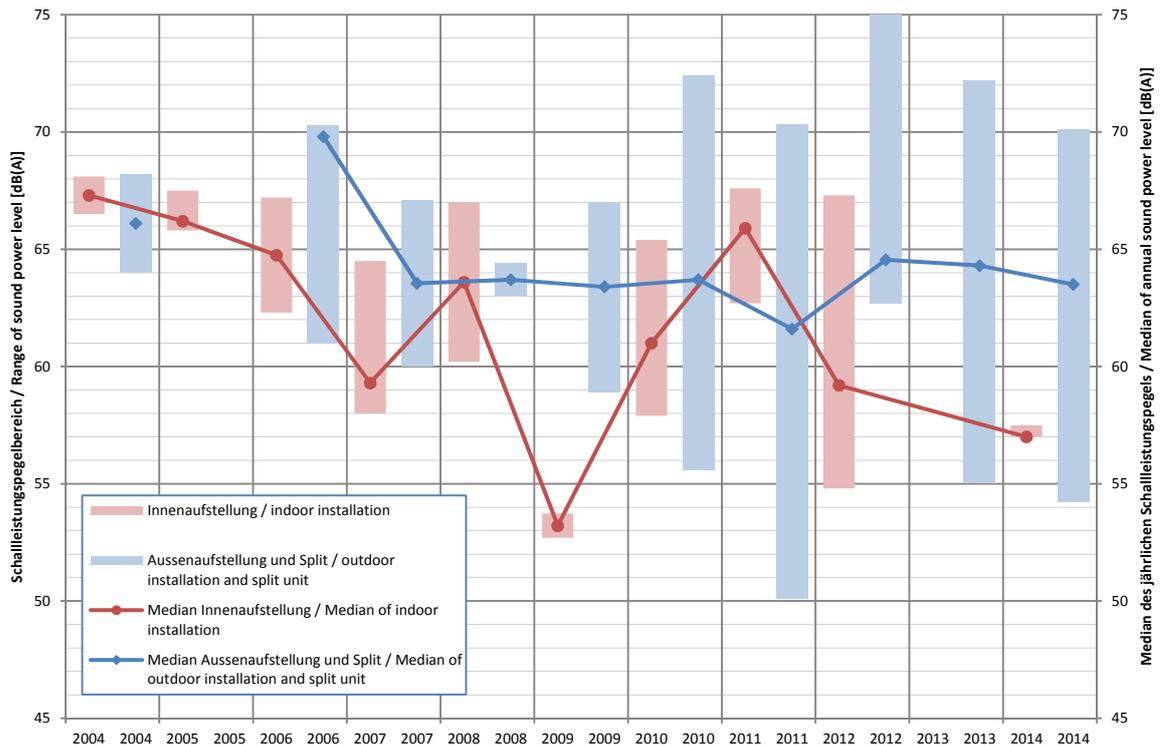


Abb. 1.5: Schalleistungspegelentwicklung zwischen innenaufgestellt und aussaufgestellt bzw. Split

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 als 6 dB tiefer als bei der aussaufgestellten bzw. Split-Wärmepumpe. Bei der innenaufgestellten Variante ist ein Trend zu schallärmeren Wärmepumpen seit 2004 ersichtlich. Der Median hat sich von 67.3 (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 seit 2007 auf einem Wert von rund 63.5 dB(A).

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 hat beinahe die Hälfte der Prüflinge dieser Bauart unterboten. Bei den Splitanlagen konnte fast jede dritte und bei den Aussenaufstellung sogar gut jede vierte Messung diesen Wert unterbieten. Die 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.

