

Statistische Auswertung der Prüfergebnisse, 24.07.2023

Qualitätsüberwachung von Kleinwärmepumpen 2022



Autor

Mick Eschmann, Ostschweizer Fachhochschule OST, Wärmepumpen-Testzentrum WPZ

Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	4
2.	Wärmepumpentypen	5
2.1	Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe.....	5
2.2	Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen	8
2.3	Kältemitteltypen bei Luft/Wasser-Wärmepumpen	11
2.4	Schallentwicklung von Luft/Wasser-Wärmepumpen	12
2.5	Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe	14
2.6	Kältemitteltypen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen	18
2.7	Schlussfolgerung	19
3.	Warmwasser-Wärmepumpen	20
3.1	Schlussfolgerung	21
4.	Referenzen.....	22

1. Zusammenfassung

Seit 2005 wurden beim akkreditierten Wärmepumpen-Testzentrum WPZ in Buchs SG insgesamt 306 Luft/Wasser-Wärmepumpen beim Betriebspunkt A2/Wxx-35 (Aussentemperatur 2 °C und Vorlauftemperatur 35 °C) und 236 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 170 Split-Anlagen, 87 Aussenaufstellungen und 49 Innenaufstellungen am WPZ geprüft.

Im Berichtsjahr 2022 wurden insgesamt 24 Luft/Wasser-Wärmepumpen gemessen, jedoch nur 14 nach EN 14511 bei A2/Wxx-35 (Split = 7 Messungen, Aussen = 6 Messungen, Innen = 1). Bei den restlichen 10 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 9 Sole/Wasser- und 12 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 135 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 Abtaunungen zurückzuführen (nicht alle Wärmepumpen werden mit einem Abtauzyklus ausgewertet). In den Jahren zwischen 2012 und 2022 schwank der Mittelwert stark zwischen 3.13 und 3.96. Der SCOP wird bei den Luft/Wasser-Wärmepumpen seit 2014 ermittelt und liegt im Berichtsjahr auf 4.43.

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 2022 wurde am WPZ ein mittlerer COP von 4.14 gemessen. Seit 2016 werden vermehrt die Wärmepumpen mit einem SCOP ausgewertet, der aktuell im Schnitt bei 4.76 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 sanken im Berichtsjahr von 3.61 auf 2.95 (20 °C). Insgesamt wurden im 2022 3 Wärmepumpen an dieser Prüfbedingung gemessen. Zudem werden auch Warmwassermessungen bei 7 °C durchgeführt. Die mittlere Effizienz liegt bei diesen 11 Messungen bei 2.78.

2. 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. Die saisonalen Arbeitszahlen (SCOP) werden nach EN 14825 berechnet und die Prüfpunkte weichen von der EN 14511 ab.

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) bzw. B0/W47-55 (Sole/Wasser-WP) durchgeführt.

Erläuterungen der Messpunkte in der folgenden Tabelle 1.

Tabelle 1

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

Erläuterung der Messpunkte

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.

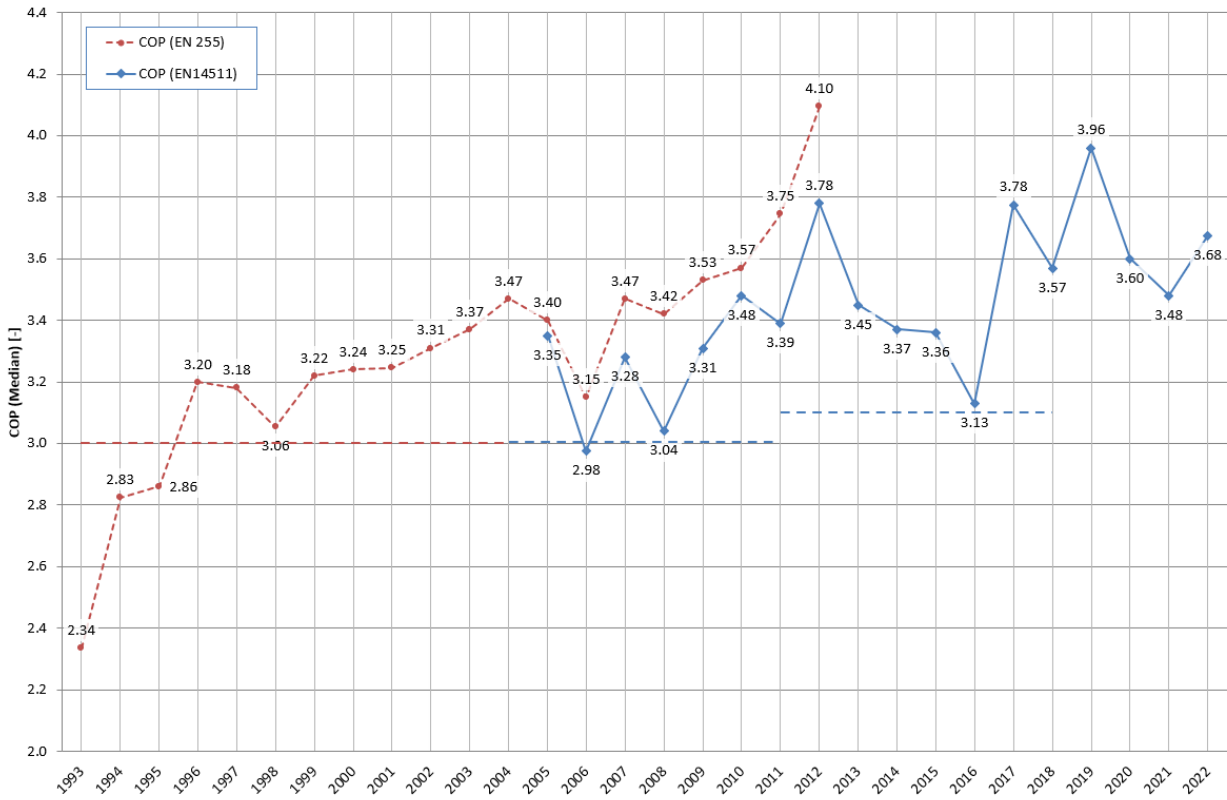
2.1 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe

Die Energieeffizienz der Luft/Wasser-Wärmepumpe hat sich seit Messbeginn von 1993 beim Messpunkt A2/Wxx-35 bis 2010 stetig verbessert. Im Diagramm 1 sind die Entwicklung des COPs nach aktueller (blau) und abgelöster (rot) Norm ersichtlich, wobei letztere seit 2013 nicht mehr angewendet wird.

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 3.68. Die grosse Streuung der Mittelwerte in den letzten 5 Jahren ist darauf zurückzuführen, dass mittlerweile viele Messungen bei A2/Wxx-35 in Vollast geprüft werden. Dies, weil die Messung bei Vollast als Bivalenzpunkt für die

Energieetikette (Klimazone wärmer) [5] genutzt werden kann. Dafür liegen die COP-Werte tiefer als wenn die Messung in Teillast durchgeführt wird.

Diagramm 1



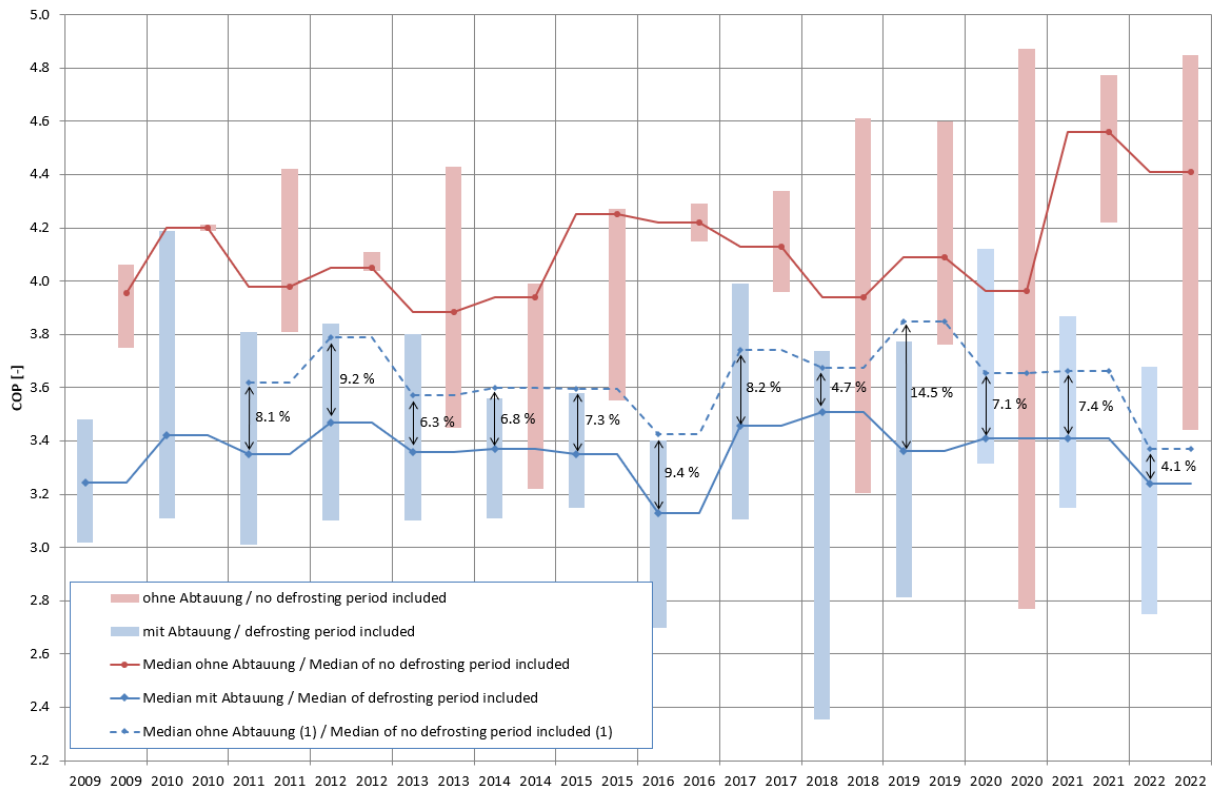
COP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

