



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 2019

Jahresbericht

Ausgearbeitet durch:

**Mick Eschmann, Interstaatliche Hochschule für Technik NTB,  
Wärmepumpen-Testzentrum WPZ**

Werdenbergstrasse 4, CH – 9471 Buchs SG

mick.eschmann@ost.ch, [www.wpz.ch](http://www.wpz.ch)



## **Impressum**

Datum: 17.02.2020

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

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

Vertragsnummer: SH/8100039-02-01-08

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	5	
Résumé 6		
<b>1</b>	<b>Wärmepumpentypen</b>	<b>7</b>
1.1	Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe .....	7
1.2	Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen .....	10
1.3	Kältemitteltypen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen .....	12
1.4	Schallentwicklung von Luft/Wasser-Wärmepumpen .....	14
1.5	Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe.....	16
1.6	Kältemitteltypen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen .....	18
1.7	Schlussfolgerung .....	19
<b>2</b>	<b>Warmwasser-Wärmepumpen</b>	<b>20</b>
2.1	Schlussfolgerung .....	21
<b>3</b>	<b>Referenzen</b>	<b>22</b>

## Zusammenfassung

Seit 2005 wurden beim akkreditierten Wärmepumpen-Testzentrum WPZ in Buchs SG insgesamt 207 Luft/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt A2/Wxx-35 (Aussentemperatur 2 °C und Vorlauftemperatur 35 °C) und 210 Sole/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt B0/W30-35 (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 131 Split-Anlagen, 50 Aussenaufstellungen und 41 Innenaufstellungen am WPZ geprüft.

Im Berichtsjahr 2019 wurden insgesamt 36 Luft/Wasser-Wärmepumpen gemessen, jedoch nur 21 nach EN 14511 bei A2/Wxx-35 (Split = 12 Messungen, Aussen = 8 Messungen, Innen = 1). Bei den restlichen 15 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 14 Sole/Wasser- und 17 Wasser/Wasser-Wärmepumpen-Prüfungen durchgeführt. Insgesamt wurden 9 Wärmepumpen am Normpunkt B0/Wxx-35 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 105 Wasser/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt W10/Wxx-35 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 2019 schwank der Mittelwert stark zwischen 3.13 und 3.96. Seit der Messung wurde noch nie so ein hoher jährliche mittlere COP von 3.96 gemessen wie im Berichtsjahr. Der SCOP wird bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen seit 2014 ermittelt und stieg im Berichtsjahr auf 4.48.

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 2019 wurde am WPZ ein mittlerer COP von 4.62 gemessen. Seit 2016 werden vermehrt die Wärmepumpen mit einem SCOP ausgewertet, der aktuell im Schnitt bei 5.04 liegt.

Die Warmwasser-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 und nicht mehr bei 15 °C durchgeführt. Dadurch liegen die Ergebnisse rund 10 % höher als früher. Die durchschnittlichen COP-Werte stieg im Berichtsjahr von 3.47 auf 3.64 (20 °C). Insgesamt wurden im 2018 6 Wärmepumpen an dieser Prüfbedingung gemessen. Zudem werden auch Warmwassermessungen bei 7 °C durchgeführt. Die mittlere Effizienz liegt bei den 13 Messungen bei 2.56.

## Résumé

Depuis 2005, le centre accrédité de test des pompes à chaleur de Buchs (SG), le WPZ, a testé, en tout, 207 pompes à chaleur air-eau au point de dimensionnement A2/Wxx-35 (température extérieure 2° C et température de départ chauffage 35° C) et 210 pompes à chaleur sol-eau au point de dimensionnement B0/W30-35 (température de la source 0° C et température de départ chauffage 35° C), et cela conformément à la norme EN 14511. Pour les pompes à chaleur air-eau, on a distingué entre trois différents types de pompes à chaleur (installations split, installations en extérieur et installations en intérieur). Depuis 2005, ce sont 131 installations split, 50 installations extérieures et 41 installations intérieures, qui ont été testées au WPZ.

Au cours de l'année 2019, 36 pompes à chaleur air-eau ont été mesurées en tout, mais seulement 21 selon la norme EN 14511 à A2/Wxx-35 (split = 12 mesures, extérieur = 8 mesures, intérieur = 1 mesure). Les 15 pompes à chaleur air-eau restantes ont été mesurées selon la norme EN 14825, la directive ErP ou la norme NF PAC (certification française). L'étiquetage énergétique des appareils de chauffage pour les locaux, exigé par la loi aussi bien dans l'UE qu'en Suisse, est basé sur des mesures conformes à la norme EN 14825 pour les pompes à chaleur. C'est pourquoi les pompes à chaleur seront probablement principalement testées selon cette norme à l'avenir. En plus des mesures de pompe à chaleur air-eau, 14 pompes à chaleur sol-eau et 17 pompes à chaleur eau-eau ont également été testées. Au total, 9 pompes à chaleur ont été mesurées au point de dimensionnement B0/Wxx-35 conformément à la norme EN 14511. Les données des pompes à chaleur eau-eau ne sont pas incluses dans cette statistique, car elles ne jouent qu'un rôle mineur sur le marché suisse. Depuis 2005, 105 pompes à chaleur eau-eau ont été mesurées à Buchs au point de dimensionnement W10/Wxx-35, conformément à la norme EN 14511.

Entre 2005 et 2012, l'efficacité des pompes à chaleur air-eau au point de dimensionnement fixé par la norme, a augmenté en moyenne de 1.8 % par an. Cela s'explique entre autres en raison de cycles de chauffage plus longs, entre deux cycles de dégivrages (les pompes à chaleur ne sont pas toutes systématiquement évaluées avec un cycle de dégivrage). Entre 2012 et 2019, la moyenne oscillait fortement entre 3.13 et 3.96. Depuis le début des mesures, on n'avait encore jamais mesuré un COP annuel moyen aussi élevé, à savoir 3.96, comme ce fut le cas durant l'année 2019. Le SCOP est évalué pour les pompes à chaleur air/eau depuis 2014, et s'éleva en 2019 à 4.48.

Depuis qu'en 2011, l'exigence minimale pour le COP des pompes à chaleur sol-eau a été relevée de 4.00 à 4.30 pour l'obtention du certificat de qualité du GSP, une augmentation de l'efficacité a pu être observée sur les appareils mesurés. En effet, le COP moyen mesuré est passé de 4.25 à 4.40. Depuis 2011, le COP annuel moyen est supérieur à cette limite de 4.30. En 2019, un COP moyen de 4.62 a même été mesuré au WPZ. Depuis 2016, les pompes à chaleur sont de plus en plus fréquemment évaluées selon leur SCOP, qui se situe actuellement à 5.04 en moyenne.

Les pompes à chaleur pour l'eau chaude sanitaire, ou chauffe-eaux pompe à chaleur, sont testés depuis janvier 2012 conformément à la nouvelle norme EN 16147 ou directive ErP (et depuis 2017, également selon l'ordonnance suisse sur l'efficacité énergétique). La conséquence de cette directive européenne, c'est que depuis début 2015 les mesures pour le marché suisse sont effectuées à 20° C et non plus à 15° C. De ce fait, les résultats sont environ 10 % plus élevés qu'auparavant. Les valeurs moyennes de COP, mesurées en 2019, ont augmenté de 3.47 à 3.64 (20° C). Seules 6 pompes à chaleur ont été mesurées selon ces normes en 2018. De plus, des mesures d'eau chaude sanitaire sont également effectuées à 7° C. L'efficacité moyenne des 13 mesures est de 2.56.

# 1 Wärmepumpentypen

In diesem Kapitel werden alle Effizienz-Messungen, die nach den Prüfnormen EN 14511 [1][2][3] und EN 14825 [4] durchgeführt wurden, berücksichtigt. Zur Auswertung der Leistungszahlen (COP) werden die Ergebnisse verwendet, die bei den Prüfnormpunkten A2/Wxx-35 (Luft/Wasser-Wärmepumpen) resp. B0/W30-35 (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 werden nur die innenaufgestellte Variante für Erdwärmesonde oder Erdregister geprüft. Die Schallmessungen werden bei A7/W47-55 (Luft/Wasser-WP) und B0/W47-55 (Sole/Wasser-WP) durchgeführt. Erläuterungen der Messpunkte in der folgenden Tabelle 1.1.

Tab. 1.1: Erläuterung der Messpunkte

Messpunkt	Quellentemperatur [°C]	Vorlauftemperatur [°C]	Rücklauftemperatur [°C]	Norm
A7/W30-35	7	35	30	EN 14511
A2/Wxx-35	2	35	ergibt sich durch den eingestellten Volumenstrom bei A7/W30-35	EN 14511
A7/W47-55	7	55	47	EN 14511
B0/W30-35	0	35	30	EN 14511
B0/W47-55	0	55	47	EN 14511

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 seit Messbeginn von 1993 beim Messpunkt A2/Wxx-35 bis 2010 stetig verbessert. In Abb. 1.1 sind die Entwicklung des COPs nach aktueller (blau) und abgelöster (rot) Norm ersichtlich, wobei letztere seit 2013 nicht mehr angewendet wird.

