

Qualitätsprüfung Wärmepumpen 2016

Kanton Basel-Stadt und Kanton Basel-Landschaft

Schlussbericht

Förderjahre der geprüften Wärmepumpen: 2010 - 2014

Im Auftrag von:

Kantone Basel-Stadt (Amt für Umwelt und Energie)

Kanton Basel-Landschaft (Amt für Umweltschutz und Energie)

In Zusammenarbeit mit:



Auftraggeber	Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt Energiefachstelle Hochbergerstrasse 158 4019 Basel
	Amt für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft Bereich Umwelt und Energie Rheinstrasse 29 4410 Liestal
Auftragnehmerin	Energie Zukunft Schweiz Steinentorberg 26 4051 Basel
Projektmitarbeiter	Bernd Sitzmann, b.sitzmann@ezs.ch Peter Räber, p.raeber@ezs.ch
Autor Schlussbericht	Bernd Sitzmann, dipl. Ing. (FH), Energie Zukunft Schweiz
Zeitraum Qualitätsprüfungen Förderjahre der geprüften WP	Dezember 2015 bis April 2016 2010 bis 2014

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1. Auftrag.....	5
2. Einleitung.....	5
3. Vorgehen	6
4. Gesamtauswertung.....	10
4.1 Auswertung der Effizienz	11
4.2 Auswertung Dimensionierung	13
4.3 Auswertung Gebäude und Wärmepumpe.....	15
4.4 Auswertung Abnahme, Kosten, Zufriedenheit.....	21
4.5 Auswertung Qualität	23
4.6 Auswertung Förderbedingungen & gesetzliche Bestimmungen.....	25
5. Nachbesserung der Anlagen.....	25
6. Schlussfolgerungen	26
7. Vorschläge für das weitere Vorgehen.....	27

Zusammenfassung

Energie Zukunft Schweiz führte im Auftrag der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt im Winter 2015/2016 erstmals Qualitätsprüfungen von kantonal geförderten Wärmepumpenanlagen in diesen beiden Kantonen durch.

Die Qualitätsprüfungskampagne untersuchte 40 Wärmepumpen aus dem Förder- und Inbetriebnahmezeitraum 2010 bis 2014. Im Kanton Basel-Landschaft wurden für die Qualitätsprüfung 25 (überwiegend Luft-Wasser-) Wärmepumpen ausgewählt, die als Ersatz von Elektroheizungen installiert und gefördert wurden. Im Kanton Basel-Stadt wurden 15 (überwiegend Sole-Wasser-)Wärmepumpen im oberen Leistungsbereich für die Qualitätsprüfung ausgewählt.

Von den insgesamt 40 geprüften Wärmepumpen sind 16 Sole-Wasser-Anlagen, 23 Luft-Wasser-Anlagen und eine Wasser-Wasser-Anlage. Elf der 40 geprüften Wärmepumpen haben im jeweils massgebenden Arbeitsbereich eine thermische Nennleistung von über 20 kW. Die 40 geprüften Wärmepumpen wurden von 24 verschiedenen Installationsbetrieben und von sieben verschiedenen Planern installiert bzw. geplant.

Tabelle 1 zeigt, dass 58% der untersuchten Wärmepumpen hinsichtlich der allgemeinen Ausführung mit „gut“ bewertet werden konnten. 40% der Wärmepumpen wurden mit „ausreichend“ bewertet – in der Regel wegen unzureichender Dämmung der Leitungen. Eine der Wärmepumpen wurde mit „schlecht“ bewertet. Bei dieser Anlage wurden gröbere Fehler erkannt mit entsprechend schlechter Effizienz.

Tabelle 1: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung.

Bewertung der geprüften Wärmepumpen						Total geprüfte Wärmepumpen
gut		ausreichend		schlecht		
23	58 %	16	40 %	1	3 %	

(Prozentwerte gerundet.)

Bei 29 Wärmepumpen konnte die Jahresarbeitszahl (JAZ) näherungsweise bestimmt werden. Die Jahresarbeitszahlen der geprüften, monovalent betriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen im Durchschnitt bei 2.57 und die der monovalent betriebenen Sole-Wasser-Wärmepumpen bei 3.8.

Bei den geprüften Wärmepumpenanlagen mit der Bewertung „ausreichend“ und „schlecht“ sind die Leitungen und Anschlüsse am Speicher nicht ausreichend gedämmt und die Warmwassererzeugung geschieht über einen separaten Elektroboiler.

Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen besteht Optimierungspotential bei der Installation von frostschutzgeführten Kälteleitungen.

Die mit „ausreichend“ und „schlecht“ bewerteten Anlagen zeigen, dass es Verbesserungspotenzial bei Planung, Installation und im Betrieb von Wärmepumpenanlagen gibt. Insbesondere bei Gebäudesanierungen ist die Integration einer Wärmepumpenanlage in das bestehende Heizungsverteilstück eine Herausforderung, wenn ein effizienter Betrieb erreicht werden soll. Fehler bei der Dimensionierung und Planung der Wärmepumpenanlage führen insbesondere bei zu hohen Vorlauftemperaturen im Heizkreis aufgrund einer energetisch schlechten Gebäudehülle zu einem ineffizienten Betrieb der Wärmepumpe.

Möglichst breite Aus- und Weiterbildungsangebote für die Heizungsbranche sowie die Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) können hier Verbesserungen bewirken.

Die Befragung der Anlageneigentümer zeigt, dass die meisten von ihnen mit ihren neuen Wärmepumpenanlagen sehr zufrieden sind.

1. Auftrag

Energie Zukunft Schweiz (EZS) wurde vom Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt und dem Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft in Zusammenarbeit mit suissetec Nordwestschweiz mit der Durchführung von Qualitätsprüfungen von Wärmepumpen beauftragt. Es wurden 15 geförderte Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt und 25 geförderte Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft geprüft.

Ziel der Qualitätssicherung von Wärmepumpen ist, neben der Einhaltung von gesetzlichen (Förder-) Bestimmungen die Effizienz der Anlagen, die Installations- und Betriebsqualität sowie die Kundenzufriedenheit zu überprüfen. Bei Bedarf sollte der Prüfexperte die verantwortlichen Installateure oder die verantwortlichen Anlagebetreiber bei der Anlagenoptimierung unterstützen.