Diese Erkenntnis ist im Diagramm 2 gut ersichtlich. Die Differenz des tiefsten und höchsten COPs beträgt im Betriebsjahr 2.10. Die Spannweite geht von 2.75 bis 4.85. Auffallend ist nicht nur, dass in den letzten Jahren vermehrt Wärmepumpen mit einem COP von unter 3.0 an diesem Arbeitspunkt gemessen werden, sondern auch die jährlichen Höchstwerte tendenziell zunehmen. Ausserdem zeigt dieses Diagramm auch den grossen Unterschied zwischen Norm-Messungen mit und ohne Abtauung auf. Bei den Messungen ohne Abtauungen liegt der jahresdurchschnittliche COP seit 2009 zwischen 3.9 und 4.6, wobei die letzten beide Jahre mit über 4.4 positiv ausfallen. Demgegenüber liegen die Werte mit mindestens einer Abtauung bei durchschnittlichen COPs zwischen 3.1 und 3.5. Dies entspricht einem Unterschied von rund 20 bis 25 %.

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 der Auswertung berücksichtigt 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 beansprucht.

Die Streuung der einzelnen Messergebnisse ist jedoch gross, so liegen die Leistungszahlen im Berichtsjahr mit Abtauung zwischen 2.75 und 3.68. Dieselben Wärmepumpen würden einen COP von 2.96 bis 3.92 aufweisen, falls die Abtauung nicht berücksichtigt würde. Bei den Wärmepumpen, die die Abtauung nicht berücksichtigen müssen, liegen die Werte zwischen 3.44 und 4.85. Auch hier ist die Streuung sehr gross.

Diagramm 2



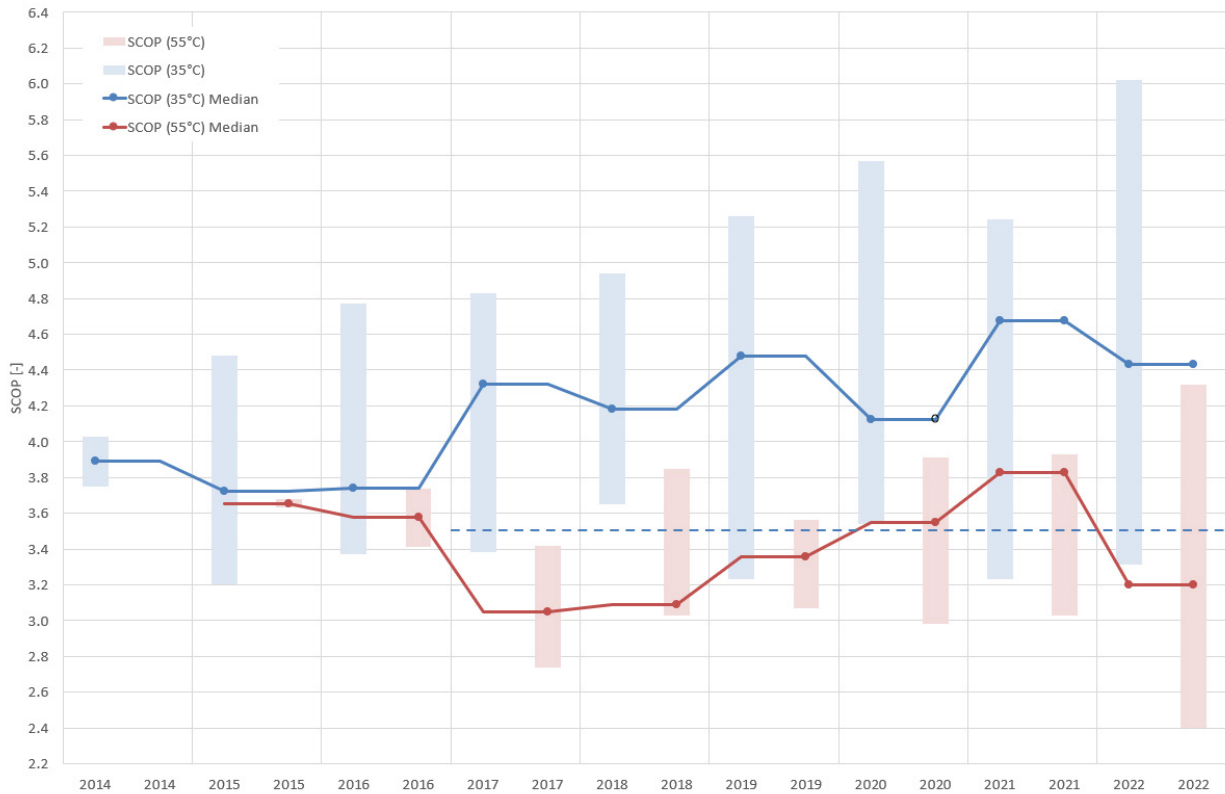
COP-Vergleich zwischen Wärmepumpen mit und ohne Abtaugung bei A2

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.

Im Diagramm 3 sind die SCOP-Werte bei 35 °C (bezieht sich auf Bodenheizung) und bei 55 °C (bezieht sich auf Radiatorheizung) ersichtlich. Die ersten 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 3.31 bis 6.02.

Zusätzlich dem Bodenheizungs-SCOP werden auch Radiatorheizungs-SCOP ermittelt, die für das Gütesiegel erst seit 2022 notwendig sind. Hier liegen die Werte im Berichtsjahr zwischen 2.40 und 4.32. 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 vier Jahren wurden vor allem SCOP35-Messungen durchgeführt, bei denen auch die SCOP55-Messung gewünscht waren.

Diagramm 3



SCOP-Entwicklung der Luft/Wasser-Wärmepumpe seit 2014

Folgende Messpunkte werden für die Berechnung der beiden SCOP-Werte geprüft.