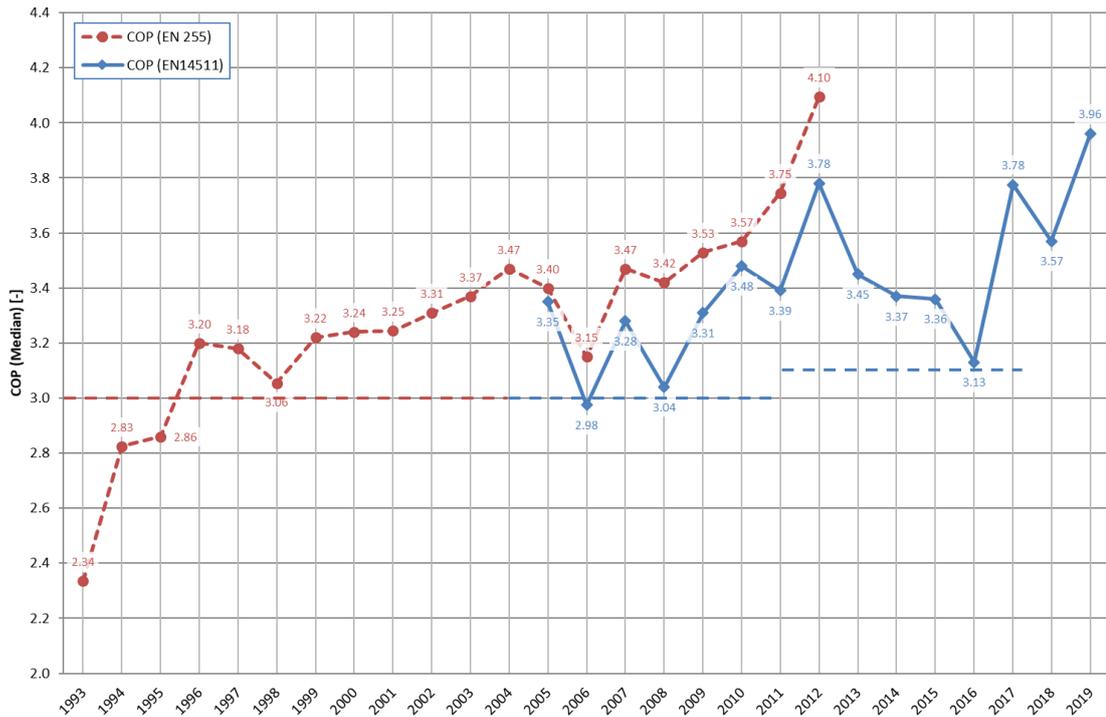


Abb. 1.1: COP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Hier ist jedoch zu erwähnen, dass in Zukunft immer weniger Datenpunkte bei A2/Wxx-35 zur Verfügung stehen werden, da dieser Messpunkt keine Bedeutung mehr für das EHPA-Gütesiegel hat. Zurzeit liegen aber noch genügend Messwerte vor, damit eine Aussage über die Effizienzentwicklung gemacht werden kann. Der COP-Mittelwert der gemessenen Wärmepumpen liegt im Berichtsjahr bei 3.96. Beim Zurückschauen wird erkennbar, dass die Effizienz an diesem Messpunkt in den letzten Jahren wieder ansteigt. Einen Grund hierfür kann die Streuung der COP-Werte sein. Bei der Betrachtung der Abb. 1.2 wird klar, dass in einigen Jahren die Streuung der einzelnen Ergebnisse durchaus frappant waren. So zum Beispiel in den letzten beiden Jahren. Die Differenz des tiefsten und höchsten COP beträgt ganze 2.26. Natürlich handelt es sich beim niedrigsten COP-Wert aus dem 2018 um einen Ausreisser. Ausserdem fällt in diesem Diagramm auf, dass vermehrt Messungen bei A2/Wxx-35 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 %.

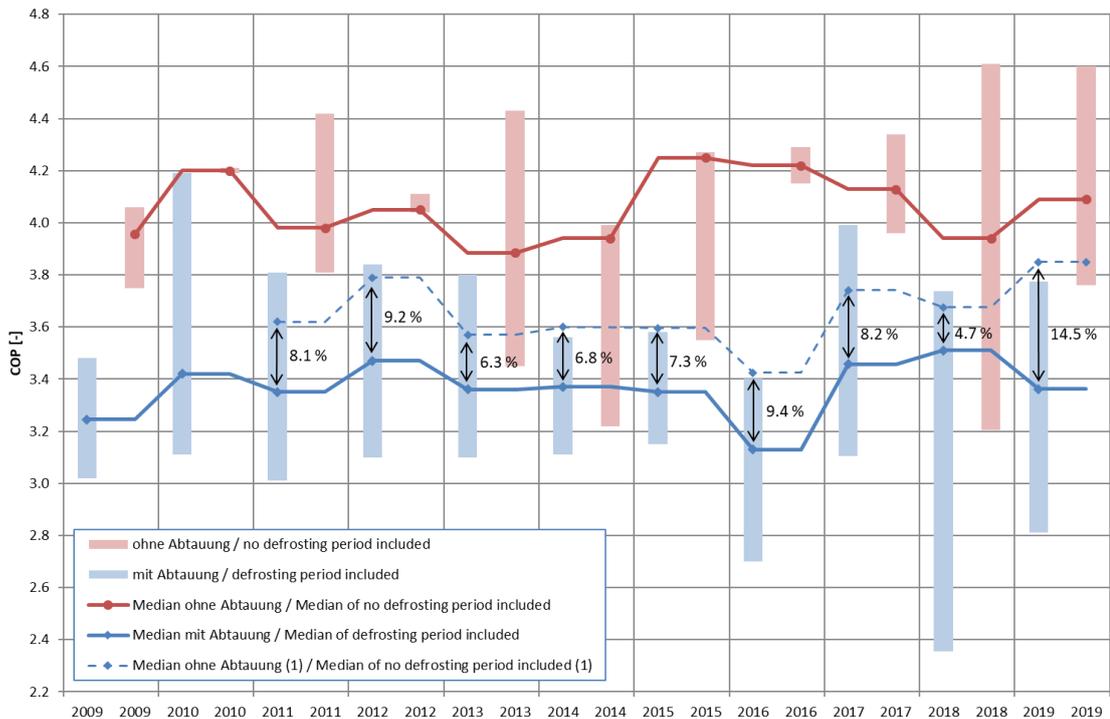


Abb. 1.2: COP-Vergleich zwischen Wärmepumpen mit und ohne Abtauung

Nun stellt sich die Frage, weshalb bei den einen Wärmepumpe eine Abtauung berücksichtigt wird und bei den anderen nicht. In der EN 14511 ist das Kriterium für die Nichtberücksichtigung der Abtauung beschrieben. Vereinfacht gesagt, darf die Heizleistung während dem Heizbetrieb von der 70. bis zur 140. min nicht mehr als um 2.5 % abnehmen. Ist dies der Fall, kann die Auswertung ohne Abtauung vorgenommen werden. Bei grösserer Abnahme muss die Abtauung in die Auswertung mitreingemessen werden. Würden jedoch die Abtau-Messungen ohne Abtauung ausgewertet, wäre die Effizienz dieser Wärmepumpen im Schnitt um rund 5 bis 15 % höher. Mit anderen Worten, für die Enteisung des Verdampfers beim Messpunkt A2/Wxx-35 werden rund 5 bis 15 % der zuvor zugeführten Wärmeenergie zurückgefordert.

Die Streuung der einzelnen Messergebnisse ist jedoch gross, so liegen die Leistungszahlen im Berichtsjahr mit Abtauung zwischen 2.81 und 3.77. Dieselben Wärmepumpen würden einen COP von 3.03 bis 3.96 aufweisen, falls keine Abtauung berücksichtigt würde. Bei den Auswertungen ohne Abtauung liegt die Streuung zwischen 3.76 und 4.60. Dies wird sich ebenfalls auf den SCOP nach EN 14825 auswirken, da der Betriebspunkt bei Aussentemperatur von 2 °C stark ins Gewicht für die Berechnung des SCOPs fällt. Für die Berechnung des SCOPs ist jedoch nicht der Prüfpunkt A2/Wxx-35 massgebend, sondern der Prüfpunkt A2/Wxx-30. Dies ist ein bedeutender Grund, weshalb in Zukunft immer weniger Wärmepumpen beim Prüfpunkt A2/Wxx-35 gemessen werden. Um das Gütesiegel beantragen zu können, muss heute die Luft/Wasser-Wärmepumpe ein SCOP von 3.50 erreichen. Der Mindest-COP von 3.10 bei A2/Wxx-35 ist nicht mehr gefragt.