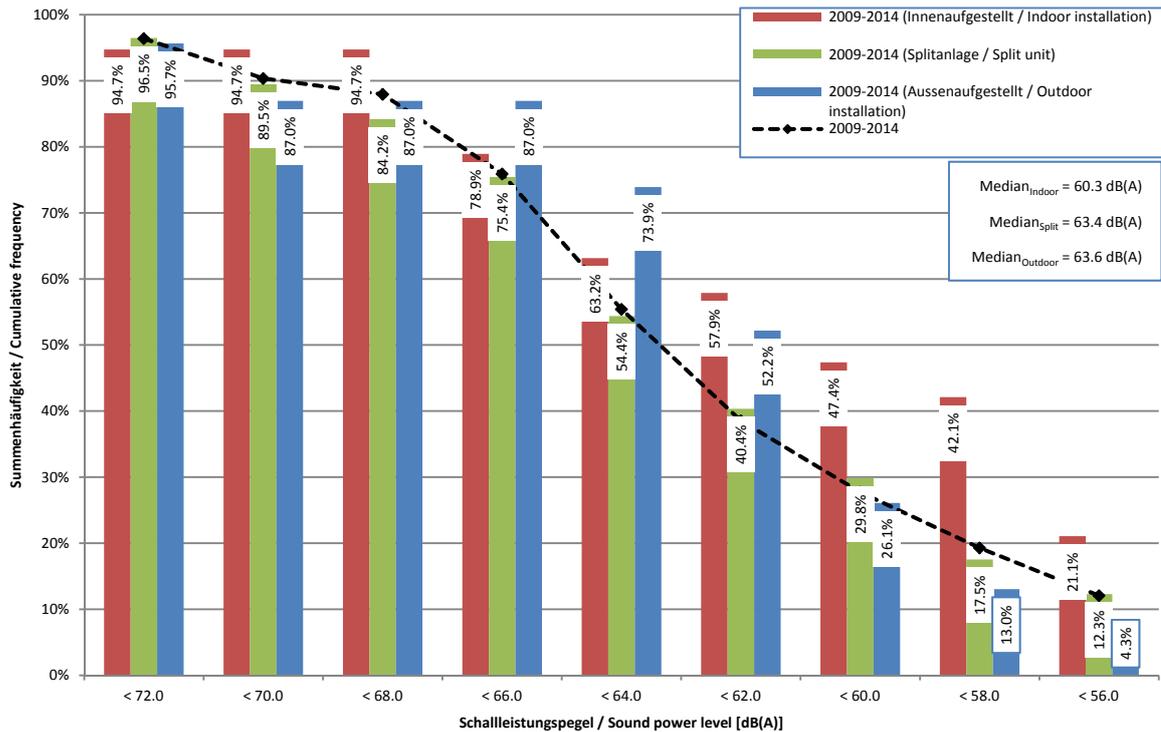


Abb. 1.6: Schalleistungspegelverteilung der verschiedenen Bauarten

### 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.

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 zurzeit zu den elektronischen Expansionsventilen. 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.