Tabelle 2

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

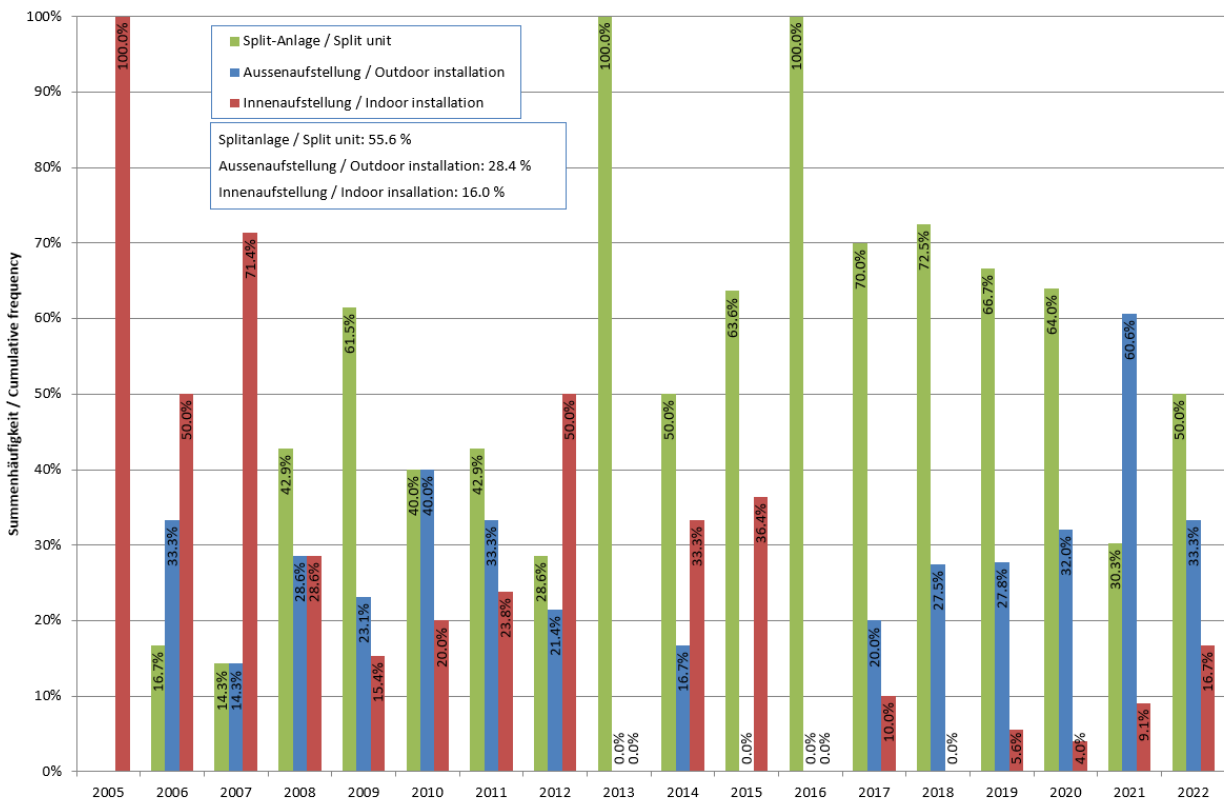
Messpunkte für die Berechnung des SCOPs (EN 14825)

2.2 Bauarten von Luft/Wasser-Wärmepumpen

Die Verteilung von Prüfungen in Split-, aussenaufgestellten und innenaufgestellten Wärmepumpen ist sehr unterschiedlich verteilt. Seit 2005 wurden insgesamt 170 Splitanlagen, 87 aussenaufgestellte und 49 innenaufgestellte Wärmepumpen beim genannten Messpunkt geprüft. Auffallend ist, dass in den Jahren von 2013 bis 2020 grösstenteils Split-Wärmepumpen auf dem Prüfstand standen. Somit liegt diese Baureihe seit längerem im Trend. Im Berichtsjahr ist jede zweite Wärmepumpe auf die Split-Variante zurück zu führen. Bei der aussenaufgestellten 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. Zusätzlich werden alle Propan-Wärmepumpen in dieser Bauart geprüft. Seit 6 Jahren nimmt der Prüfanteil dieser Variante zu.

Diagramm 4

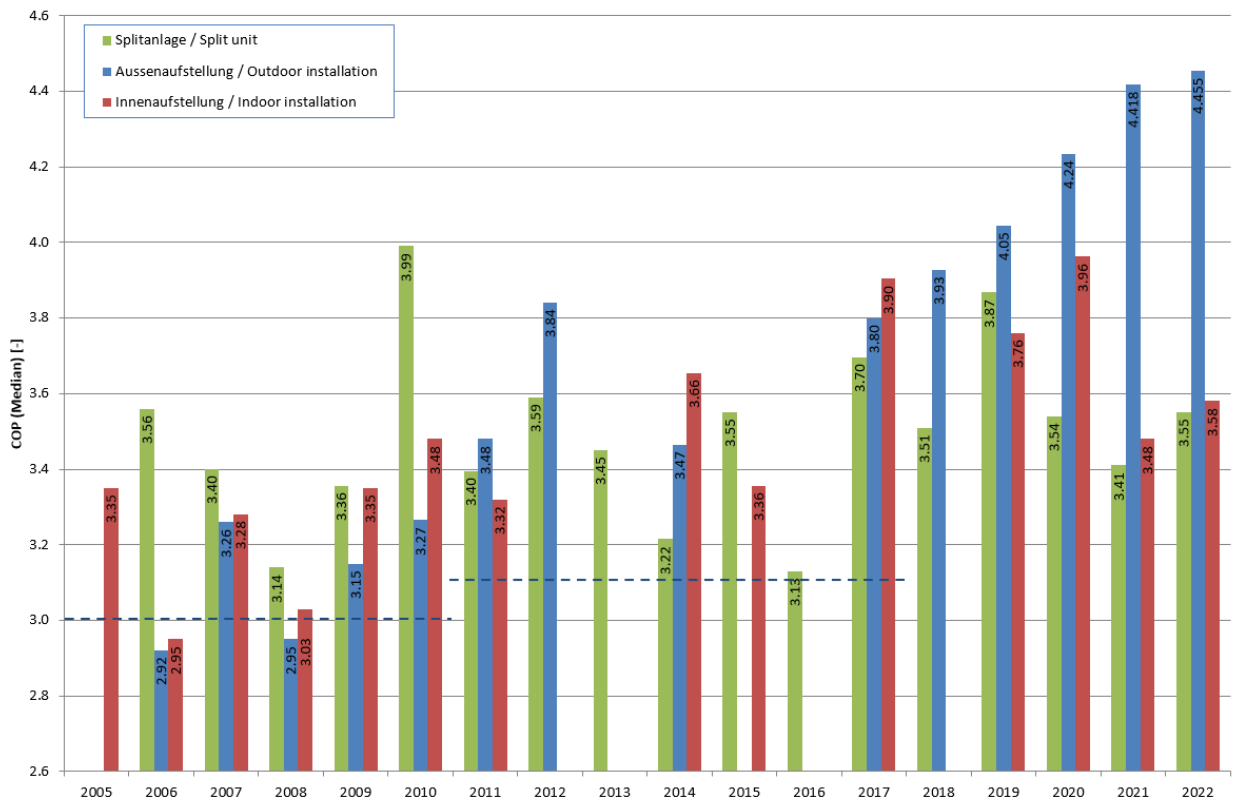


Wärmepumpentypen auf dem WPZ-Prüfstand seit 2005

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 Diagramm 5 wird die Effizienzentwicklung der drei Bauarten gezeigt. Bis ins Jahr 2010 war die Split-Wärmepumpe im Schnitt die effizienteste der 3 Varianten. In den letzten 5 Jahren hat sich das Blatt bezüglich Effizienz zugunsten der Aussenaufstellung gewendet. Somit erhöhte sich der durchschnittliche COP der aussenaufgestellten Wärmepumpe von 3.48 im Jahr 2011 auf 4.55 (+ 30 %) im Berichtsjahr. Dem gegenüber konnte die innenaufgestellte Wärmepumpe diesen mittleren Wert im Zeitraum von 2011 bis 2020 von 3.32 auf 3.96 (+ 19 %) erhöhen. In den letzten beiden Jahren fiel der durchschnittliche Wert auf rund 3.5 ab. 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 2022 bei 3.28 und der Wärmepumpen bei 3.55 (+ 19 %). 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.