In der Abb. 1.3 sind die SCOP-Werte bei 35 °C (bezieht sich auf Bodenheizung) und bei 55 °C (bezieht sich auf Radiatorheizung) ersichtlich. Die erste SCOP-Messungen starteten somit im 2014. Zum jetzigen Zeitpunkt ist beim SCOP (35 °C) einen tendenziellen Anstieg erkennbar, wobei die Streuung in sich sehr gross ist. Im Berichtsjahr reicht dieser von 3.23 bis 5.26.

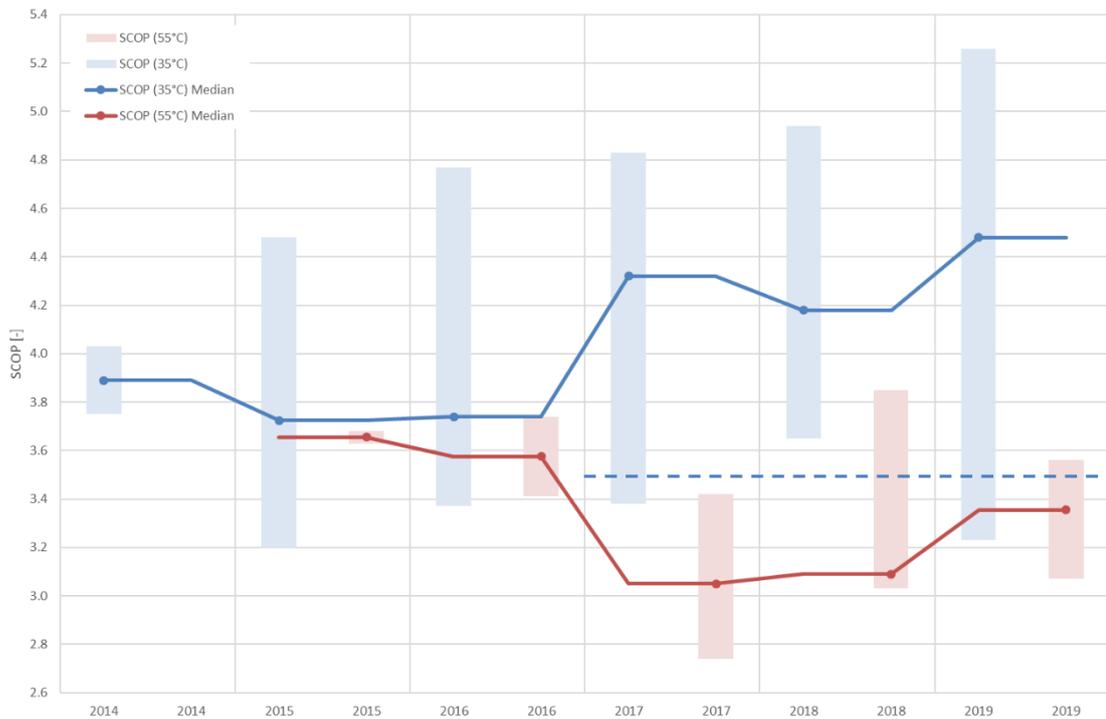


Abb. 1.3: SCOP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpen

Zusätzlich dem Bodenheizungs-SCOP werden auch Radiatorheizungs-SCOP ermittelt, die zwar für das Gütesiegel nicht notwendig sind, jedoch für die Energieetikette [5]. Hier liegen die Werte im Berichtsjahr zwischen 3.07 und 3.56. Jedoch ist zu erwähnen, dass die SCOP55 in den Jahren 2015 und 2016 überdurchschnittlich hoch waren. Dies, weil in diesen Jahren hauptsächlich die SCOP55-Messung an Wärmepumpen durchgeführt wurden, die für den Sanierungsmarkt vorgesehen waren. Bei diesen Wärmepumpen wurden keine SCOP35-Messung durchgeführt. In den letzten drei Jahren wurden vor allem SCOP35-Messungen durchgeführt, bei denen auch die SCOP55-Messung gewünscht waren. Folgende Messpunkte werden für die Berechnung der beiden SCOP-Werte geprüft.

Tab. 1.2: Messpunkte für die Berechnung des SCOPs (EN 14825)

SCOP 35 (Bodenheizung)	SCOP 55 (Radiatorheizung)
A-10/Wxx-35	A-10/Wxx-55
A-7/Wxx-34	A-7/Wxx-52
A2/Wxx-30	A2/Wxx-42
A7/Wxx-27	A7/Wxx-36
A12/Wxx-24	A12/Wxx-30
Bivalenzpunkt	Bivalenzpunkt

## 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 132 Splitanlagen, 51 aussenaufgestellte und

41 innenaufgestellte Wärmepumpen beim genannten Messpunkt geprüft. Auffallend ist, dass in den letzten 7 Jahren hauptsächlich Split-Wärmepumpen ausgemessen wurden.

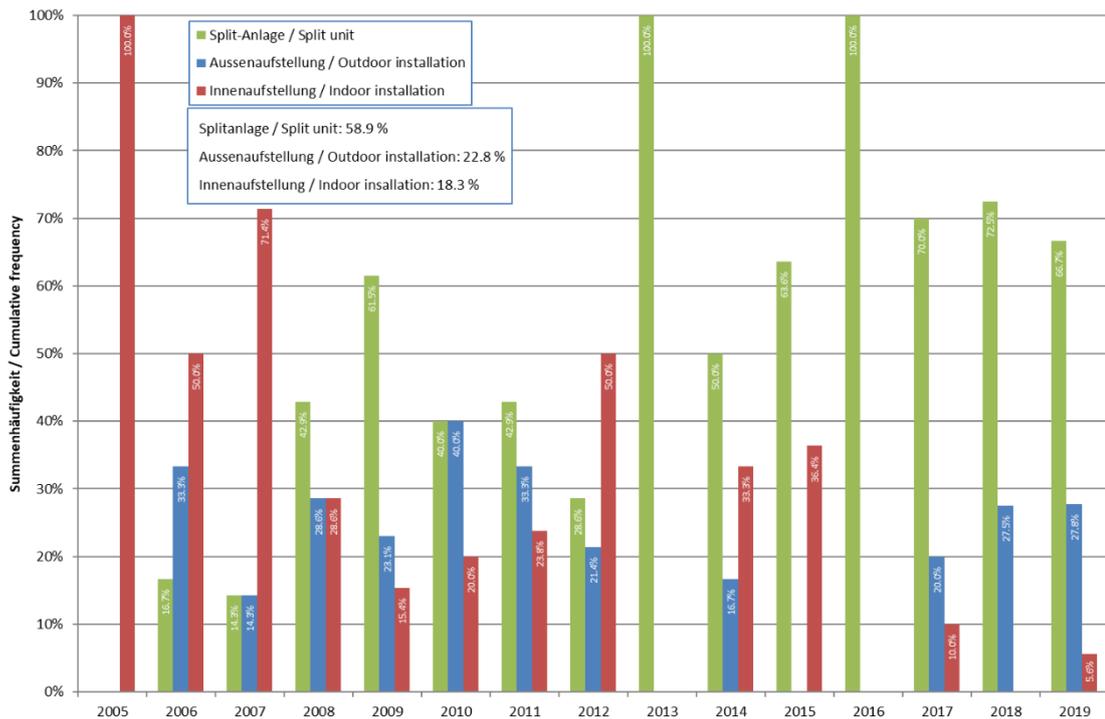


Abb. 1.3: Wärmepumpentypen auf dem WPZ-Prüfstand seit 2005

Aktuell zeigt sich, dass die Split-Wärmepumpe im Trend liegt. Im Berichtsjahr sind zweidrittel aller Prüfstandobjekte auf die Split-Variante zurück zu führen. Bei der aussenaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpe ist dafür zu beobachten, dass sich das Design von der ursprünglichen Innenaufstellungs- zur Split-Optik ändert. So konnte die Aussengröße der aussenaufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpe in den letzten Jahren stark reduziert werden. Da die aussenaufgestellte Wärmepumpe gegenüber der Split-Wärmepumpe einen kleineren Installationsaufwand (Verlegung von Wasser- statt Kältemittelleitungen) mit sich bringt, könnte sich der Trend in naher Zukunft zu diesem Typ wenden.

Obwohl sich die Sensibilität auf Schall nicht nur in der Schweiz, sondern auch in der EU an Bedeutung gewinnt, ist einen Trend zur innenaufgestellten Luft/Wasser-Wärmepumpe zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu beobachten.