Der vorliegende Bericht fasst vereinbarungsgemäss die Ergebnisse der Qualitätsprüfungen in beiden Kantonen zusammen.

In Zusammenarbeit und mit Unterstützung durch den Branchenverband suissetec Nordwestschweiz werden die Ergebnisse dieser Qualitätsprüfung den Mitgliedern von suissetec Nordwestschweiz im Rahmen einer Informationsveranstaltung präsentiert werden.

2. Einleitung

Wärmepumpenanlagen können ihre energetischen Vorteile gegenüber anderen Wärmesystemen nur dann voll ausschöpfen, wenn sie fachgerecht geplant, dimensioniert, installiert, betrieben und gewartet werden. Besonders bei der Einbindung der Wärmepumpe im Gebäudebestand konnten in der Vergangenheit verschiedene Faktoren ermittelt werden, die einen effizienten Betrieb erschweren [1.], [2.], [3.]. Bei Wärmepumpenanlagen hat nicht nur der Kunde als Käufer ein Interesse, dass auf allen Ebenen ein möglichst gutes Qualitätsniveau erreicht wird, sondern auch die Kantone als Fördergeldgeber und suissetec sowie die Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) als Branchenverbände.

Der Kanton Basel-Landschaft fördert neben Erdsondenwärmepumpen und Wärmepumpen, die das Grundwasser als Wärmequelle nutzen, auch den Ersatz von Elektroheizungen durch Luft-Wasser-Wärmepumpen. Zwischen 2010 und 2014 förderte der Kanton Basel-Landschaft 169 Luft-Wasser-Wärmepumpen, 612 Erdsondenwärmepumpen und 15 Grundwasserwärmepumpen. Im gleichen Förderzeitraum wurden 38 Holzheizungen und 4 Anschlüsse an Holzwärmenetze gefördert.

Der Kanton Basel-Stadt fördert hingegen keine Luft-Wasser-Wärmepumpen, sondern ausschliesslich Erdsondenwärmepumpen und Wärmepumpen, die das Grundwasser als Wärmequelle nutzen. Zwischen 2010 und 2014 wurden im Kanton Basel-Stadt insgesamt 36 Wärmepumpen gefördert.

Die in den Kantonen Basel-Landschaft und Basel-Stadt geförderten Wärmepumpen müssen das internationale Wärmepumpen-Gütesiegel tragen.

3. Vorgehen

Im **Kanton Basel-Landschaft** wurden Wärmepumpen aus dem Förderprogramm „Ersatz Elektroheizung“ im Versorgungsgebiet der EBL (Genossenschaft Elektra Baselland) ausgewählt, bei denen ein separater EVU-Stromzähler für Wärmepumpen vorhanden ist. Bei diesen Anlagen ist eine Abschätzung der Energieeffizienz über die Bestimmung einer Jahresarbeitszahl (JAZ) im Vergleich zu gängigen Messmethoden relativ einfach möglich.

Bei 10 dieser Anlagen konnte so die JAZ via den Heizenergiebedarf vor der Wärmepumpeninstallation, den aktuellen Wärmepumpen-Stromverbrauch und einen Abgleich der Heizgradtage berechnet werden. Die betroffenen Liegenschaften haben eine nicht sanierte Gebäudehülle. Die ermittelte JAZ ist deshalb vergleichbar mit der JAZ3 des vom Bund in Auftrag gegebenen Feldmonitorings [1.] bzw. der auch in der Schweiz verwendeten Bezeichnung „Systemnutzungsgrad+“ (SNG+) (siehe **Abbildung 1**).

Zusätzlich konnte bei weiteren 11 Wärmepumpen die JAZ über den Wärmemengenzähler der Wärmepumpe und den aktuellen Wärmepumpen-Stromverbrauch bestimmt werden. Die so ermittelte Jahresarbeitszahl entspricht der JAZ1 des vom Bund in Auftrag gegebenen Feldmonitoring [1.] und berücksichtigt nicht die Wärmeverluste der Speicher. Beim Stromtarifmodell der EBL für Wärmepumpen dürfen keine Elektroboiler an den Wärmepumpen-Stromzähler angeschlossen werden. Damit ist ausgeschlossen, dass die so ermittelte JAZ durch separate Elektroboiler verfälscht wird. Insgesamt wurden im Kanton Basel-Landschaft Wärmepumpen mit einer kumulierten thermischen Leistung von 310 kW geprüft. Die durchschnittliche Wärmepumpenleistung pro geprüfte Anlage beträgt 12.4 kW.