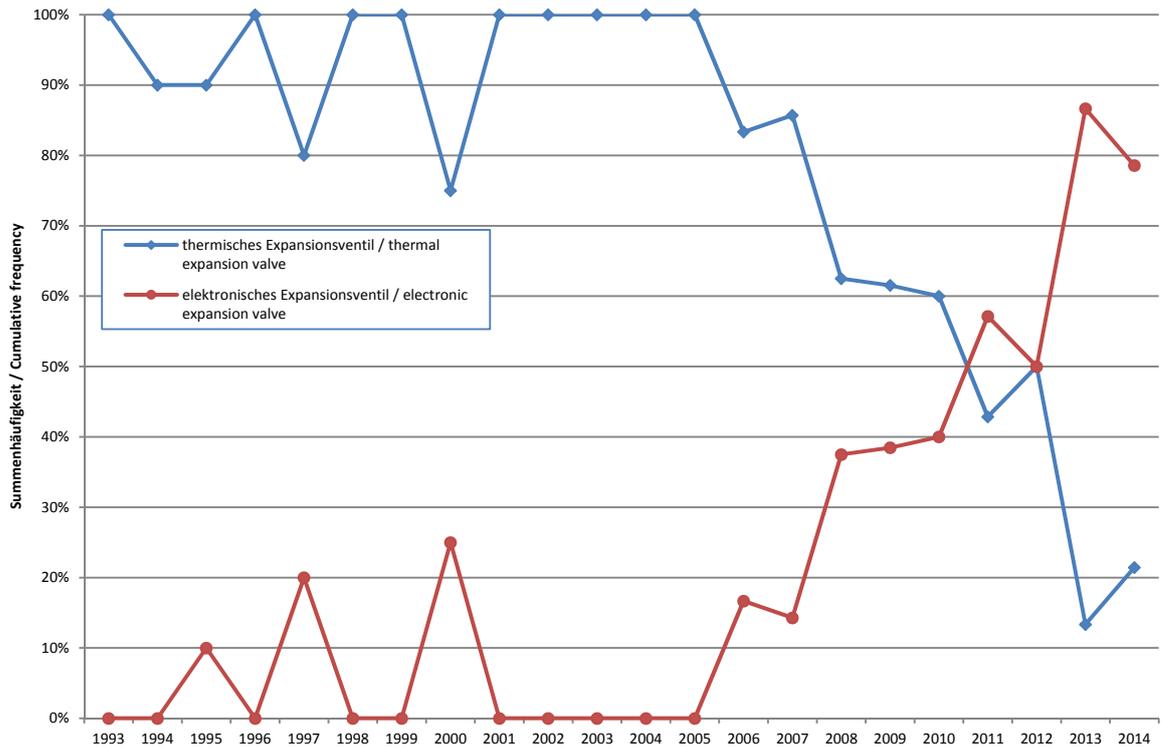


Abb. 1.7: Summenhäufigkeitsverteilung der Expansionsventile

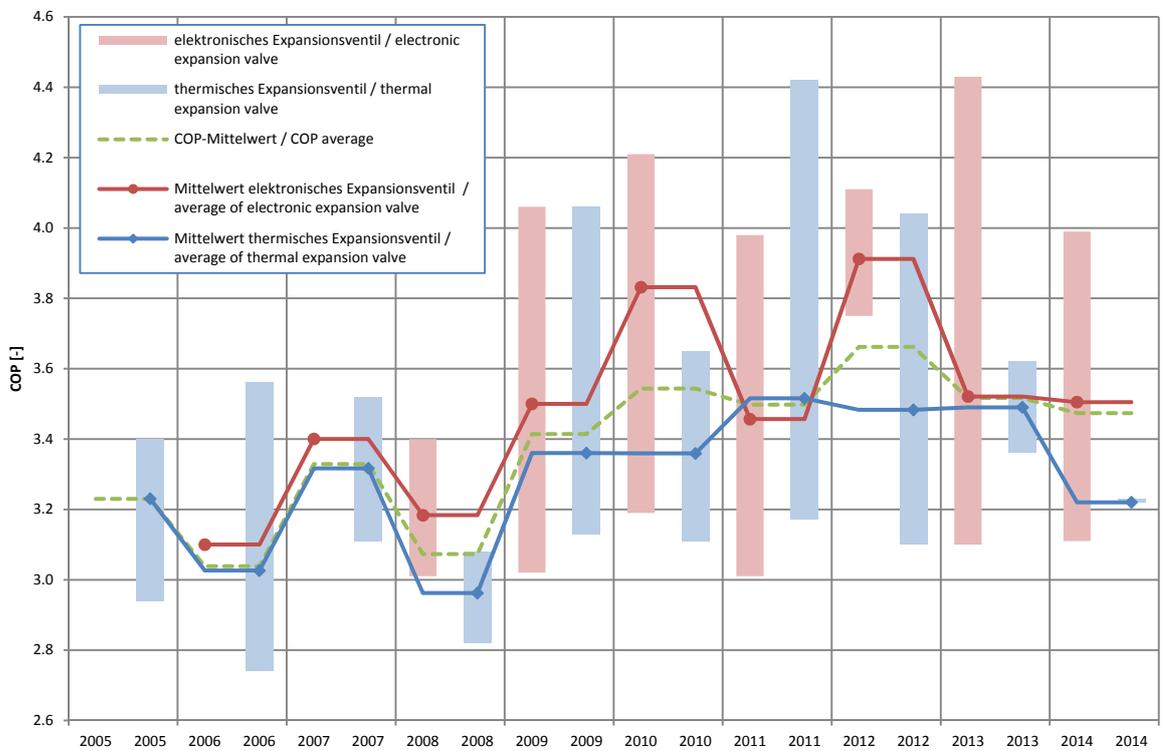


Abb. 1.8: COP-Entwicklung in Abhängigkeit vom thermischen und elektronischen Expansionsventil

## 1.4 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe ersichtlich.

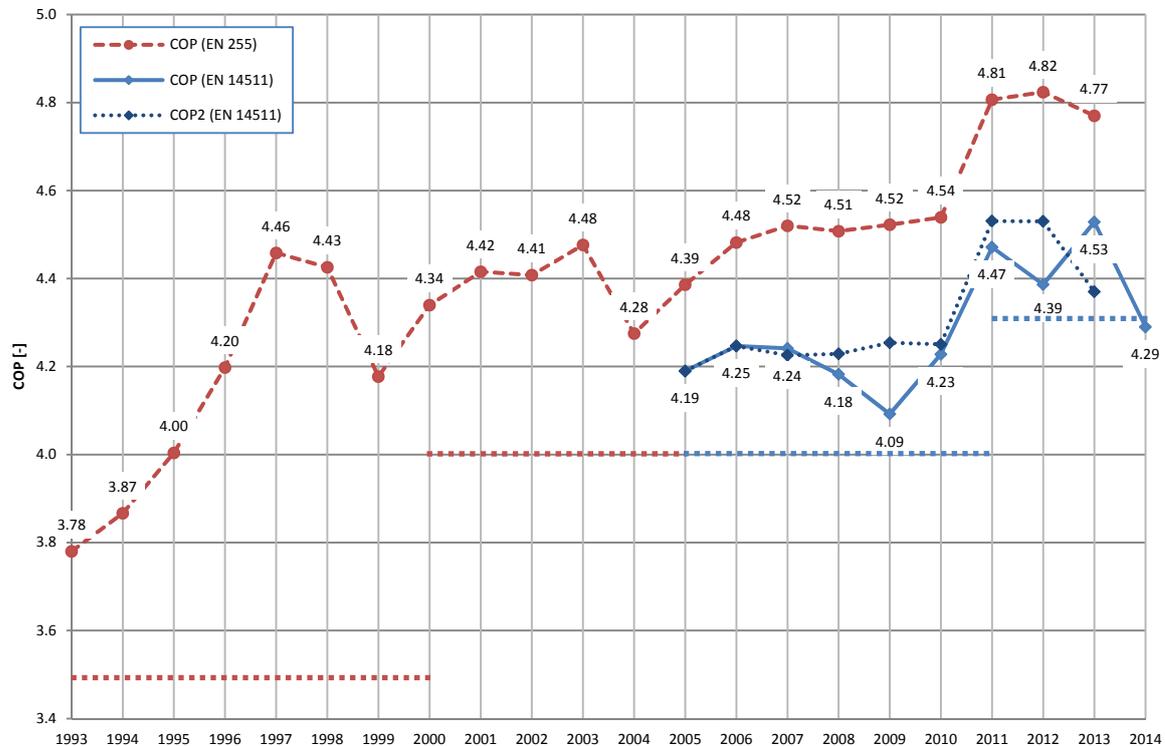


Abb. 1.9: COP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Die Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe hat sich seit 2005 jährlich durchschnittlich um etwa 0.25% erhöht. Im Berichtsjahr wurde ein mittlerer COP von 4.29 beim Normpunkt ermittelt. Dies entspricht nicht einmal der Mindestanforderung für das Gütesiegel. Die grösste Effizienzsteigerung der Sole/Wasser-Wärmepumpe konnte im Jahr 2011 erzielt werden. Da lag der mittlere COP aller geprüften Wärmepumpen bei 4.47. 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 2013 werden keine Messungen mehr mit  $dT = 10K$  durchgeführt.