Allgemein kann angenommen werden, dass Split- und aussenaufgestellte Wärmepumpen im Neubau und Sanierungsbereich angewendet werden. Die innenaufgestellte Wärmepumpe wird heute praktisch nur bei Neubauten installiert. Im folgenden Diagrammen wird die Effizienzentwicklung der drei Bauarten gezeigt.

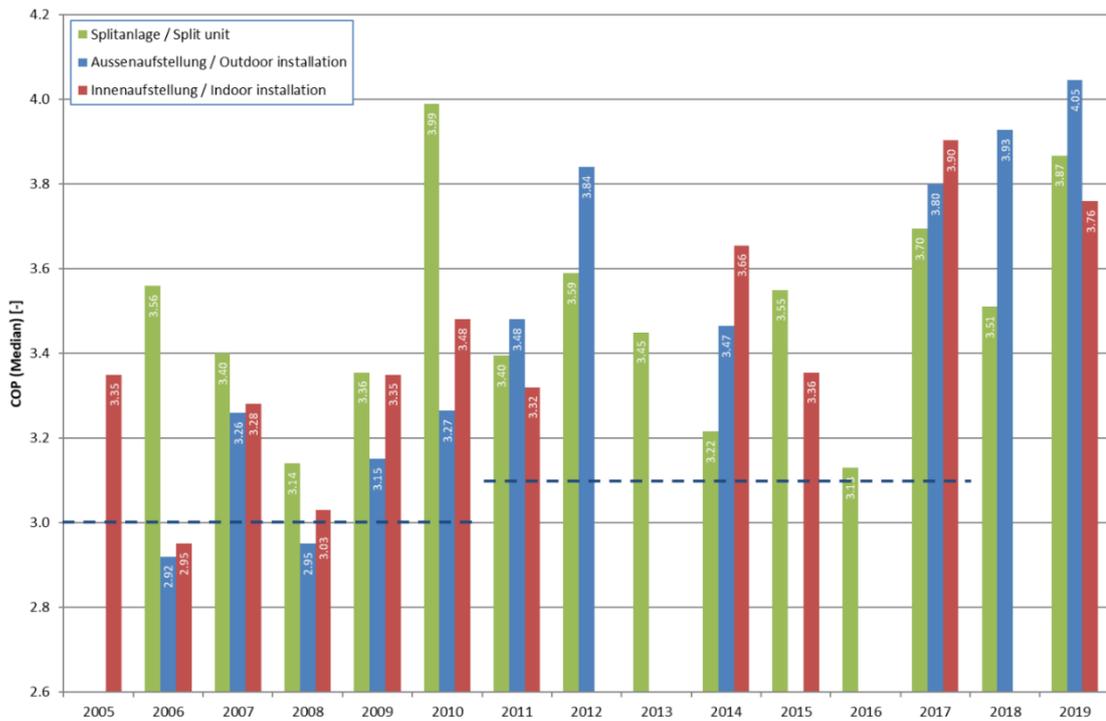


Abb. 1.4: COP-Entwicklung von den verschiedenen Wärmepumpen-Bauarten seit 2005

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 und 2018). Die aussenaufgestellte Wärmepumpenvariante konnte den durchschnittlichen COP-Wert von 3.48 im Jahr 2011 auf 4.05 (+ 16 %) im Jahr 2019 erhöhen. Dem gegenüber konnte die innenaufgestellte Wärmepumpe diesen mittleren Wert im Zeitraum von 2011 bis 2019 von 3.32 auf 3.76 (+ 13 %) erhöhen. Die Split-Wärmepumpen könnten durchaus in zwei Gruppen unterteilt werden, da es sich hier einerseits um Klimageräte und andererseits um Wärmepumpen handeln. So liegt der COP-Median (50 % der gemessenen COPs liegen entweder oberhalb oder unterhalb dieses Wertes) der Klimageräte zwischen 2014 und 2019 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, die seit 2018 jedoch keine Bedeutung mehr hat.

### 1.3 Kältemitteltypen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen

Mit den Verschärfungen des GWP-Grenzwertes (Treibhauspotenzial; Englisch Global warming potential), wird sich die Situation der zu verwendeten Kältemitteltypen in Europa ändern. So werden in naher Zukunft unter anderem die Kältemittel R407C und R410A bei Inverkehrbringen verboten, da sie einen hohen GWP-Wert aufweisen. Wie in Abbildung 1.5 ersichtlich ist, wurden in den letzten Jahren praktisch ausschliesslich nur Wärmepumpen mit R410A auf dem Prüfstand vermessen. Im Berichtsjahr werden die Auswirkungen der GWP-Verschärfung langsam sichtbar. So wurden nun auch Wärmepumpen mit R32 und R513A gemessen. Auffallend hierzu ist, dass auch wieder Wärmepumpen, bisher ausschliesslich als Aussenaufstellung, mit R290 (Propan) eingesetzt werden. Dieser Trend könnte in Zukunft noch zunehmen.

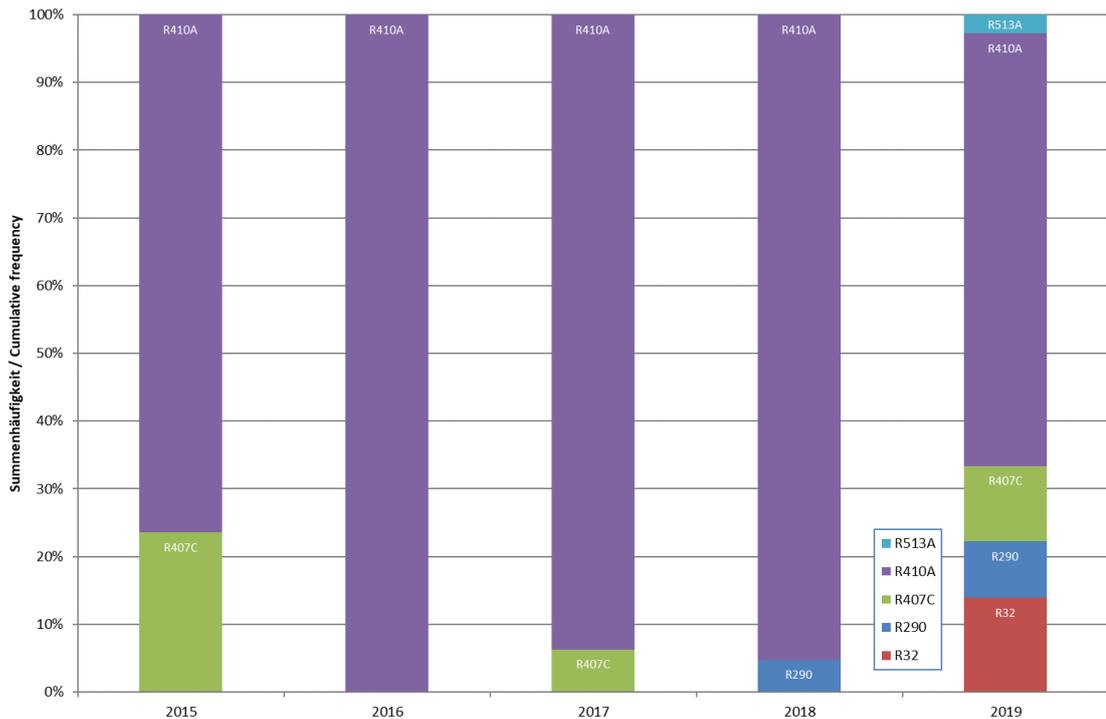


Abb. 1.5: verwendete Kältemitteltypen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen seit 2015

Natürlich stellt sich auch die Frage, wie viel Heizleistung kann pro Kilogramm Kältemittel erzeugt werden. In der folgenden Abbildung wurden die Heizleistungsdaten von A-7/Wxx-55 bzw. A-7/Wxx-52 herangezogen, da hier die Wärmepumpe bei oder nahe der Volllast läuft.