Diagramm 5

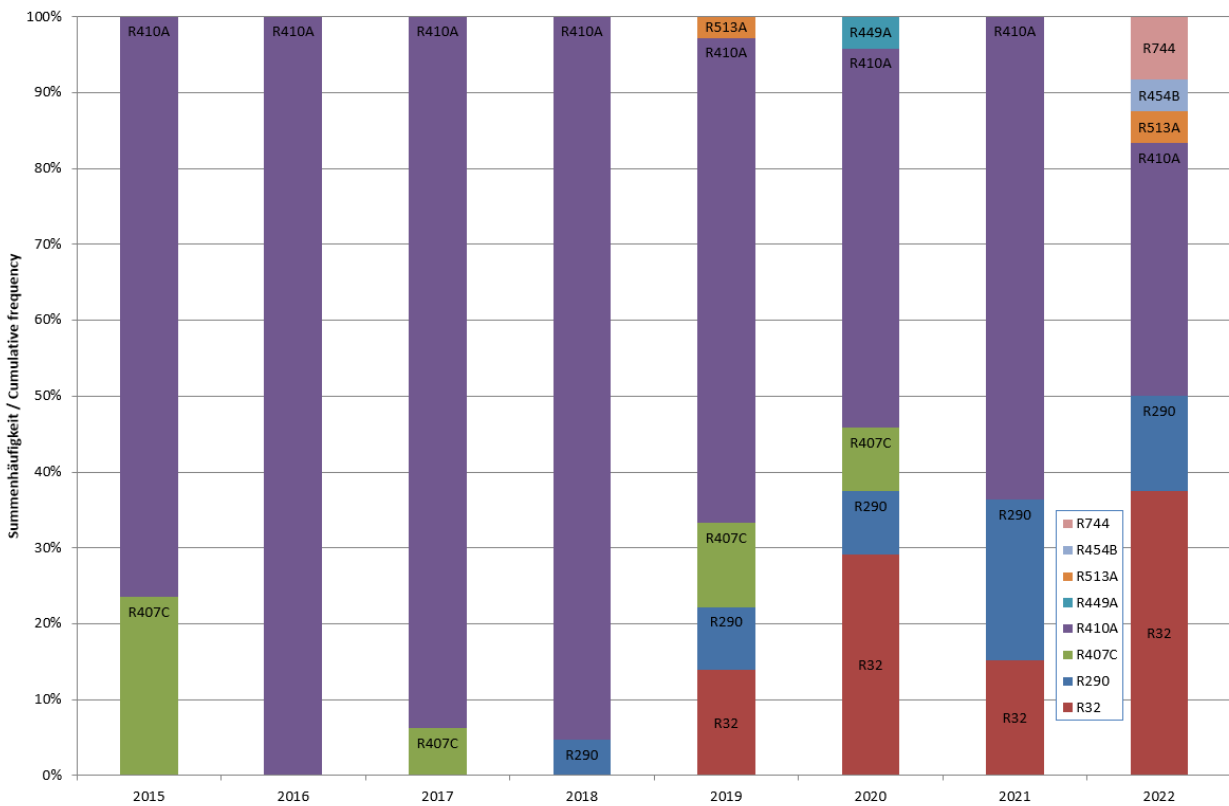


COP-Entwicklung von den verschiedenen Wärmepumpen-Bauarten seit 2005

2.3 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 bei Kältemaschinen unter anderem die Kältemittel R407C und R410A bei Inverkehrbringen verboten, da sie einen hohen GWP-Wert aufweisen. Für Heizungswärmepumpen gilt diese Regelung zwar noch nicht, jedoch wird stark darüber diskutiert. Wie im Diagramm 6 ersichtlich ist, wurden in den letzten Jahren praktisch ausschliesslich nur Wärmepumpen mit R410A auf dem Prüfstand vermessen. Seit 2019 werden die Auswirkungen der GWP-Verschärfung langsam sichtbar. Es werden vermehrt unterschiedliche Kältemittel verwendet. Im Berichtsjahr wurden insgesamt 6 verschiedene Kältemitteltypen verwendet. Der Trend zu natürlichen Kältemitteln könnte sich in den nächsten Jahren fortfahren (R290, R744).

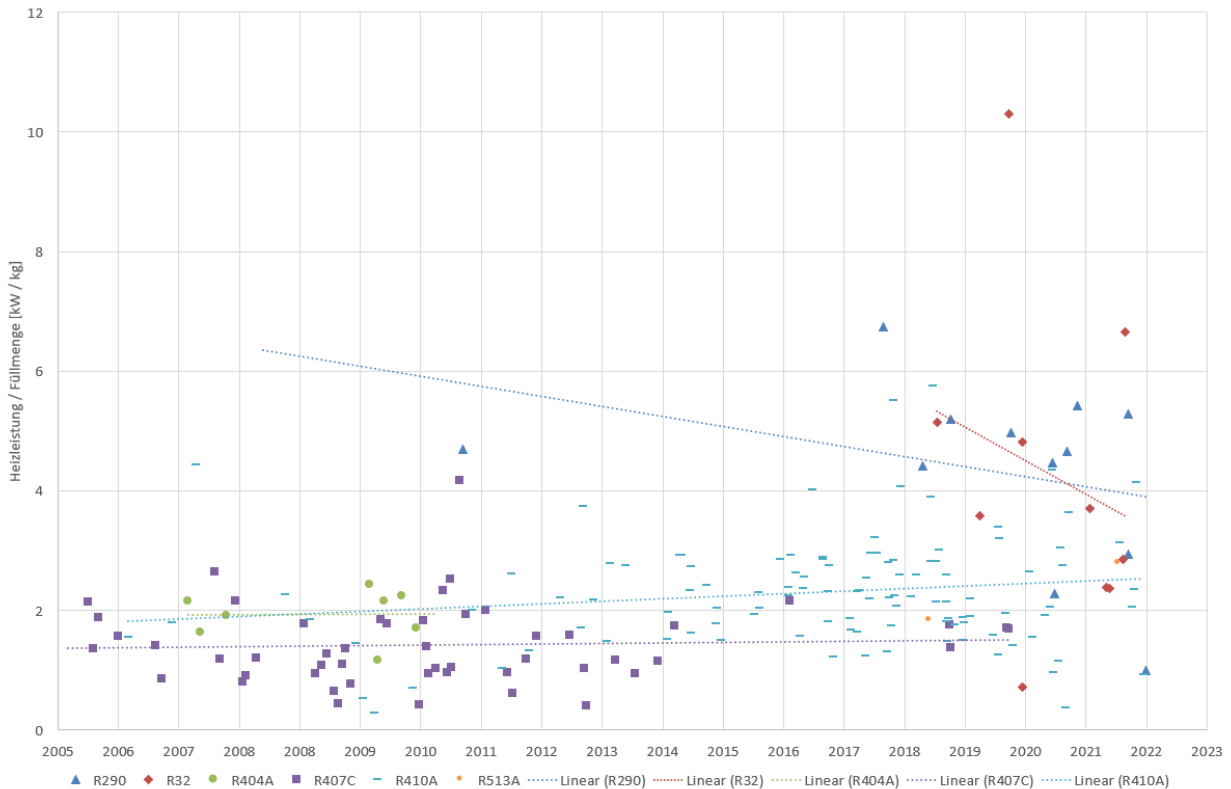
Diagramm 6



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 Vollast läuft.

Diagramm 7



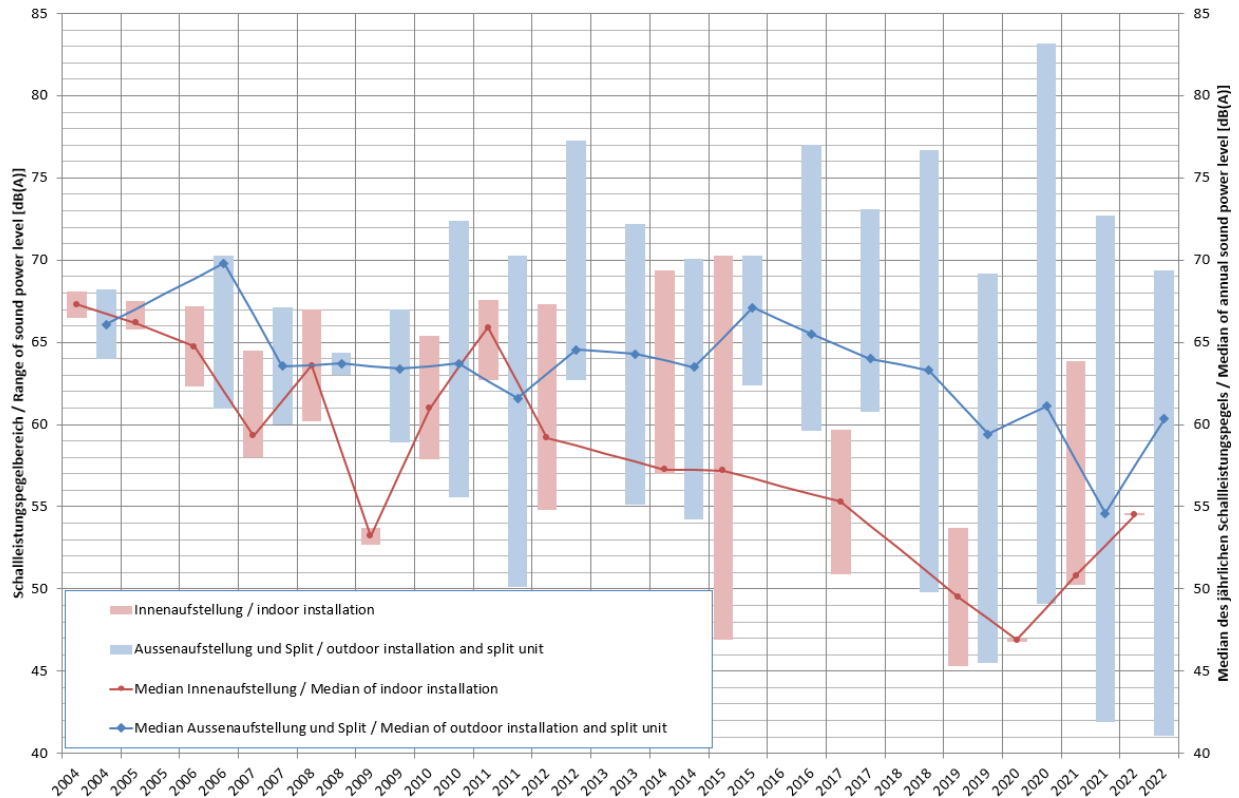
Heizleistung pro Kältemittelfüllmenge bei Luft/Wasser-Wärmepumpen seit 2005

Es zeigt, dass die Kältemittel R290 und R32 die höchsten Heizleistungswerte pro Kilogramm Kältemittel aufweisen. Die Werte liegen im Mittel bei rund 5 kW pro Kältemittel-Kilogramm. Bei den anderen Kältemittel-Typen liegt dieser Wert um die 2 kW/kg Kältemittel. Auffallend ist, dass die Kältemittelmengen-Streuung bei Propan-Wärmepumpen (R290) sehr gross ist. Die Streuung reicht von 1 kW bis 7 kW/kg Kältemittel.