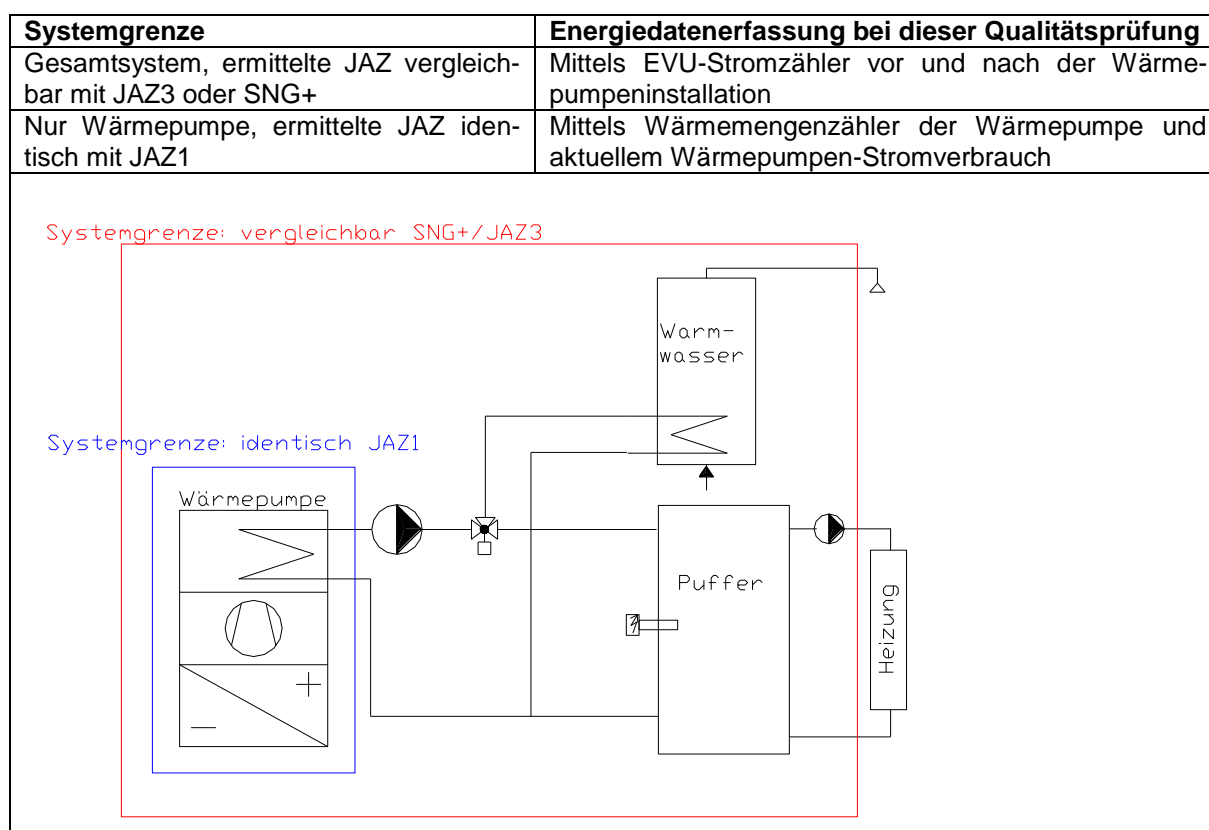


Abbildung 1: Prinzipielles Vorgehen bei der Bestimmung der Wärmepumpeneffizienz und Beschreibung der unterschiedlichen Definitionen der Systemgrenze.

Hinweis: Nachfolgend wird im Text nicht mehr zwischen den Systemgrenzen unterschieden, die Jahresarbeitszahlen werden pauschal mit „JAZ“ bezeichnet. In **Abbildung 3** und **Abbildung 4** sind für alle Anlagen JAZ-Wert und Systemgrenze ersichtlich.

Die im **Kanton Basel-Stadt** geprüften Wärmepumpen verfügen über keinen separaten Stromzähler, der Wärmepumpentarif der Industrielle Werke Basel (IWB) wurde erst im Jahr 2015 eingeführt. Deshalb wurden für die Qualitätsprüfungen in Basel-Stadt die 15 geförderten Wärmepumpen-Anlagen mit

der grössten thermischen Leistung ausgewählt. Die grösste geprüfte Wärmepumpe hatte eine thermische Leistung von 295 kW. Erfreulicherweise konnte bei acht der geprüften Anlagen die JAZ über die hausinternen Stromzähler und die Heizkostenabrechnungen vor der Wärmepumpeninstallation bzw. über die wärmepumpeninternen Wärmemengenzähler abgeschätzt oder berechnet werden. Im Kanton Basel-Stadt wurden Wärmepumpen mit einer kumulierten thermischen Leistung von 666 kW geprüft.

Insgesamt konnte bei 29 von insgesamt 40 geprüften Wärmepumpen-Anlagen die Energieeffizienz über die JAZ abgeschätzt bzw. errechnet werden. Darunter befinden sich fünf drehzahlgeregelte Wärmepumpen. Bei solchen liegen bis heute noch kaum Effizienz-Praxiswerte vor. Bei vier Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft und bei sieben Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt lagen keine Energieverbrauchsdaten vor, um die JAZ bestimmen zu können.

Zur Kontrolle der richtigen Dimensionierung wurden wenn möglich die Betriebsstunden der Wärmepumpen seit Inbetriebnahme ausgelesen und mit der Laufzeit der Wärmepumpe auf ein Betriebsjahr hochgerechnet. Zusätzlich wurden die mittleren Betriebsstunden über die erzeugte Heizenergie und die installierte thermische Leistung zurückgerechnet. Die Energiebezugsfläche zur Bestimmung der Energiekennzahl wurde mittels Abfrage der Anzahl beheizter Stockwerke und anschliessender Abmessung der Grundfläche im kantonalen Solarkataster approximativ berechnet, falls sie nicht aus den Planungsgrundlagen ersichtlich war.

Die 40 Wärmepumpenanlagen wurden von 24 verschiedenen Installateuren und sieben Planern realisiert. Damit ist eine breite Streuung der Kontrollen hinsichtlich der betroffenen Planungs- und Installationsbetriebe gewährleistet.

Es wurden 16 Sole-Wasser Wärmepumpen, 23 Luft-Wasser Wärmepumpen und eine Wasser-Wasser Wärmepumpe geprüft (siehe **Tabelle 2**). Acht der Sole-Wasser-Wärmepumpen und zwei der Luft-Wasser-Wärmepumpen haben eine thermische Leistung von über 20 kW. Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe hat eine thermische Leistung von 295 kW und versorgt eine Wohngenossenschaft mit 113 Wohnungen. Von den 40 geprüften Wärmepumpen sind elf in Mehrfamilienhäusern und 29 in Einfamilienhäusern installiert. Drei der Luft-Wasser-Wärmepumpen und sieben der Sole-Wasser-Wärmepumpen sind mit einer thermischen Solaranlage kombiniert. Der Anteil von Sole-Wasser-Wärmepumpen mit kombinierter Solaranlage liegt damit recht hoch.

Bei sieben Luft-Wasser-Wärmepumpen wird das Warmwasser nicht von der Wärmepumpe, sondern weiterhin durch einen separaten Elektroboiler erzeugt. Dabei nutzen zwei dieser Anlagen zusätzlich

Sonnenkollektoren zur Warmwassererzeugung. Bei einer weiteren Anlage wurde am Tag der Begehung das Warmwasser nachträglich an die Wärmepumpe angeschlossen.