## 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 und 2013 wurden mehr Sole/Wasser-Wärmepumpen mit elektronischem Expansionsventil geprüft. Daher ist es umso überraschender, dass im Berichtsjahr nur 1 von 5 mit diesem Typ ausgestattet war. Dies könnte sich jedoch im nächsten Jahr wieder ändern.

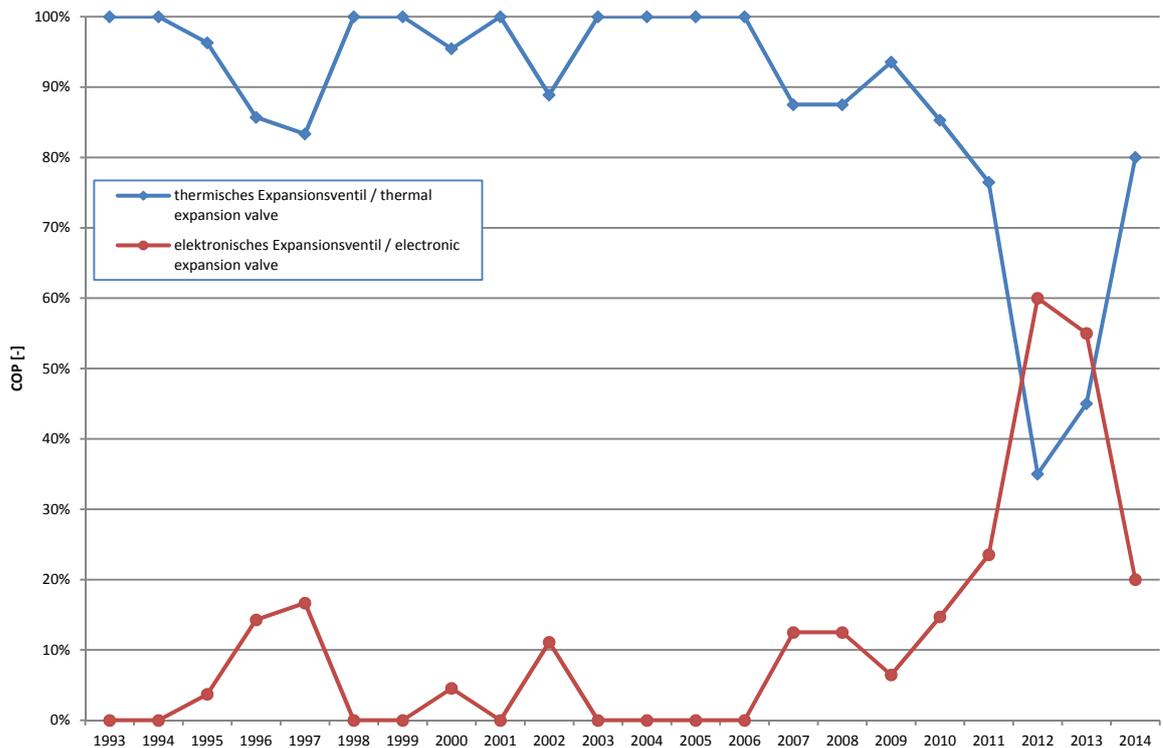


Abb. 1.10: Summenhäufigkeitsverteilung der Expansionsventile

In der nachfolgenden Abbildung wird 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 4.32 und 4.89 und bei Wärmepumpen mit thermischem Expansionsventil zwischen 4.23 und 4.77 im 2013. Im Berichtsjahr sind die Streuungen anhand der kleinen Anzahl Messungen auch gering.