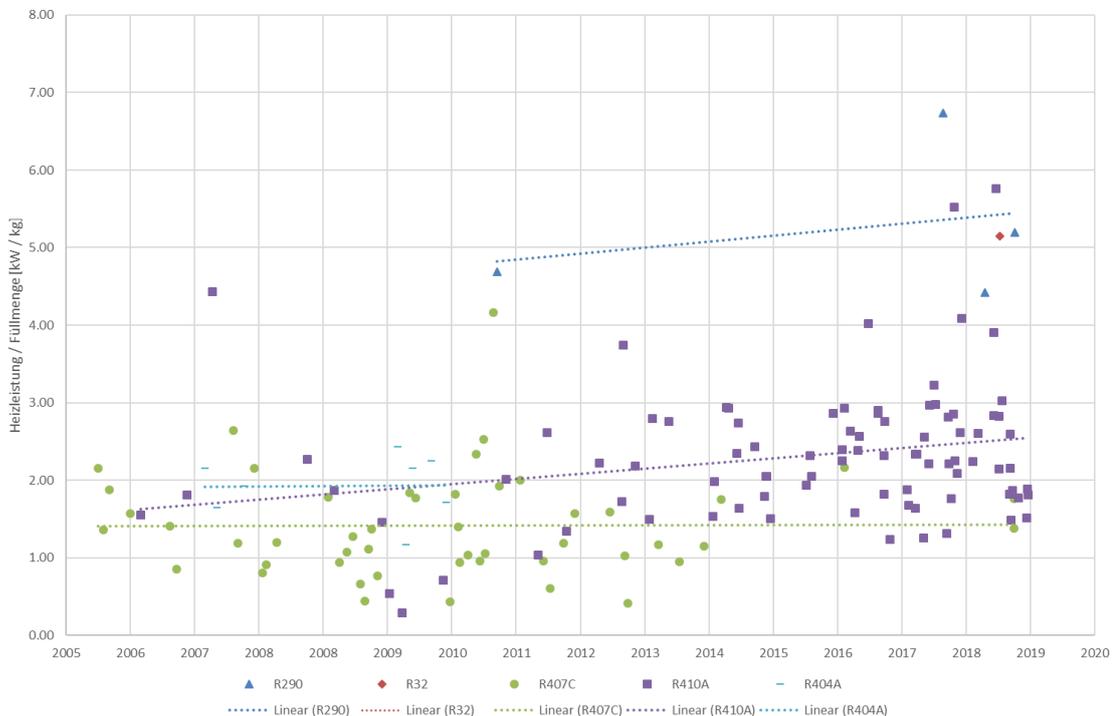


Abb. 1.6: Heizleistung pro Kältemittelfüllmenge bei Luft/Wasser-Wärmepumpen seit 2005

Es zeigt, dass bei den Kältemitteln R290 und R410A die Heizleistung pro Kilogramm Kältemittel jeweils über die Jahre erhöht werden konnte. So konnte die Heizleistung bei den Propananlagen zwischen 2010 und 2019 von rund 4.7 auf gut 5.5 kW/kg Kältemittel erhöht werden. In selben Zeitraum erhöhte

sich die Heizleistung bei den R410A-Anlagen von 2 auf 2.5 kW/kg Kältemittel. Bei den Kältemitteln R404A und R407C bleibt dieser Wert seit 2005 in etwa konstant.

## 1.4 Schallentwicklung von Luft/Wasser-Wärmepumpen

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. 1.7 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 27 dB betragen. Nach LSV (Lärmschutzverordnung) [6] müsste eine Wärmepumpe, die z.B. 20 dB lauter ist, um mehr als 20 Meter weiter vom Nachbarn entfernt installiert werden, damit keine zusätzlichen Schalloptimierungen durchgeführt werden müssen. In den meisten Fällen jedoch stehen kaum solche Distanzen zur Verfügung. Hier ist noch hinzuzufügen, dass die Schalleistungspegelmessungen bei A7/W47-55 durchgeführt werden. Die leistungsmodulierenden Wärmepumpen laufen bei diesem Messpunkt in Teillast und werden dadurch kaum den maximal möglichen Schalleistungspegel aufweisen.

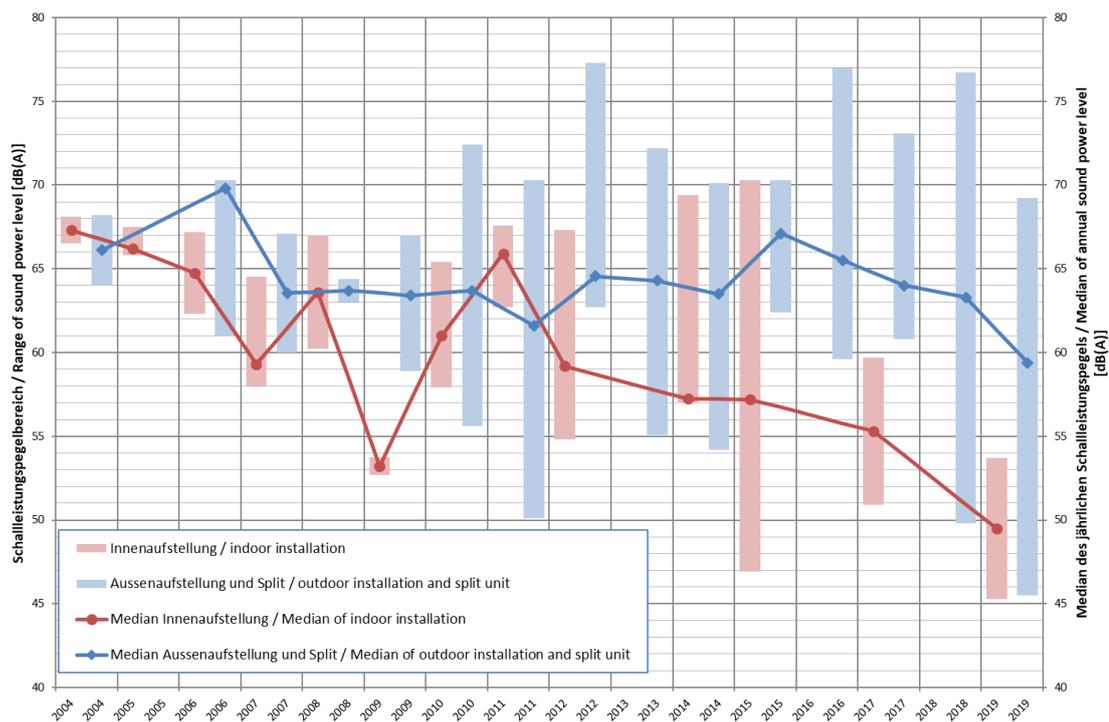


Abb. 1.7: Schalleistungspegelentwicklung zwischen Innenaufstellung und Aussenaufstellung / Split

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 knapp 10 dB tiefer als bei der aussenaufgestellten bzw. Split-Wärmepumpe. Bei der innenaufgestellten Variante ist ein Trend zu schallärmeren Wärmepumpen seit 2011 ersichtlich. Der Median hat sich von 66 auf 50 dB(A) reduziert. Im gleichen Zeitraum sind für die beiden anderen Varianten im

ersten Blick weder ein positiver noch negativer Trend ersichtlich. Die Mediane stagnieren auf einem Wert von rund 64 dB(A). Jedoch beim genaueren Hinsehen wird ersichtlich, dass auch bei den Split- und aussenaufgestellten Wärmepumpen der Trend zu leiseren Wärmepumpen führt. So wurden in den letzten beiden Jahren vermehrt Wärmepumpen im Bereich von 50 dB(A) oder leiser gemessen. Im aktuellen Jahr wurde ein Median von 59 dB(A) erreicht. Jedoch ist zu erwähnen, dass im Berichtsjahr die Streuung zwischen leisester und lautester Wärmepumpe mit 24 dB sehr frappant war. Die leiseste Messung lag bei 46 dB(A). Es handelt sich sowohl bei dem leisesten als auch dem lautesten Prüfling um eine leistungsmodulierende Wärmepumpe. Der grosse Unterschied dieser beiden Prüflinge liegt beim eingestellten Luftdurchsatz bzw. bei der Luftgeschwindigkeit, die durch den Verdampfer gezogen wird. Vereinfacht gesagt gilt, je höher die Luftgeschwindigkeit ist, umso höher ist der Schalleistungspegel.

In der nächsten Abbildung ist die Schalleistungspegelverteilung aller Wärmepumpenbauarten seit 2009 ersichtlich. Das Diagramm soll in 2-Jahres-Blöcken aufzeigen, wie sich die Schallemissionen zeitlich entwickeln.