Bei einer Anlage mit bivalentem Betrieb wird das Gebäude zusätzlich über die Abwärme eines grossen Aquariums indirekt elektrisch beheizt.

Tabelle 2: Übersicht der geprüften Wärmepumpen. Aufteilung nach Art und Leistungsklasse.

Wärmepumpentyp	Betriebsart	< 20 kW	> 20 kW	Total
Luft-Wasser	monovalent	10	1	23
	bivalent	1		
	bivalent kombiniert mit Solar	3	1	
	separates Warmwasser (Solar)	2		
	separates Warmwasser (E-Boiler)	5		
Sole-Wasser	monovalent	3	5	16
	bivalent kombiniert mit Solar	4	3	
	separates Warmwasser (Solar)	1		
Wasser-Wasser	monovalent		1	1
Total		29	11	40

Abbildung 2 zeigt die geografische Lage der überprüften Wärmepumpen-Anlagen. Im Kanton Basel-Landschaft wurden 23 Luft-Wasser-Wärmepumpen geprüft und nur zwei Wärmepumpen waren Sole-Wasser-Wärmepumpen. Im Kanton Basel-Stadt waren 14 der geprüften Wärmepumpen Sole-Wasser-Wärmepumpen und eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe.

Generell wurde bei der Qualitätsprüfung streng darauf geachtet, dass durch den Prüfexperten keine Veränderungen an den Einstellungen der Wärmepumpen-Anlage vorgenommen wurden. Dies hat zur Folge, dass der Anlagezustand teils nur begrenzt ermittelt werden konnte, da sich die Einstellwerte zum Teil in geschützten Bereichen der Reglermenüs befinden.

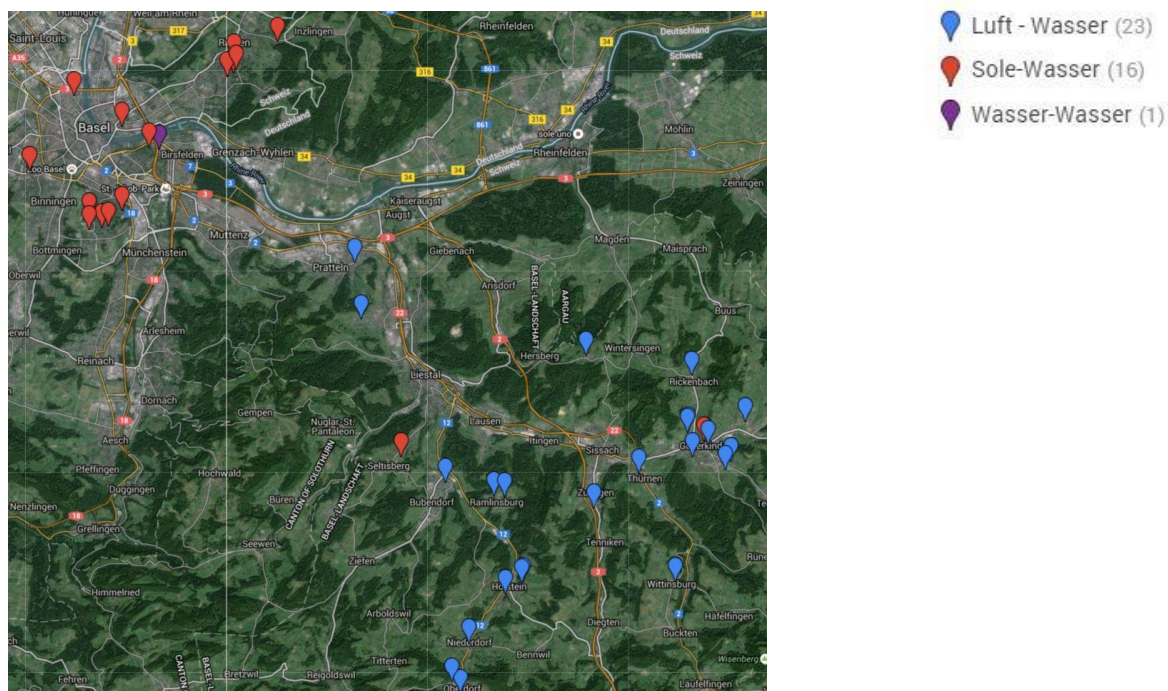


Abbildung 2: Geografische Lage der überprüften Wärmepumpen.

Neben der Effizienzbestimmung wurde bei der jeweils ein- bis zweistündigen Prüfung vor Ort die Einhaltung von Förderbestimmungen sowie die Installations- und Betriebsqualität überprüft und zusätzlich die Kundenzufriedenheit abgefragt. Die Prüfungen waren standardisiert und gegenüber dem Eigentümer wurde generell eine neutrale Meinung zu den eingebauten Produkten und den ausführenden Installateuren bzw. Planern vertreten.

Die Bewertungs-Klassifizierung der geprüften Anlagen ist aus nachfolgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 3: Bewertungs-Klassifizierung der Anlagen mit Kriterien für die Prüfung.

Bewertung	Kriterien
GUT	Alle Anlageteile wurden gemäss Herstellerangaben (wo vorhanden und überprüft) und einschlägigen Berufsleitsätzen und Richtlinien montiert. Anlage sauber verarbeitet und isoliert. Ansprechende Ästhetik der Verrohrung und Verarbeitung. Die Anlage weist eine gute Effizienz auf.
AUSREICHEND (Optimierungspotential vorhanden und Nachbesserung empfohlen)	Die Wärmepumpe funktioniert grundsätzlich. Anlageteile wurden ausreichend montiert, hydraulisch richtig installiert, ungenügend oder falsch isoliert, fehlende Dokumentation. Die Anlage funktioniert und hat ein einfaches Optimierungspotenzial (Regler- und Heizkreiseinstellung). Das Warmwasser wird über einen Elektroboiler bereitgestellt.
SCHLECHT (Nachbesserung dringend empfohlen)	Klar sichtbare Verarbeitungsmängel bei Wärmepumpe und Speicher. Fehlerhafte Hydraulik, Leckagen, Fehler in der Dimensionierung und Ausführung. Diese Anlagen weisen eine schlechte Effizienz auf.