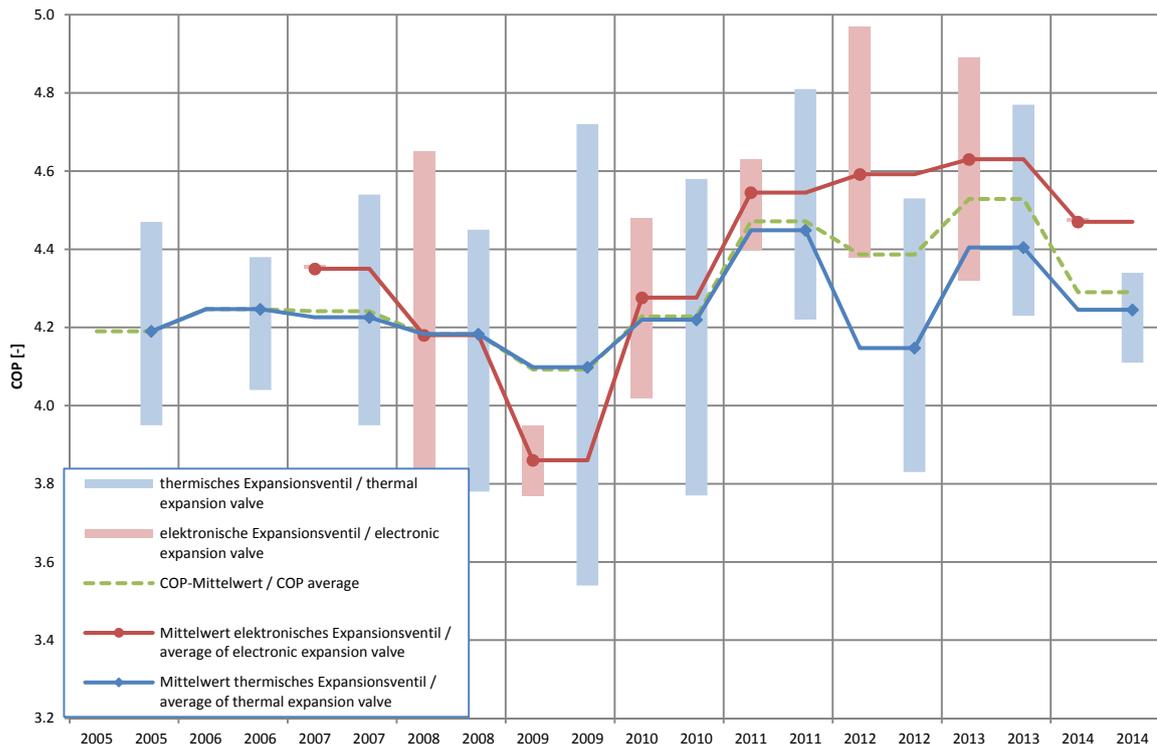


Abb. 1.11: COP-Entwicklung in Abhängigkeit vom thermischen und elektronischen Expansionsventil

## 1.6 Schlussfolgerung

Welche Variante bei Luft/Wasser-Wärmepumpen in Zukunft vermehrt verwendet und geprüft wird, ist zurzeit schwer zu sagen. Anhand von den COP- und Schallemissionswerten könnte sich die innen-aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe in naher Zukunft gegenüber den anderen beiden Varianten behaupten. Wobei, wird der Sanierungsmarkt berücksichtigt, könnten mehrheitlich Split-Wärmepumpen in naher Zukunft geprüft werden. Die Effizienz der Innenaufstellung konnte in den letzten Jahren stetig erhöht werden und lag im Berichtsjahr weit über der der Split-Wärmepumpe, die Jahrelang dieses Metier für sich entschied. Da die Schallproblematik insbesondere bei Luft/Wasser-Wärmepumpen immer mehr zum Thema wird, könnte die Innenaufstellung ebenfalls interessanter werden. Bei der innen-aufgestellten Variante können Luftkanäle und/oder Lichtschächte direkt als Schallschutzminderung umgesetzt werden, ohne dass zusätzlich bauliche oder gerätespezifische Anpassungen durchgeführt werden müssen, um den Beurteilungspegel nach LSV beim Nachbarn einzuhalten.

Sowohl bei Luft/Wasser- als auch bei Sole/Wasser-Wärmepumpen geht der Trend zu elektronischen Expansionsventilen. Wobei dies bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen in diesem Jahr nicht bestätigt werden konnte. 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] durch. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 8 Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei A15 / W10-55 und 7 bei A7 / W10-55 geprüft. Insgesamt wurden bereits 42 Wärmepumpenboiler an einem dieser beiden Prüfbedingungen gemessen. 7 Wärmepumpen-Boiler wurden nach der ErP-Richtlinie [5] gemessen, wobei 5 davon Sole/Wasser-Wärmepumpen mit integriertem Speicher waren. In diesem Kapitel wird nur auf die Messungen nach EN 16147 eingegangen.

### 2.1 COP-Werte

In der folgenden Abbildung 2.1 sind die Summenhäufigkeiten der erreichten COP-Werte bei A15 / W10-55 und A7 / W10-55 ersichtlich. Der Median liegt bei den geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei 2.84 (A15) respektive bei 2.62 (A7).