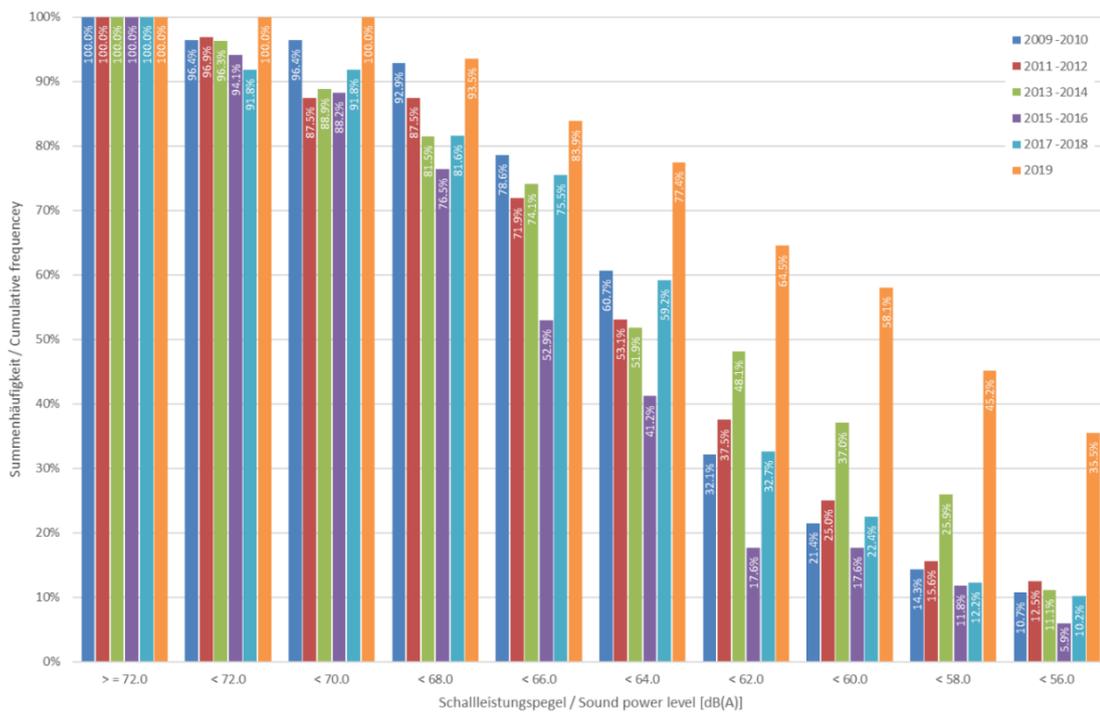


Abb. 1.8: Schalleistungspegelverteilung aller Wärmepumpentypen

Erstaunlicherweise ist mit diesen Blöcken erst seit dem Berichtsjahr ein Trend auf leisere Wärmepumpen ersichtlich. So waren zum Beispiel bis ins 2018 etwa die Hälfte aller gemessenen Wärmepumpen leiser als 64 dB(A). Im Berichtsjahr lagen bereits drei Viertel unter diesem Wert. Ausserdem ist in diesem Diagramm sehr gut ersichtlich, dass im Berichtsjahr mehr als jede dritte Wärmepumpe leiser als 56 dB(A) ist. In den vorherigen Jahren waren dies nur etwa jede zehnte. Lange war die Erkenntnis aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenbasis, dass die Wärmepumpen durch die Invertertechnologie am Betriebspunkt A7/W47-55 nicht wirklich leiser laufen. Dies wurde nun im 2019 widerlegt.

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

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe seit 1993 beim Messpunkt B0/Wxx-35 ersichtlich.

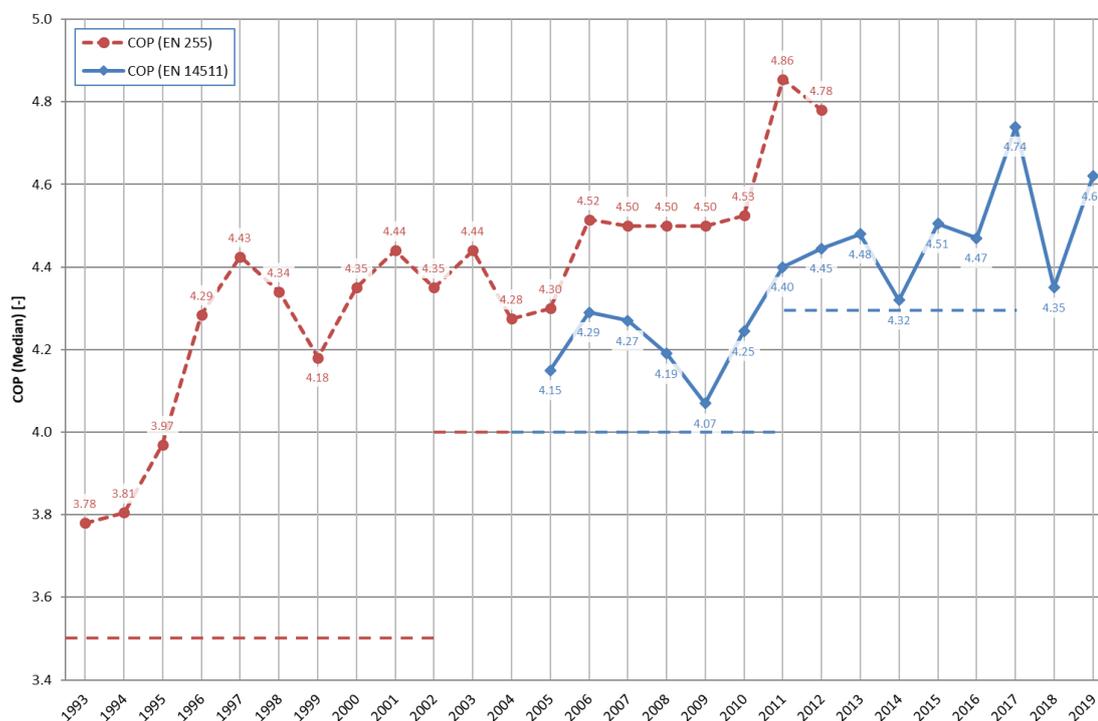


Abb. 1.9: COP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Die Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe hat sich seit 2005 jährlich durchschnittlich um etwa 0.8 % erhöht. Im 2017 wurde bisher der höchste mittlere COP von 4.74 bei der Normnennbedingung ermittelt. Im 2018 wurde jedoch nur eine bescheidene 4.35 als Mittelwert erreicht. Dies ist vor allem auf den Leistungsbereich der Wärmepumpen zurück zu führen. Im Berichtsjahr wurden nur Sole/Wasser-Wärmepumpen mit einer Heizleistung zwischen 40 und 90 kW geprüft. In diesem Leistungsbereich sind die Wärmepumpe erfahrungsgemäss ineffizienter als im kleinen Leistungsbereich bis 20 kW. Im 2017 wurden nämlich nur Wärmepumpen im Leistungsband von 4 bis 17 kW auf dem Prüfstand gemessen. Im Berichtsjahr wurde ein Mittelwert von 4.62 im Leistungsband von 4 bis 89 kW 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 nur etwa jede dritte Wärmepumpe den Mindest-COP von 4.30. Zu diesem Zeitpunkt genügten jedoch auch noch einen COP von 4.00 für das Gütesiegel. Seit der Erhöhung auf den aktuellen Mindestwert von 2011 erreichen weit über 80 % aller WPZ-Messungen diesen Wert. Die grosse Effizienzsteigerung zwischen dem Jahr 2010 und 2011 ist in dieser Grafik deutlich sichtbar.

Auch zwischen der Zeitperiode «2017-2019» wird einen Sprung ab einem COP von über 4.5 ersichtlich. Diese Erkenntnis ist vor allem den leistungsmodulierenden Sole/Wasser-Wärmepumpen zu verdanken, die in den letzten Jahren stark aufkamen.

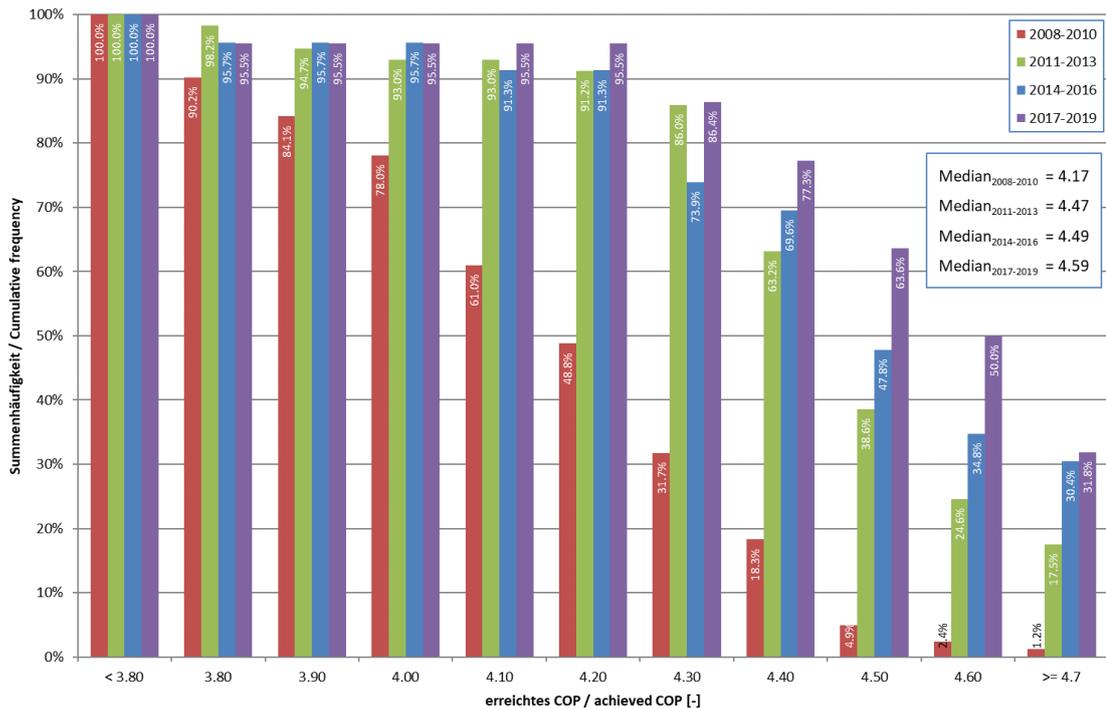


Abb. 1.10: COP-Verteilung in der zeitlichen Entwicklung

Auch bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wird heute für das Gütesiegel einen SCOP-Wert ermittelt. In der Abb. 1.11 ist der jährliche Verlauf der berechneten SCOPs ersichtlich. Die ersten SCOP-Auswertungen wurden im 2016 durchgeführt. Bei der Betrachtung des Diagramms fällt auf, dass die Effizienz des SCOP für Boden- und Radiatorheizung in etwa stagniert. Auffallend ist, dass die Streuung zwischen den einzelnen Messungen bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wesentlich kleiner ist als bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen.