Bei Anlagen mit der Bewertung „ausreichend“ oder „schlecht“ wurden dem Installateur Nachbesserungen empfohlen. Die Ergebnisse wurden mit den Kunden vor Ort und mit den Installateuren bei Bedarf nach der Prüfung besprochen. Bei WP-Anlagen mit der Bewertung „schlecht“ kontrolliert EZS nachträglich die Umsetzung der empfohlenen Verbesserungen.

4. Gesamtauswertung

Einleitender Hinweis:

Die relativ kleine und bzgl. Anlagentyp und Liegenschaft etc. sehr heterogene Stichprobe sowie die angewendete Methode der JAZ-Berechnung lassen nicht zu, dass die bei dieser Qualitätsprüfung gewonnenen Erkenntnisse verallgemeinert werden können. Die Untersuchung von 40 verschiedenen Wärmepumpen bietet aber nichtsdestotrotz einen interessanten Einblick in die betriebsweise und die Effizienz von verschiedenen installierten Wärmepumpen-Anlagen.

Tabelle 4 zeigt, dass von den 40 geprüften Wärmepumpen-Anlagen 23 mit „gut“ bewertet werden konnten. 16 Anlagen wurden mit „ausreichend“ bewertet. Bei diesen Wärmepumpen wurde meist entweder das Warmwasser mit einem Elektroboiler erzeugt oder die Dämmung der Leitungen fehlte. Eine der Wärmepumpen wurde mit „schlecht“ bewertet. Bei dieser Wärmepumpe fehlte nicht nur die Dämmung der Leitungen und das Warmwasser wurde über einen separaten Elektroboiler erzeugt, sie hatte auch eine auffallend schlechte JAZ von unter 1.5.

Für eine Bewertung mit „gut“ war die Effizienz nicht das ausschlaggebende Kriterium, zumal die abgeschätzten JAZ nicht durch eigene Messungen abgestützt sind. Deshalb sind auch Wärmepumpen, bei denen eine eher durchschnittliche Effizienz (JAZ) ermittelt wurde mit „gut“ bewertet worden, wenn die Wärmepumpe eine fachgerechte Planung und Installation aufwies.

Der überwiegende Teil der untersuchten Wärmepumpen waren Kompaktgeräte mit Standort im Gebäude. Sieben Kompaktgeräte waren aussen aufgestellt und nur sieben Anlagen waren Split-Anlagen (siehe **Tabelle 5**).

Tabelle 4: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung, nach Wärmepumpentypen.

Allgemeine Ausführung	gut	ausreichend	schlecht	Total
Luft - Wasser	14	8	1	23
Sole - Wasser	8	8		16
Wasser - Wasser	1			1
	23	16	1	40
	57.5%	40%	2.5%	100%

Tabelle 5: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung, nach Wärmepumpenarten.

Allgemeine Ausführung	gut	ausreichend	schlecht	Total
Kompaktanlage Aussenaufstellung	3	4		7
Kompaktanlage im Gebäude	16	10		26
Split-Anlage	4	2	1	7

4.1 Auswertung der Effizienz

Abbildung 3 zeigt die Jahresarbeitszahlen der geprüften Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft (überwiegend Luft-Wasser-Wärmepumpen). **Abbildung 4** zeigt die Jahresarbeitszahlen der geprüften Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt (überwiegend Sole-Wasser-Wärmepumpen). Die jeweilige Definition der Jahresarbeitszahl gemäss FAWA-Studie [1.] ist in den beiden Abbildungen unterhalb der Prüf-Nummer angegeben. Die Bestimmung und die Definition der jeweiligen Jahresarbeitszahl wurde bereits in Kapitel 3 beschrieben. Bei der Anlage mit der Prüf-Nr. 28 lag nur der berechnete Heizenergiebedarf nach SIA 380-1 vor, der im Rahmen der Neuplanung des Gebäudes erstellt wurde. Bei der Anlage mit der Prüf-Nr. 37 wurde der Ölverbrauch vor der Installation der Wärmepumpe zur Effizienzbestimmung herangezogen. Die Genauigkeit dieser ermittelten JAZ-Werte wird auf +/- 20 % eingeschätzt. Bei den Anlagen mit einem internen Wärmemengenzähler wurde die Genauigkeit durch den Hersteller auf +/- 10 % eingeschätzt.

Die Jahresarbeitszahlen von 21 der 25 geprüften, monovalent betriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen im Durchschnitt bei 2.57. Dieser Durchschnitt liegt unter dem empfohlenen Zielwert von 3.0 für Luft-Wasser-Wärmepumpen aus der Leistungsgarantie für Wärmepumpen von Energie Schweiz [4.].

Die ineffizienteste geprüfte Luft-Wasser-Anlage erreicht eine JAZ von nur 1.48 (Prüf-Nr. 8) und die effizienteste erreicht eine JAZ von 3.27 (Prüf-Nr. 17).

Die Luft-Wasser-Wärmepumpen, die mit einer solarthermischen Anlage kombiniert sind (Prüf-Nr. 1, 3 und 12), zwei Anlagen, bei denen das Warmwasser nicht über die Wärmepumpe erzeugt wird (Prüf-Nr. 24, 25) sowie die Anlage, bei der ein grosses Aquarium zusätzlich die Räume beheizt (Prüf-Nr. 15), weisen JAZ zwischen 2.9 und 3.8 auf.

Bei der Anlage mit der schlechtesten Effizienz sind die Leitungen nicht gedämmt und die thermische Leistung ist zu klein für das beheizte Gebäude. Bei sogenannten Inverter-Wärmepumpen mit leistungsgeregeltem Betrieb (Prüf-Nr. 2, 5, 6, 10, 7) konnte im Vergleich zu herkömmlichen Wärmepumpen mit konstanter Leistung keine höhere Effizienz festgestellt werden.