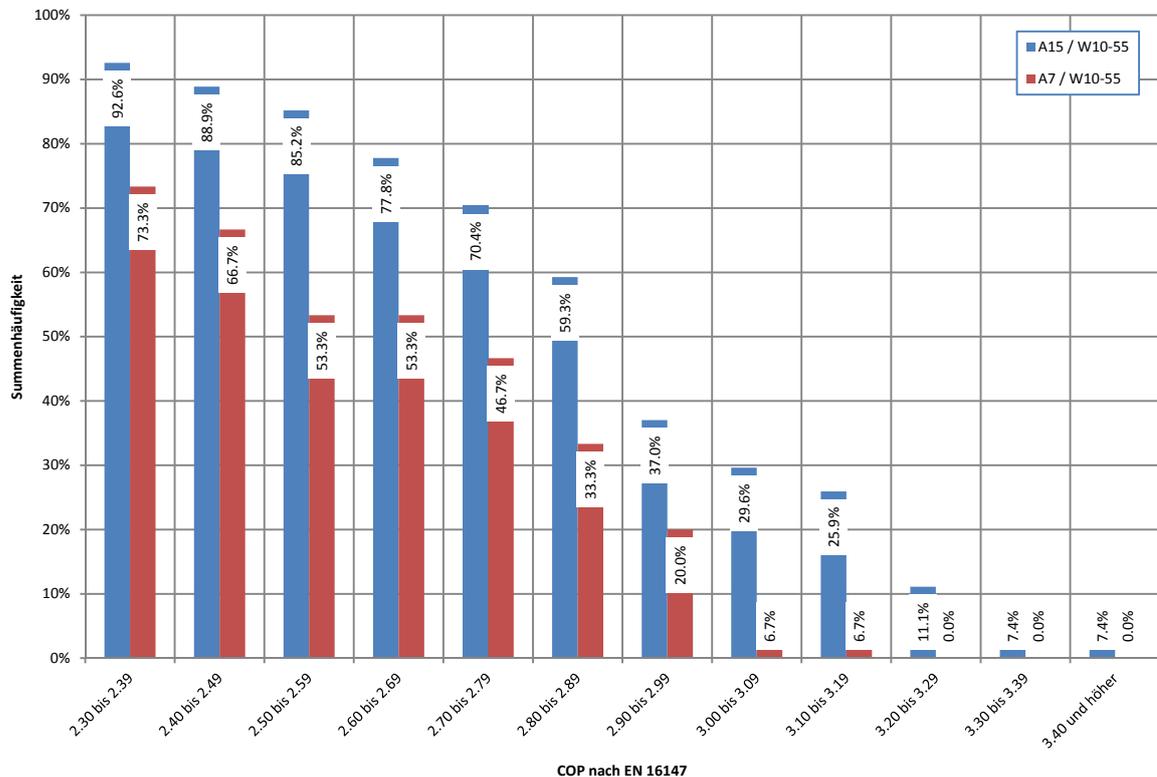


Abb. 2.1: COP-Verteilung aller geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen nach EN 16147

Damit in der Schweiz das Gütesiegel für die Brauchwarmwasser-Wärmepumpe beantragt werden kann, muss ein Mindest-COP-Wert von 2.60 bei A15 / W10-55 erreicht werden. Im Berichtsjahr haben alle geprüften Wärmepumpen diesen geforderten Wert erreicht. 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. In diesem Jahr wurden auch einige Messungen bei A20 (Lufttemperatur = 20°C) durchgeführt, da die ErP-Richtlinie diese Prüfbedingung unterstützt.

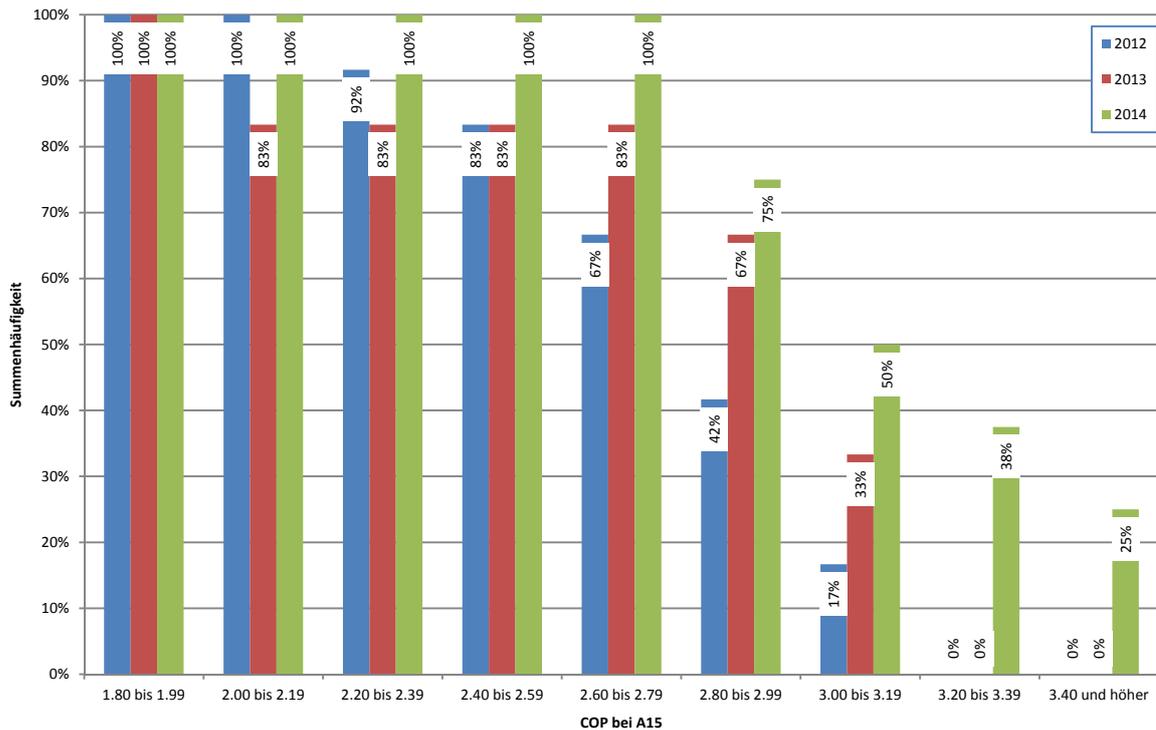


Abb. 2.2: COP-Verteilung aller geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen bei A15

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 Berichtsjahr haben alle geprüften Boiler diesen Wert erreicht.