Der minimale SCOP-Wert von 4.1 um das EHPA-Gütesiegel beantragen zu können, wurde von allen geprüften Sole/Wasser-Wärmepumpen erreicht. Die SCOP-Werte für Bodenheizung (35 °C) liegen im Schnitt bei 5.0 und sind somit erfahrungsgemäss etwas höher als für Radiatorheizung (55 °C), die bei etwa 3.8 liegen.

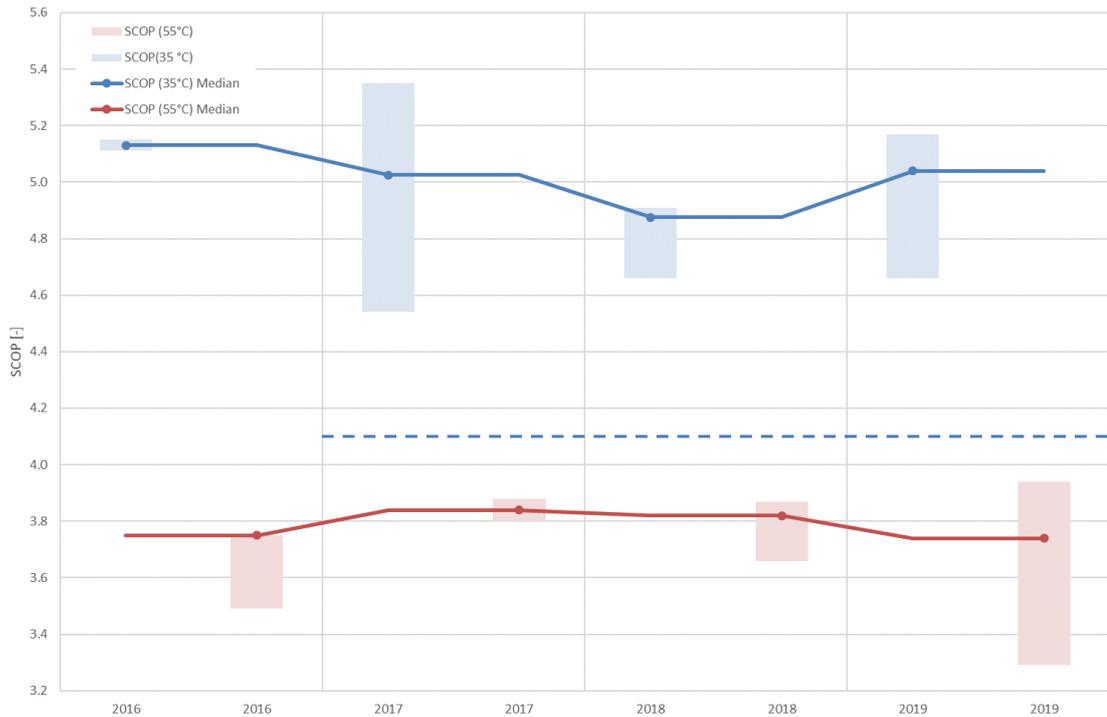


Abb. 1.11: SCOP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpen

## 1.6 Kältemitteltypen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen

Auch bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wird sich in naher Zukunft eine Veränderung in der Verwendung der Kältemitteltypen zeigen. Jedoch wurde im Berichtsjahr noch keine Änderung gegenüber den Vorjahren ersichtlich.

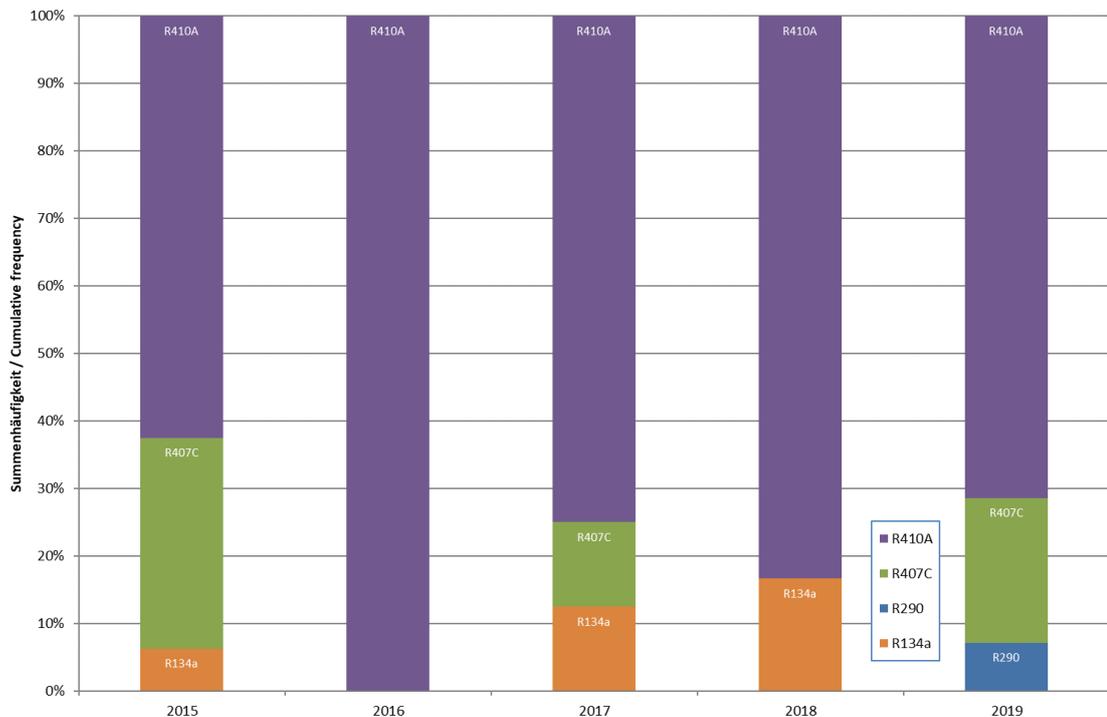


Abb. 1.12: verwendete Kältemitteltypen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen seit 2015

Die Heizleistung pro Kilogramm Kältemittel stagniert oder sinkt leicht bei den untersuchten Kältemitteltypen über die Jahre, ausser bei Propan (R290), hier ist ein starker Gegentrend ersichtlich.



Abb. 1.13: Heizleistung pro Kältemittelfüllmenge bei Sole/Wasser-Wärmepumpen seit 2005

## 1.7 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 stehen die Investitionskosten, die eher für eine Split- oder aussenaufgestellte Wärmepumpe (v.a. Klimagerät) sprechen. Auf der anderen Seite stehen die ganze Schallproblematik, die eher der Innenaufstellung entgegenkommt. 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 mehr als 80 % aller Prüflinge leistungsmodulierend.

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. Ausserdem fällt auf, dass in den letzten Jahren die Effizienz durch leistungsmodulierenden Wärmepumpe nochmals markant steigern konnte. Bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen zeigt sich zurzeit einen starken Trend hin zu den leistungsmodulierenden Wärmepumpen. Bei Wärmepumpen im Leistungsbereich bis 20 kW wird die Leistung hauptsächlich durch einen Inverter geregelt und oberhalb von 40 kW werden hierzu mehrstufige Kältesätze eingesetzt.

Die Kältemittel werden sich mittelfristig ändern, welche sich jedoch durchsetzen werden, zeigt die Zukunft.