Von den 16 geprüften Sole-Wasser-Wärmepumpen weisen diejenigen acht Wärmepumpen, bei denen sich die Jahresarbeitszahl (JAZ) bestimmen liess, durchwegs JAZ-Werte von über 3 auf. Die Werte liegen damit im erwarteten Bereich für Sole-Wasser-Wärmepumpen. Die höchste ermittelte JAZ lag hier bei 4.39 (Prüf-Nr. 11). Bei dieser Anlage wird das Warmwasser separat über eine thermische Solaranlage erzeugt. Die geprüfte grosse 295 kW Wasser-Wasser-Wärmepumpe (Prüf-Nr. 35) weist trotz konstant hoher Vorlauftemperatur von 60°C für die Versorgung der dahinter liegenden Unterstationen eine JAZ von 3.36 auf.

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe mit der Prüf-Nr. 28 ist zwar mit einer thermischen Solaranlage kombiniert, das Kollektorfeld weist aber in Richtung Norden.

Drei der vier Wärmepumpen mit einer JAZ zwischen 3.9 und 4.4 sind in Neubauten bzw. in Gebäuden mit Minergie-Standard installiert.

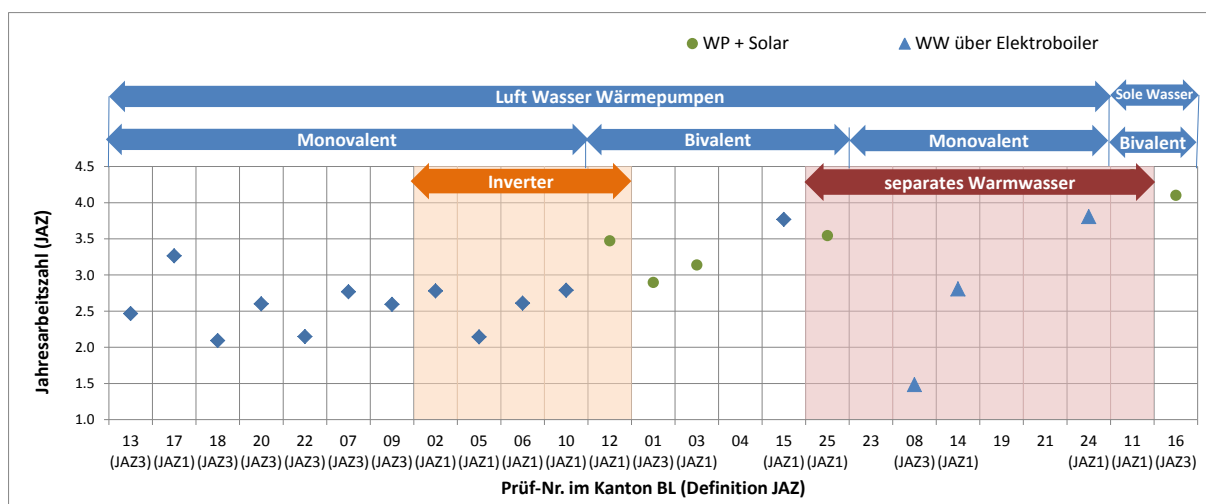


Abbildung 3: Jahresarbeitszahlen (JAZ) der im Kanton Basel-Landschaft geprüften Wärmepumpen (vorwiegend Luft-Wasser-Wärmepumpen im EFH).

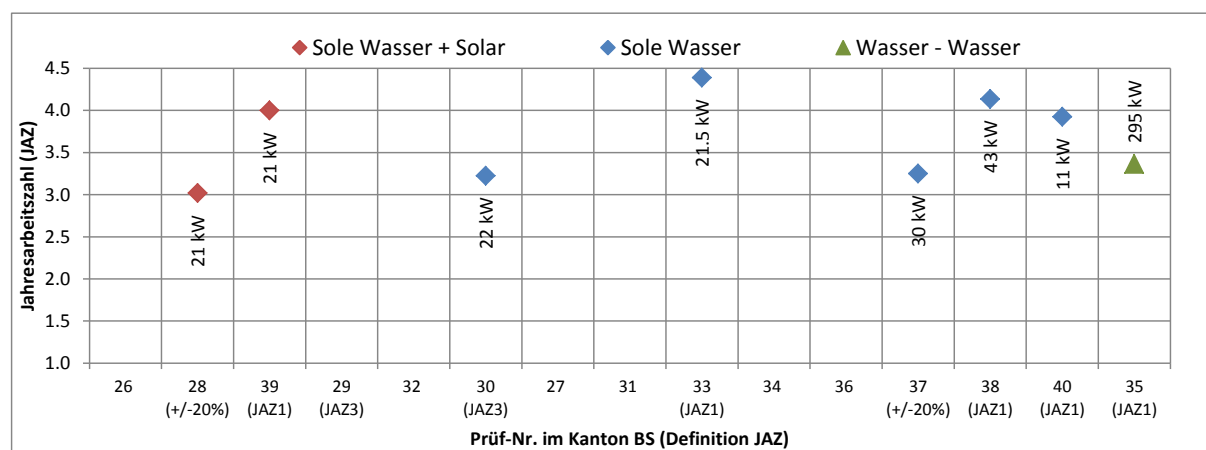


Abbildung 4: Jahresarbeitszahlen (JAZ) der im Kanton Basel-Stadt geprüften Wärmepumpen.

Hinweis zur JAZ (siehe auch Abbildung 1):

JAZ3: Systemgrenze beinhaltet Gesamtsystem

JAZ1: Systemgrenze beinhaltet nur die Wärmepumpe

Aus der Abfrage des Wärmeenergieverbrauchs vor und nach der Installation der Wärmepumpen bzw. aus der Auswertung der internen Wärmemengenzähler ergibt sich für die 33 Anlagen bzw. Gebäude, bei denen diese Daten vorhanden waren, eine Gesamt-Wärmeenergieeinsparung durch die neue Heizungs- und Warmwasserlösung von **1147 MWh pro Jahr**. Dies entspricht ungefähr 66 kWh pro m² Energiebezugsfläche pro Jahr.

4.2 Auswertung Dimensionierung

Zur Kontrolle der richtigen Dimensionierung wurden die Anlage-Betriebsstunden wenn möglich ausgelesen. Zusätzlich wurden bei bekanntem Heizenergiebedarf und bekannter installierter thermischer Leistung daraus die Volllaststunden errechnet.