## 2.2 Einfluss der Thermostattemperatur

Zurzeit werden die Messungen an Brauchwarmwasser-Wärmepumpen mit einer Thermostateinstellung von 55°C durchgeführt. Dies hat den Grund weil die höchste geforderte Temperatur während der COP-Bestimmung beziehungsweise des Entnahmezyklus 55°C (für Geschirrspülung) beträgt. Falls diese Temperatur von 55°C während des Geschirrspülens nicht erreicht wird, wird rechnerisch noch den elektrischen Anteil (damit diese 55°C erreicht werden) hinzuaddiert. Da ab 2015 die Energieetikette für Brauchwarmwasser-Wärmepumpen in der EU Pflicht wird, stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Einstellung des Thermostats auf den COP hat. Es wurden zwei Messungen einer Brauchwarmwasser-Wärmepumpe an A20 (relevant für die Energieetikette) durchgeführt. Bei der ersten Messung wurde der Thermostat auf 55°C eingestellt, bei der zweiten Messung nur noch auf 45°C. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der beiden Messungen ersichtlich.

		Messung 1	Messung 2	Differenz
1	Thermostateinstellung	55 °C	45 °C	10 K
2	Elektrische Verlustleistung	32 W	20 W	- 12 W oder - 37.5 %
3	Elektrische Anteil für den Geschirrspüler	0.000 kWh	0.312 kWh	+0.312 kWh
4	COP	3.22	3.62	+ 0.40 oder + 12.4 %
5	Bezugswarmwasser-Temperatur	54.4 °C	45.0 °C	- 9.4 K
6	Max. nutzbare Warmwassermenge	421 Liter	321 Liter	- 100 Liter oder - 23.8 %
7	Nutzbare Bezugswarmwasserenergie	14.602 kWh	11.139 kWh	- 3.463 kWh oder - 23.7%

Tab. 2.1: Ergebnisse von einer 300 Liter-Brauchwarmwasser-Wärmepumpe

Durch dieses Ergebnis wird ersichtlich, dass die Thermostateinstellung einen grossen Einfluss auf die Effizienz des Wärmepumpenboilers hat. Die Effizienz hat sich um mehr als 12 % verbessert, obwohl einen elektrischen Anteil hinzuaddiert werden musste, da die geforderten 55 °C für das Geschirrspülen nicht zur Verfügung standen. Dieser Anteil ist jedoch wesentlich geringer, als wenn die Wärmepumpe den Speicher stetig auf 55 °C (statt 45 °C) aufheizt. Damit eine solche Verwässerung nicht aufkommt, sollte eine minimale Bezugswarmwasser-Temperatur definiert werden. Bei der Messung 1 wurde eine Bezugswarmwasser-Temperatur von 54.4 °C (Punkt 5) gemessen, also um beinahe 10 K höher als bei der zweiten Messung. Dies hat zur Folge, dass im Speicher nach Messung 1 wesentlich mehr Energie gespeichert wird als nach Messung 2 (Punkt 7).

## 2.3 Schlussfolgerung

Alle im Berichtsjahr geprüften Brauchwarmwasser-Wärmepumpen (Prüfbedingung bei A15 / W10-55), konnten den für das Gütesiegel geforderte Mindest-COP von 2.60 erreichen. Ausserdem werden auch Messungen bei A7 / W10-55 durchgeführt.

Da die Energieetikette für Brauchwarmwasser-Wärmepumpen in der EU ab 2015 Pflicht wird, stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Thermostateinstellung auf die Effizienz hat. An Labormessungen wurde dieser Einfluss gemessen. Es wurden zwei Messungen bei A20 mit Thermostateinstellungen von 55 °C und 45 °C durchgeführt. Die Effizienz lag rund 12 % höher bei der niedrigeren Thermostateinstellung.

### 3 Vergleich mit der europäischen Energieetikette

Die europäische Union führt für Wärmepumpen und andere Wärmeerzeuger eine Energieetikette ein. Eine Kennzeichnung wird ab dem 26.9.2015 Pflicht sein. Bis jetzt ist noch offen, welche Anforderungen die Schweiz in Ihre Gesetzgebung übernehmen wird.

#### 3.1 Für Luft/Wasser-, Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-WPs

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:

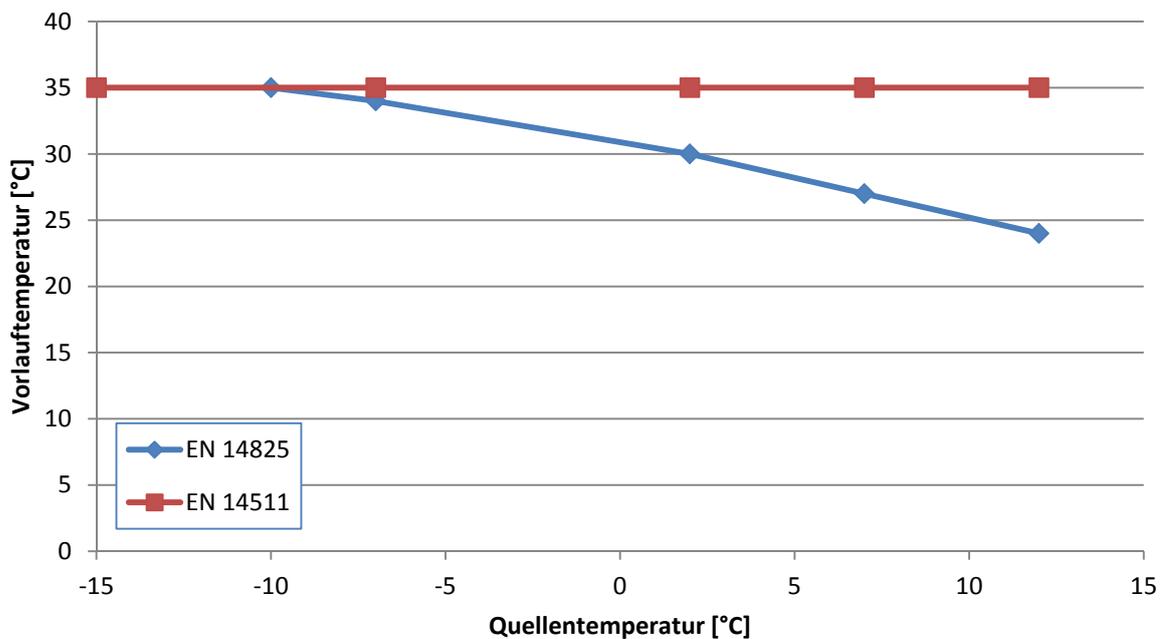


Abb. 3.1: unterschiedliche Vorlauftemperaturen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen

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.

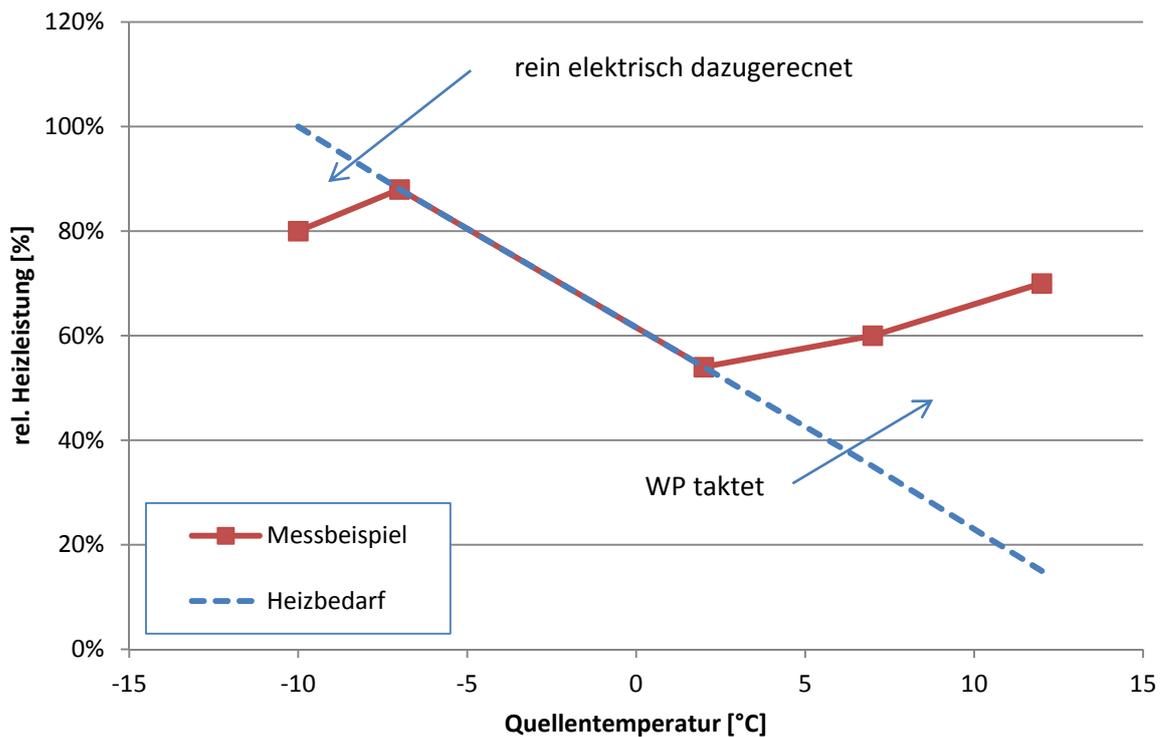


Abb. 3.2: Verlauf der relativen Heizleistung bei einem fiktiven Gebäude nach EN 14825

Die gestrichelte Linie zeigt den relativen Heizbedarf eines Gebäudes nach EN 14825. Bei  $-10^{\circ}\text{C}$  braucht das Gebäude 100% der Heizleistung (z.B. 10kW). Die durchgezogene Linie bezieht sich auf eine Wärmepumpen-Messung. Diese Wärmepumpe hat bei  $-7^{\circ}\text{C}$  die höchste Abgabeleistung (z.B. 8.8kW). Bei  $-10^{\circ}\text{C}$  steht nur noch eine Heizleistung von 8.0kW an. Das heisst, dass die fehlenden 2kW rein elektrisch dazugerechnet werden. Zwischen  $-7^{\circ}\text{C}$  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  $12^{\circ}\text{C}$ ) 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 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, sie sind rein erfunden. 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 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.

## 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*