2.4 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. Im nächsten Diagramm 8 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 kann bis zu 36 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.

Diagramm 8

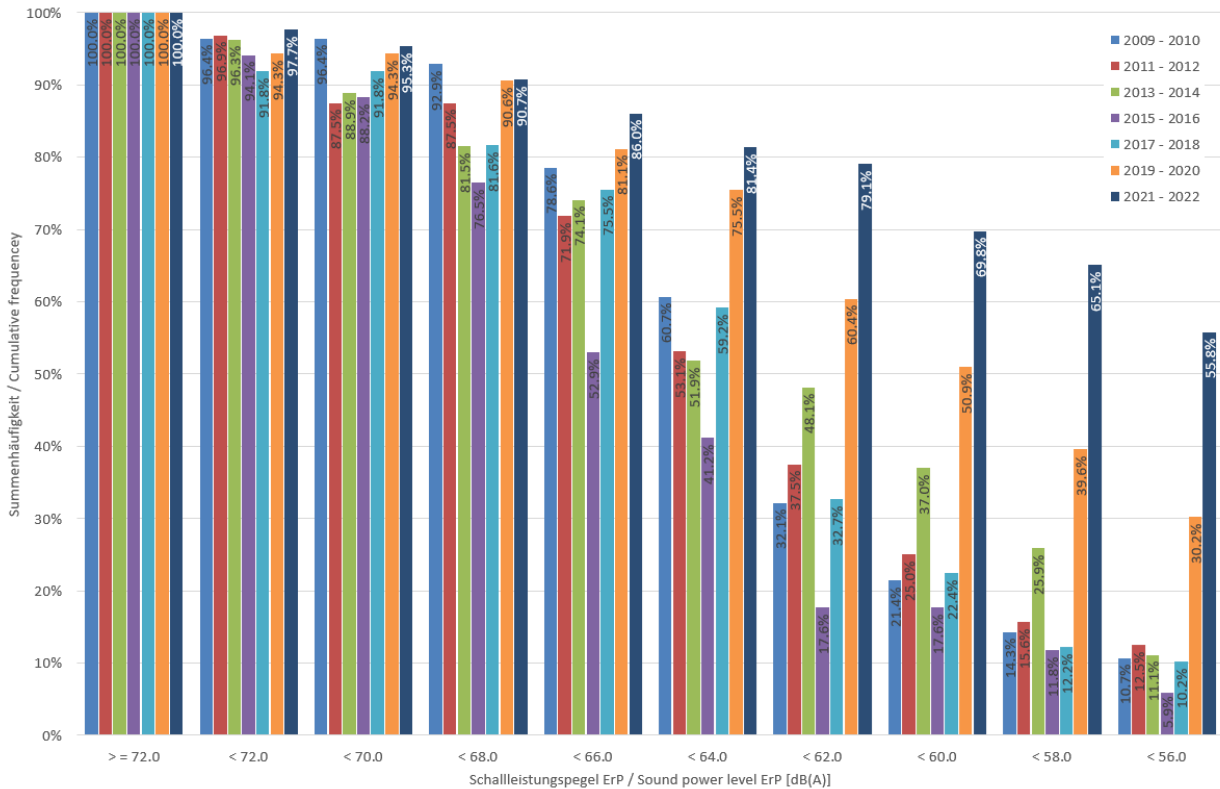


Schalleistungspegelentwicklung zwischen Innenaufstellung und Aussenaufstellung bzw. Split

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 knapp 6 dB tiefer als bei der aussenaufgestellten bzw. Split-Wärmepumpe. Bei der innenaufgestellten Variante war bis 2020 ein Trend zu schallärmeren Wärmepumpen ersichtlich. Der Median hat sich von 66 auf 47 dB(A) reduziert. In den letzten 2 Jahren hob sich dieser Wert jedoch wieder auf rund 55 dB. Im gleichen Zeitraum sind für die beiden anderen Varianten erst in den letzten 5 Jahren ein schwacher Trend zu niedrigeren Schallwerten ersichtlich. Die Mediane fielen in diesem Zeitraum von rund 63 dB(A) auf 60 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 5 Jahren vermehrt Wärmepumpen im Bereich von 50 dB(A) oder leiser gemessen. Im aktuellen Jahr wurde ein Median von 61 dB(A) erreicht. Jedoch ist zu erwähnen, dass im Berichtsjahr die Streuung zwischen leisester und lautester Wärmepumpe mit 28 dB sehr frappant war. Die leiseste Messung lag bei 41 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.

Im Diagramm 9 ist die Schalleistungspegelverteilung aller Wärmepumpenbauarten seit 2009 ersichtlich. Das Diagramm soll in 2-Jahres-Blöcken aufzeigen, wie sich die Schallemissionen zeitlich entwickeln.

Diagramm 9



Schalleistungspegelverteilung aller Wärmepumpentypen

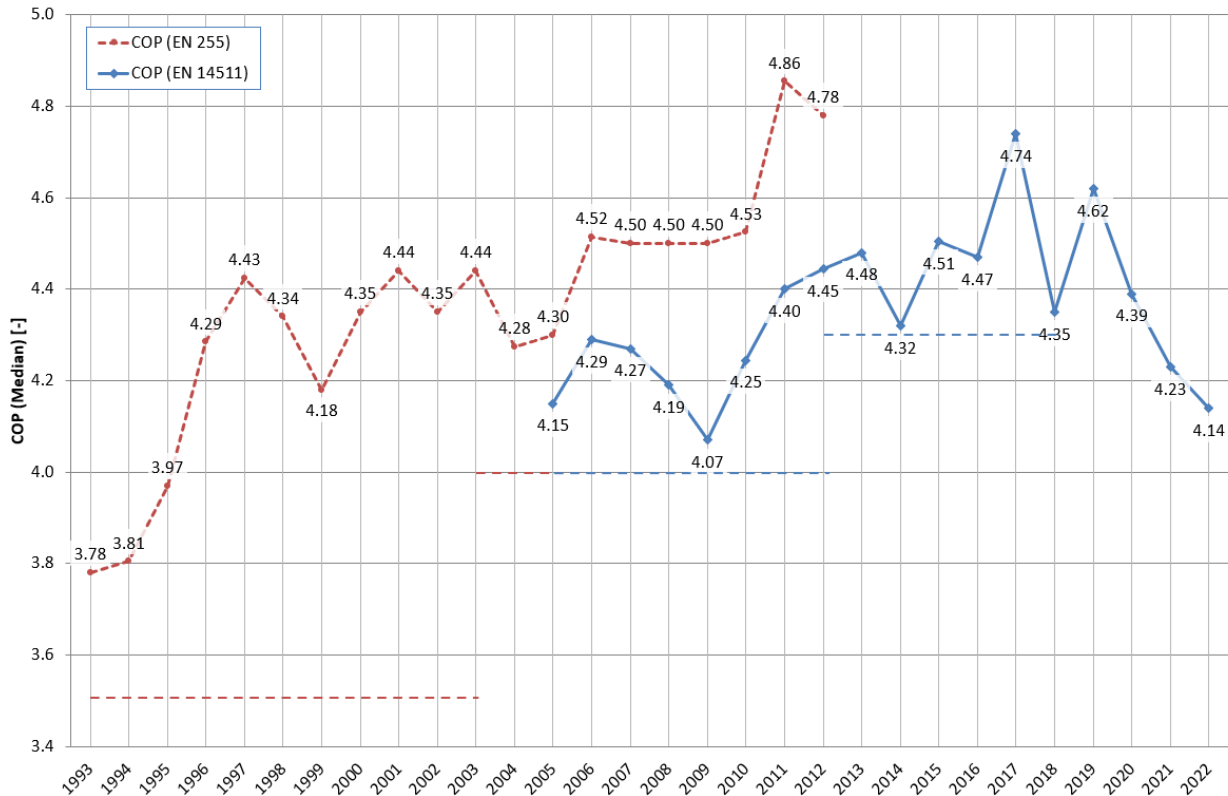
Erstaunlicherweise ist mit diesen 2-Jahres-Blöcken erst seit den letzten 4 Jahren ein Trend auf leisere Wärmepumpen ersichtlich. So waren zum Beispiel bis ins 2018 etwa die Hälfte aller gemessenen Wärmepumpen leiser als 64 dB(A). Seit 2019 sind bereits dreiviertel unter diesem Wert. Ausserdem ist in diesem Diagramm sehr gut ersichtlich, dass im aktuellen 2-Jahres-Block mehr als jede zweite 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 wird nun seit 2019 auch auf dem Prüfstand widerlegt.