Abbildung 5 zeigt, dass die Laufzeiten der geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft zwischen 575 h und 2440 h pro Jahr variieren. **Abbildung 6** zeigt, dass diese geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen im Durchschnitt eher überdimensioniert sind, was sich in den tiefen Werten bei den errechneten Volllaststunden zeigt.

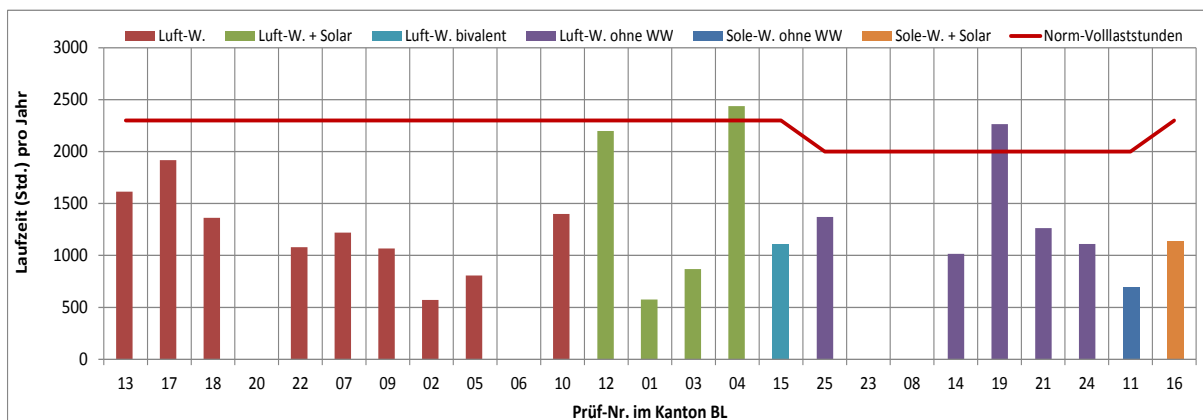


Abbildung 5: Effektive Laufzeiten pro Jahr der 25 Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft (Für Prüf-Nr. 6, 8, 20, 23 liegen keine Werte vor).

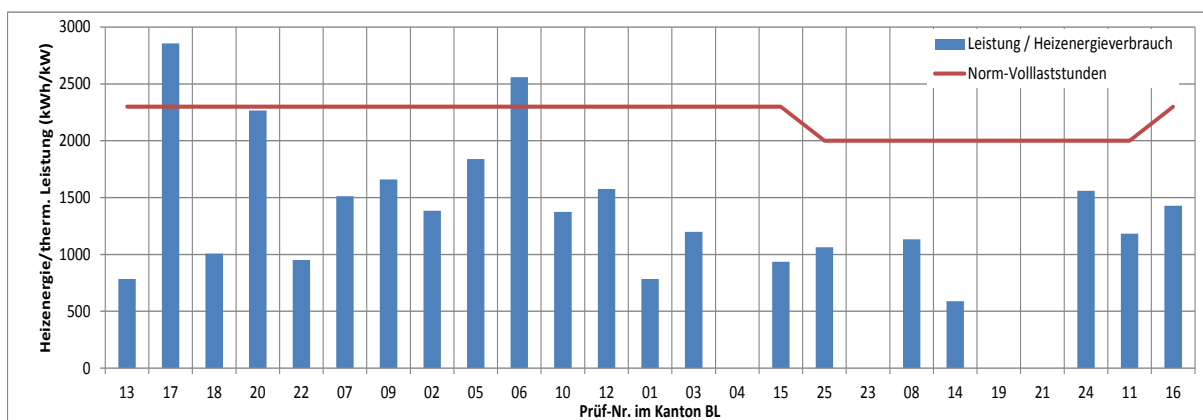


Abbildung 6: Volllaststunden berechnet aus dem Heizenergiebedarf dividiert durch die installierte thermische Leistung der 25 Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft (Für Prüf-Nr. 4, 19, 21, 23 liegen keine Werte vor).

Die geprüften Sole-Wasser-Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt erreichen im Durchschnitt die Standarddimensionierung mit 2300 Volllaststunden, siehe **Abbildung 8**. Bei den Sole-Wasser Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt (siehe **Abbildung 7**), die mit einer Solaranlage kombiniert sind, liegen die Laufzeiten bei 2000 Volllaststunden oder tiefer.

Die Betriebsstunden liegen bei einer geprüften Sole-Wasser-Wärmepumpe (Prüf-Nr. 37) deutlich über den nach SIA 384/6 empfohlenen Werten. Die Erdwärmesonde dieser Anlage wurde aber entsprechend überdimensioniert und es wurden keine Hinweise auf Unterkühlung festgestellt.

Bei der Anlage mit der Prüf-Nr. 27 ist die Wärmepumpe überdimensioniert und die Anlage zeigt ein starkes Takten. Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe in einer Wohngenossenschaft wurde für eine hohe Anzahl Volllaststunden dimensioniert.

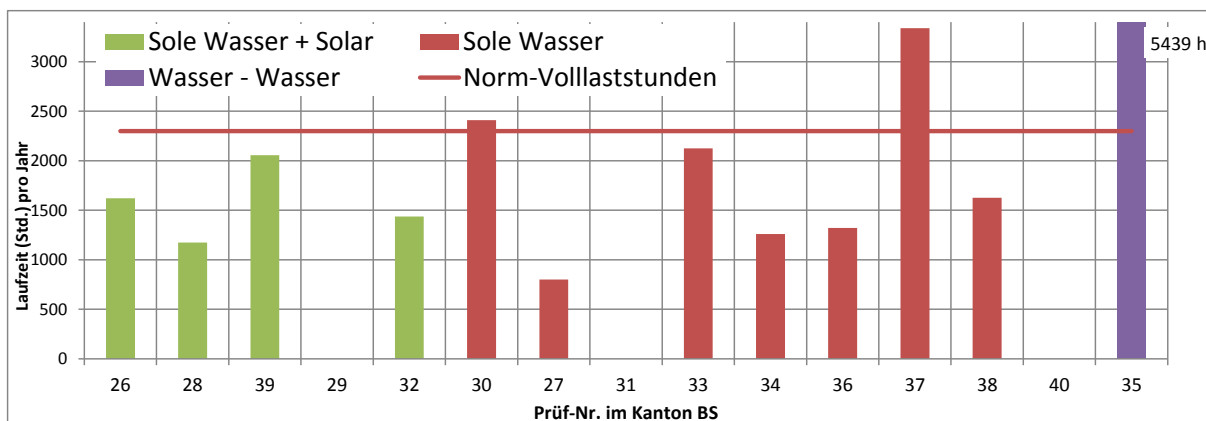


Abbildung 7: Laufzeit pro Jahr der 25 Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt (Für Prüf-Nr. 29, 31 und 40 liegen keine Werte vor).