## 2 Warmwasser-Wärmepumpen

Seit Ende 2011 führt das Wärmepumpen-Testzentrum WPZ die Warmwasser-Wärmepumpen-Prüfungen nach der aktuellen Norm EN 16147 [7] [8] und seit 2014 auch die Messungen nach der ErP-Directive durch. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 6 Warmwasser-Wärmepumpen bei A20/W10-55 und 13 bei A7/W10-55 geprüft. Zudem wurden noch 3 Sole/Wasser-Wärmepumpen mit integriertem Speicher bei B0/W10-55 gemessen. Insgesamt wurden bereits 146 Geräte an einem dieser Prüfbedingungen gemessen. 69 Wärmepumpen-Boiler wurden nach der ErP-Richtlinie [5] und der Energieeffizienzverordnung [9] gemessen, wobei 11 davon Sole/Wasser-Wärmepumpen mit integriertem Speicher waren.

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 Warmwasser-Wärmepumpen bei 3.58 (A20), bei 2.56 (A7) respektive bei 2.77 (B0).

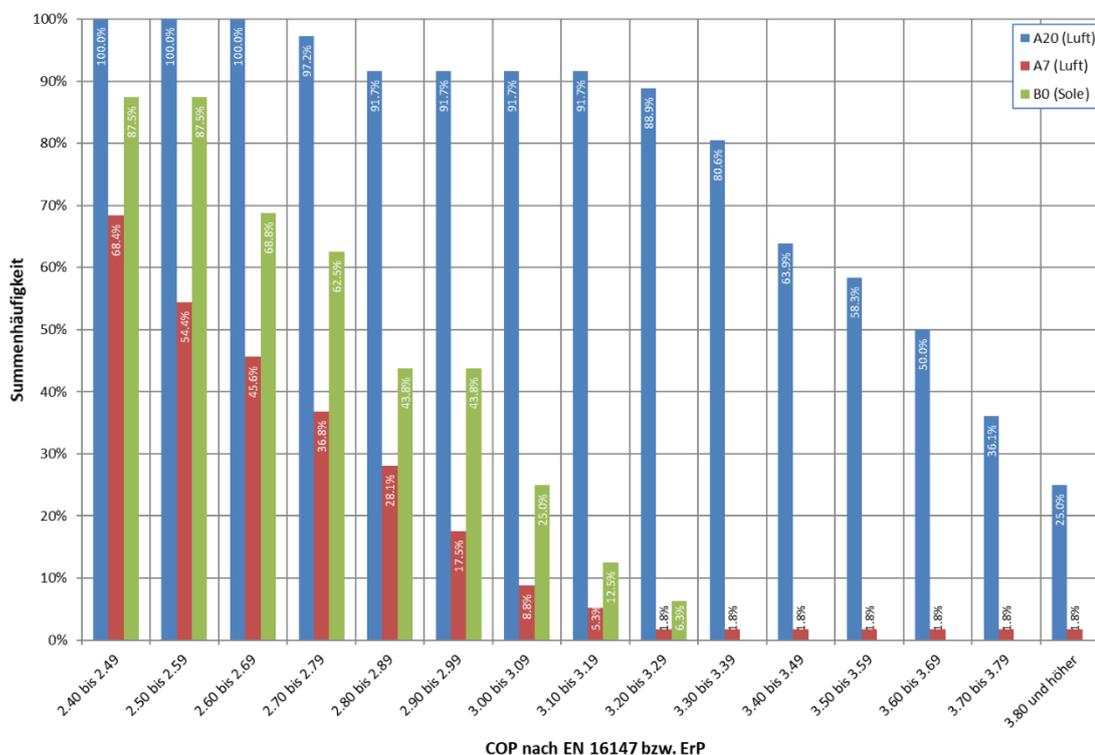


Abb. 2.1: COP-Verteilung aller geprüften Warmwasser-Wärmepumpen nach EN 16147

Damit in der Schweiz das Gütesiegel für die Warmwasser-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 Warmwasser-Wärmepumpe ist bei einer Quellentemperatur von 20 °C rund 10 % effizienter als bei 15 °C (siehe Tab. 2.1). In anderen Europäischen Ländern wird die Warmwasser-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.

Tab. 2.1: Effizienz in Abhängigkeit der Quellentemperatur

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

Für die ErP-Directive sind vor allem die Prüfpunkte bei A7 und A20 interessant. Die Messung bei A15 wird im ErP-Reglement nicht erwähnt. Deshalb werden seit mehreren Jahren keine Messungen mehr bei 15 °C durchgeführt.

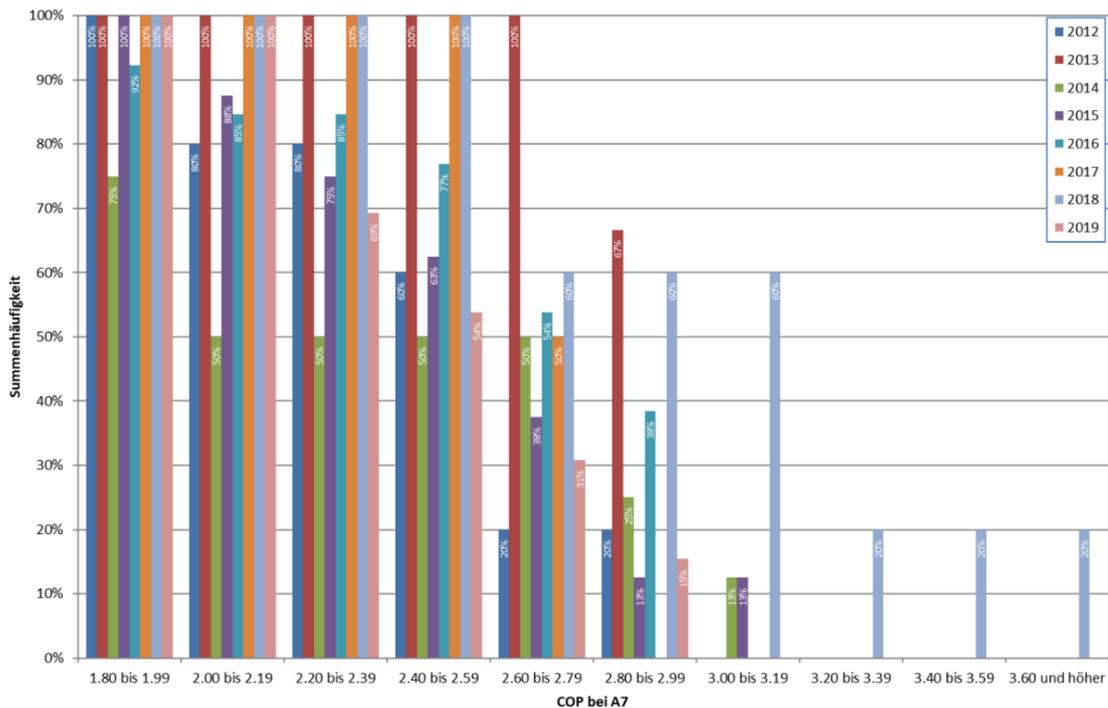


Abb. 2.2: COP-Verteilung aller geprüften Warmwasser-Wärmepumpen bei A7

In der Abb. 2.2 ist sehr schön ersichtlich, dass sich die Effizienz der Warmwasser-Wärmepumpen bei 7 °C Quellentemperatur bis 2018 stieg. So haben im 2012 jede 5. Wärmepumpen einen COP von 2.60 erreicht, im 2018 waren es bereits über 60 %. Im 2018 hatte bereits jede 5. Warmwasser-Wärmepumpe einen COP von mindestens 3.60. Im aktuellen Jahr lag die Effizienz wieder etwas tiefer. Dies kommt vor allem daher, dass vor allem Wärmepumpen mit integriertem oder externem Speicher bei 7 °C gemessen wurden. Diese Varianten sind etwas ineffizienter als die klassischen Warmwasser-Wärmepumpen.

## 2.1 Schlussfolgerung

Zurzeit wird die Messung für das Schweizerische Gütesiegel entweder bei 7 °C oder 20 °C durchgeführt. Es ist ersichtlich, dass die Warmwasser-Wärmepumpen generell effizienter werden.

### 3 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] *EN 14511:2018 Teile 1 bis 4: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern; Begriffe, Prüfbedingungen, Prüfverfahren und Anforderungen*
- [4] *EN 14825:2016: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumheizung und -kühlung – Prüfung und Leistungsbemessung unter Teillastbedingungen und Berechnung der saisonalen Arbeitszahl*
- [5] *ErP directives for energy labeling*
- [6] *Lärmschutz-Verordnung (LSV) 814.41  
Ausgabe 5.10.2004*
- [7] *EN 16147:2011: Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Prüfungen und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwarmwasser*
- [8] *EN 16147:2017: Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern – Prüfungen und Anforderungen an die Kennzeichnung von Geräten zum Erwärmen von Brauchwarmwasser*
- [9] *Schweizerische EnV-Energieeffizienzverordnung, Anhang 1.16*