2.5 Allgemeine Effizienz-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe

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

Die Effizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe hat sich bis 2019 jährlich durchschnittlich um etwa 0.8 % erhöht. Im 2017 wurde bisher der höchste mittlere COP von 4.74 bei der Normennennbedingung ermittelt. Im 2022 wurde jedoch nur eine bescheidene 4.14 als Mittelwert erreicht (Tendenz sinkend). Dies hat zweierlei Gründe. Zum einen werden seit 3 Jahren sehr viele Wärmepumpen mit Leistungen über 100 kW geprüft und zum anderen werden bei Haushaltswärmepumpen vermehrt leistungsgeregelte Wärmepumpen eingesetzt, die bei diesem Prüfpunkt mit Vollast laufen. Bei Vollast sinkt auch bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen die Effizienz.

Diagramm 10



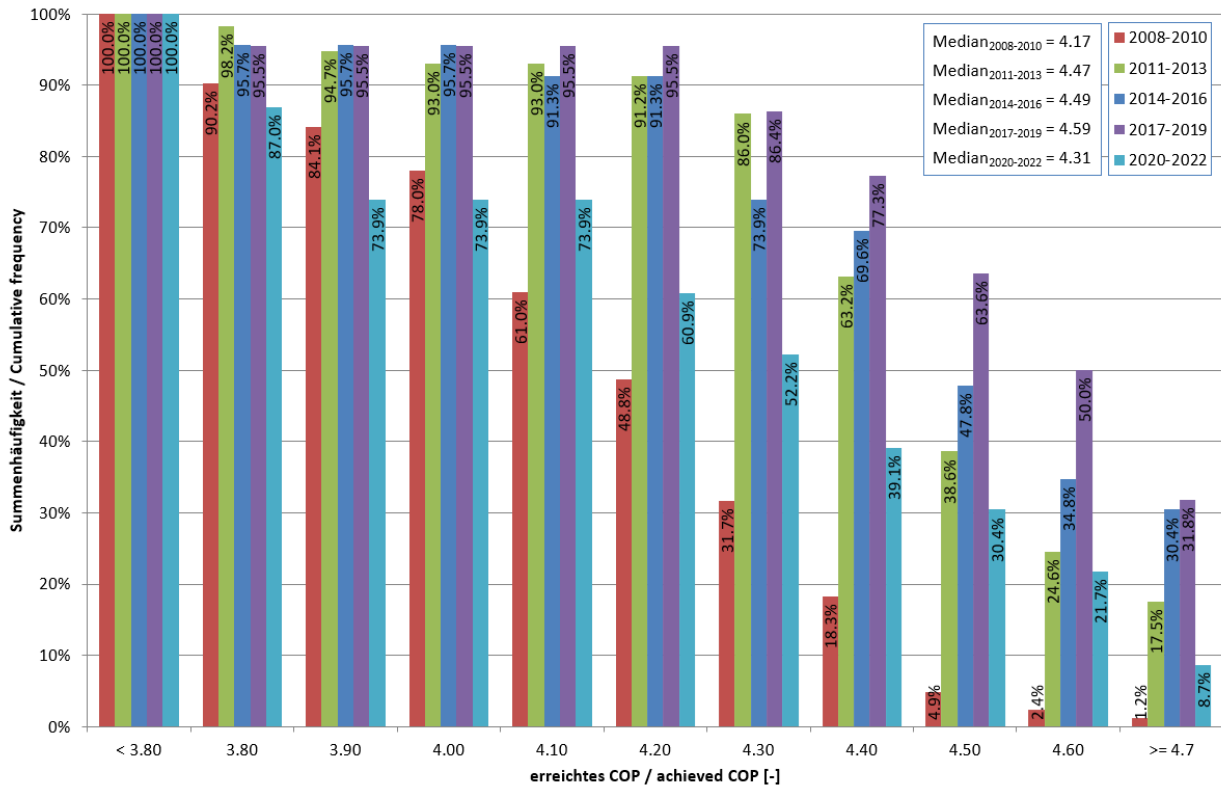
COP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe seit 1993

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 $\Delta T = 10\text{K}$ (EN 255) durchgeführt.

Im Diagramm 11 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 4.30 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 in diesem Zeitraum vor allem den leistungsmodulierenden Sole/Wasser-Wärmepumpen zu verdanken, die in den letzten Jahren stark aufkamen. In diesem Zeitraum wurden die leistungsregulierten Wärmepumpen noch in Teillast gemessen, da der COP und nicht der SCOP entscheidend für das Gütesiegel war. Seit 3 Jahren fällt die Effizienz wieder ab, dies, weil vermehrt Wärmepumpen im hohen Leistungsbereich oder bei Vollast (Inverter-Wärmepumpen) geprüft wurden.

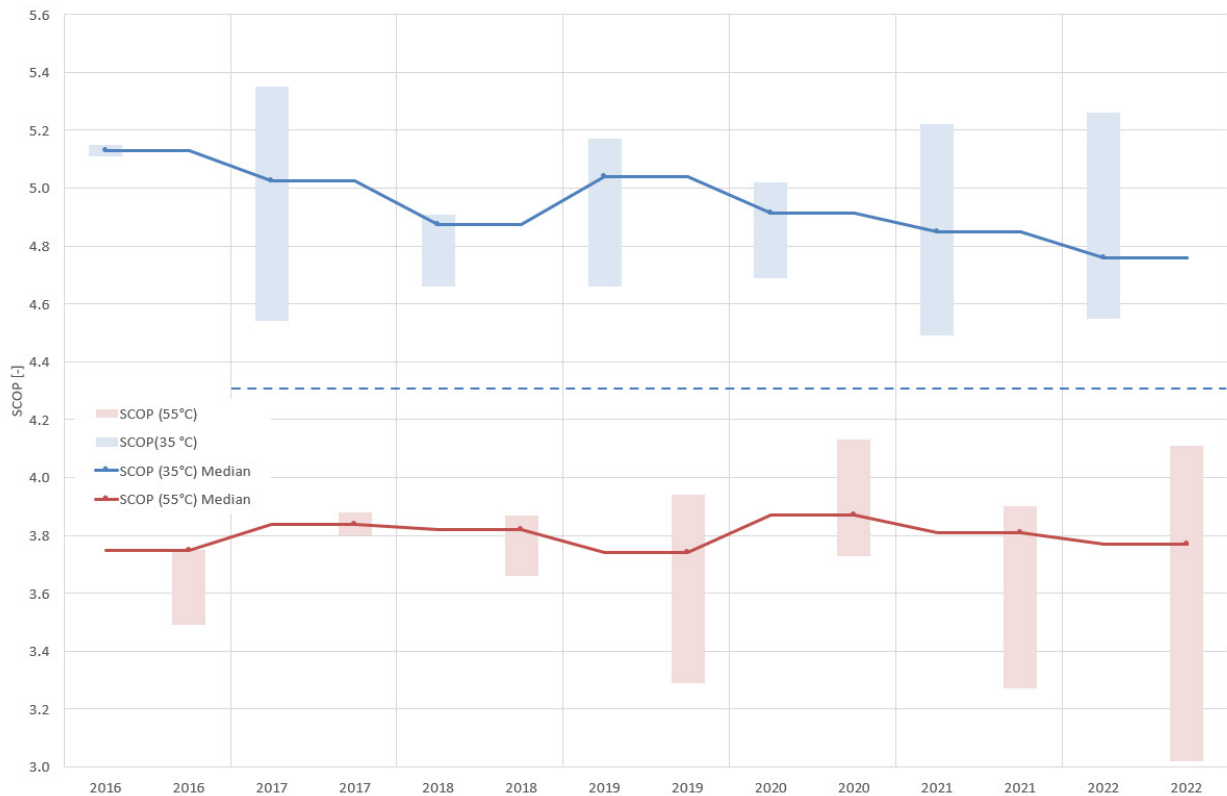
Diagramm 11



COP-Verteilung in der zeitlichen Entwicklung

Auch bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wird heute für das Gütesiegel einen SCOP-Wert ermittelt. Im folgenden Diagramm 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.

Diagramm 12



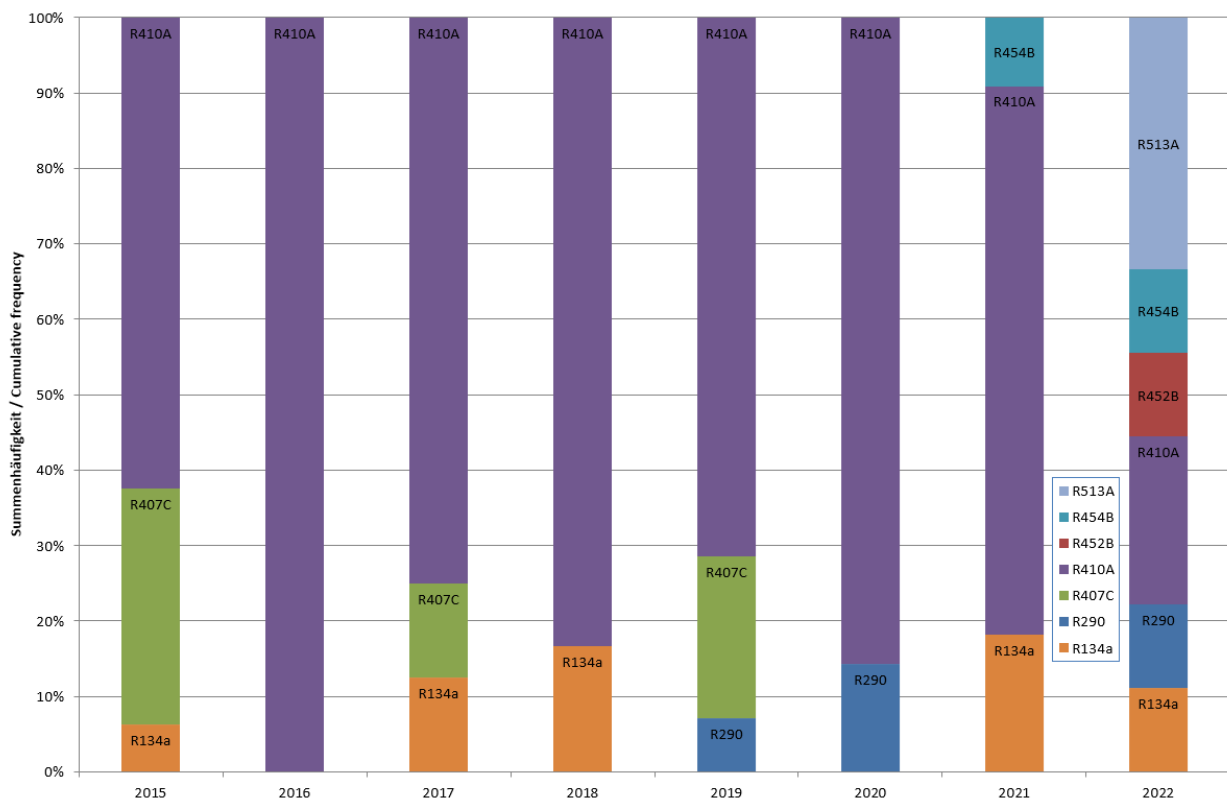
SCOP-Entwicklung der Sole/Wasser-Wärmepumpe

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.

2.6 Kältemitteltypen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen

Auch bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen wird sich in naher Zukunft eine Veränderung in der Verwendung der Kältemitteltypen zeigen. Ein Trend zu anderen Kältemitteln ist bei Sole/Wasser-Wärmepumpen gegenüber Luft/Wasser-Wärmepumpen zeitlich versetzt. Es zeigt sich bisher erst im Berichtsjahr, dass viele unterschiedliche Kältemittel verwendet werden. Darunter sind auch Wärmepumpen mit R290. Ob dieses Kältemittel bei Sole/Wasser-Wärmepumpen den Durchbruch schafft, wird sich noch zeigen. Dies hängt u.a. auch von den Sicherheitsrichtlinien ab.

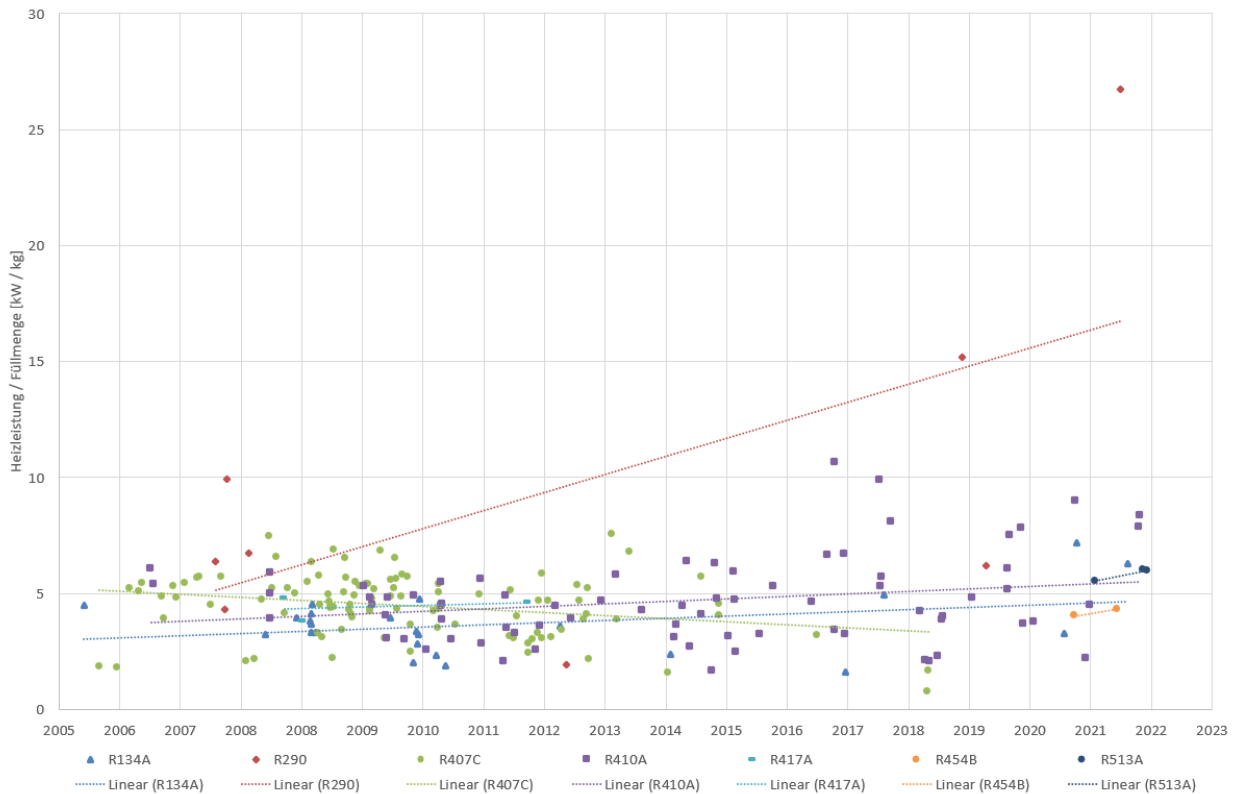
Diagramm 13



Verwendete Kältemitteltypen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen seit 2015

Die Heizleistung pro Kilogramm Kältemittel stagniert bei den untersuchten Kältemitteltypen über die Jahre, ausser bei Propan (R290), hier ist ein starker Gegentrend ersichtlich. Dies ist im folgenden Diagramm ersichtlich.

Diagramm 14



Heizleistung pro Kältemittelfüllmenge bei Sole/Wasser-Wärmepumpen seit 2005

2.7 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) nahe beieinander. Es zeigt sich jedoch eindeutig, dass die Invertertechnologie die konventionelle Ein/Aus-Variante abgelöst hat. So waren in den letzten beiden Jahren mehr als 90 % 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 Jahren 2017 bis 2019 die Effizienz durch leistungsmodulierende 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.

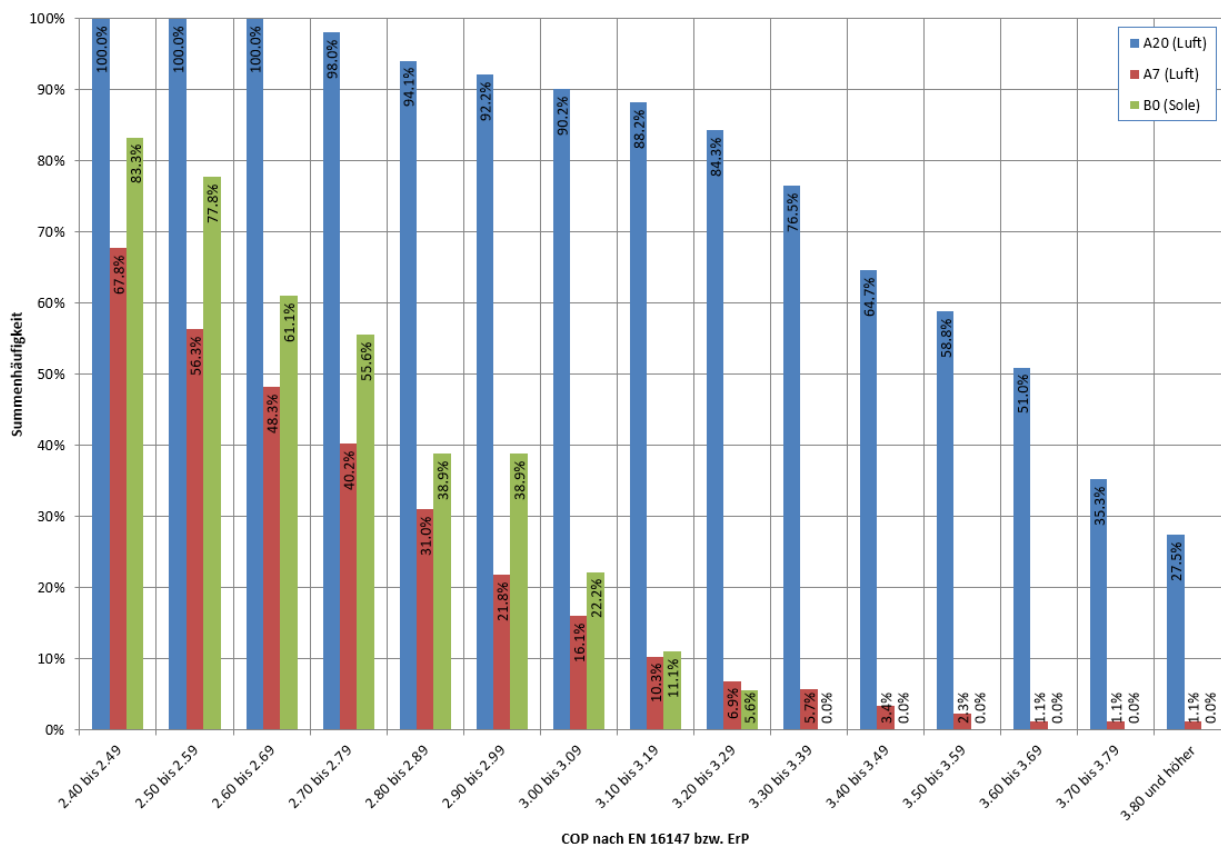
Die Kältemittel werden sich mittelfristig ändern, welche sich jedoch durchsetzen werden, zeigt die Zukunft.

3. 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 3 Warmwasser-Wärmepumpen bei A20/W10-55 und 11 bei A7/W10-55 geprüft. Insgesamt wurden bereits 197 Geräte an einem dieser Prüfbedingungen gemessen. 92 Wärmepumpen-Boiler wurden nach der ErP-Richtlinie [5] und der Energieeffizienzverordnung [9] gemessen, wobei 11 davon Sole/Wasser-Wärmepumpen mit integriertem Speicher waren.

Im folgendem Diagramm 15 sind die Summenhäufigkeiten der erreichten COP-Werte bei all den oben erwähnten Prüfbedingungen ersichtlich. Der Median liegt bei den geprüften Warmwasser-Wärmepumpen bei 3.61 (A20), bei 2.59 (A7) respektive bei 2.73 (B0).

Diagramm 15



COP-Verteilung aller geprüften Warmwasser-Wärmepumpen bei aktuellen Prüfbedingungen 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 nur 1 von 3 diesen Wert erreichen.

Dieselbe Warmwasser-Wärmepumpe ist bei einer Quellentemperatur von 20 °C rund 10 % effizienter als bei 15 °C (siehe Tabelle 3). 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.

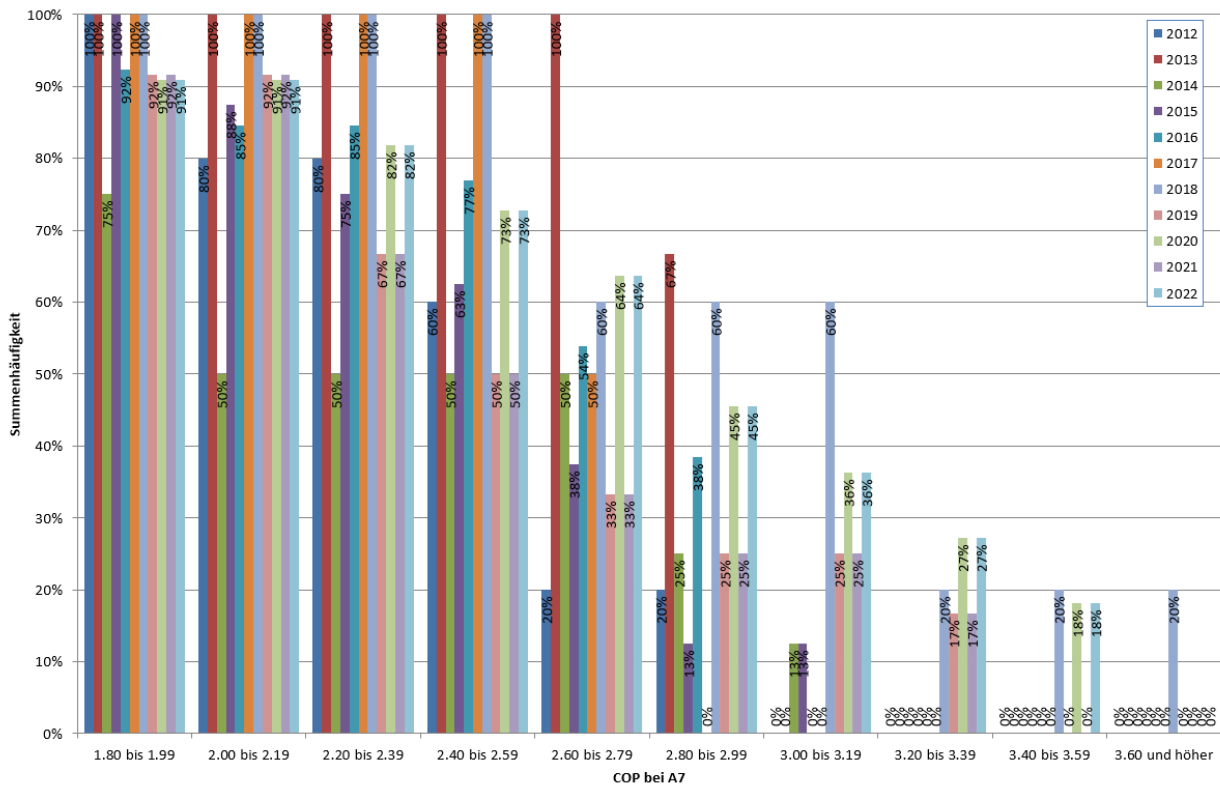
Tabelle 3

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

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. Deshalb werden seit mehreren Jahren kaum Messungen bei 15 °C durchgeführt.

Diagramm 16



COP-Verteilung aller geprüften Warmwasser-Wärmepumpen bei A7

Im Diagramm 16 ist sehr schön ersichtlich, dass sich die Effizienz der Warmwasser-Wärmepumpen bei 7 °C Quelltemperatur 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. In den letzten vier Jahre liegt 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.

3.1 Schlussfolgerung

Zurzeit wird die Messung für das Schweizerische Gütesiegel entweder bei 7 °C oder 20 °C durchgeführt. Es ist ersichtlich, dass die Warmwasser-Wärmepumpen in den letzten Jahren nicht mehr effizienter wurden.

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] *EN 14511:2018 Teile 1 bis 4: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern; Begriffe, Prüfbedingungen, Prüfverfahren und Anforderungen*
- [4] *EN 14825:2018: 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 16147:2017: 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*