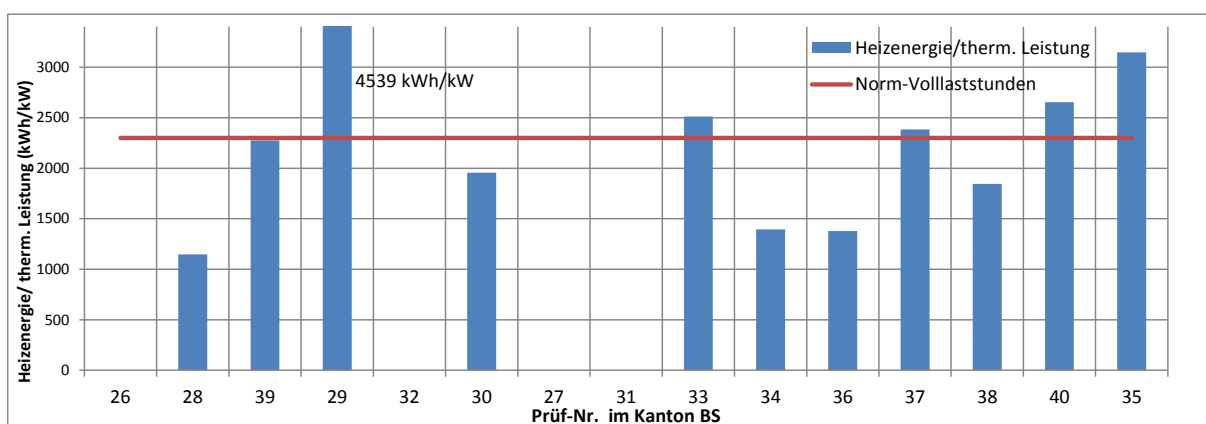


Abbildung 8: Volllaststunden berechnet aus dem Heizenergiebedarf dividiert durch die installierte thermische Leistung der Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt (Für Prüf-Nr. 26, 27, 31 und 32 liegen keine Werte vor).

4.3 Auswertung Gebäude und Wärmepumpe

Gebäude und Gesamtanlage

Tabelle 6 zeigt den energetischen Zustand der Gebäudehülle (Ergebnisse aus Befragung). Bei 50% der untersuchten Gebäude sind die Fenster doppelverglast und es wurde in der Vergangenheit nur ein Bauteil energetisch saniert.

Die Wärmepumpen, die in Gebäuden mit geringer Gebäudedämmung realisiert wurden, weisen eine JAZ unter 3 auf, da die Heizkreistemperatur entsprechend hoch gehalten werden muss. Die Anlagen mit der Prüf-Nr. 8, 10, 13, 14, 19 und 20 sind typische Anlagen mit einer Gebäudehülle, bei der nur ein Bauteil saniert wurde (Ersatz Fenster). Diese Anlagen weisen auch in **Abbildung 16** eine Vorlauftemperatur im Heizkreis von über 45°C auf.

Tabelle 6: Auswertung energetischer Zustand der Gebäudehülle.

Energetischer Zustand der Gebäudehülle			
	EFH	MFH	Total
seit Baujahr keine Sanierung		1	1
ein Bauteil wurde saniert	18	3	21
zwei oder mehr Bauteile wurden saniert	10	1	11
Neubau (nach 2010)	1	1	2
Minergie zertifiziert		5	5

(Prozentwerte gerundet.)

Die geprüften Wärmepumpen-Anlagen sind überwiegend nach standardisierten Funktionsschemata installiert, wie sie vom Wärmepumpen-System-Modul empfohlen werden. **Tabelle 7** zeigt, dass 19 Anlagen nach Schema 6 des Wärmepumpen-System-Moduls (mit Parallelspeicher, mit Wassererwärmer, siehe **Abbildung 9**) installiert wurden. Sieben dieser Anlagen wurden mit einem warmwasserintegrierten Pufferspeicher installiert, zwölf mit getrennten Puffer- und Warmwasserspeichern. Letzteres führt bei Wärmepumpen mit hohen Volumenströmen zu einer verbesserten Zonentrennung zwischen Warmwasser- und Heizungsvolumen. Die zwei Anlagen, bei denen das Warmwasser über einen separaten Warmwasserspeicher mit thermischer Solaranlage aufbereitet wird, entsprechen Schema 5 des Wärmepumpen-System-Moduls. Sechs Anlagen mit einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung wurden mit einem Kombispeicher ausgeführt, wie er im Wärmepumpen-System-Modul nicht aufgeführt wird. Eine grosse Anlage in einer Wohnbaugenossenschaft betreibt ein Heizungsverteilstück mit separaten Unterstationen, bei denen die Warmwasser-Vorlauftemperatur 60°C betragen muss.

Tabelle 7: Anzahl eingesetzter Funktionsschemata gemäss Wärmepumpen-System-Modul.

Funktionsschema	%	
Schema 2b (- Speicher, + Warmwasseraufbereitung) + Kühlung über EWS	1	3%
Schema 5 (Parallelspeicher, - Warmwasseraufbereitung)	8	20%
Schema 6 (Parallelspeicher, + Warmwasseraufbereitung)	19	48%
Schema 7.3 (Parallelspeicher + Solar-WW-Aufbereitung)	5	13%
Wärmepumpe und Solarthermie für HZ+WW mit Kombispeicher	6	15%
Pufferspeicher und Unterstationen in den einzelnen Gebäuden.	1	3%

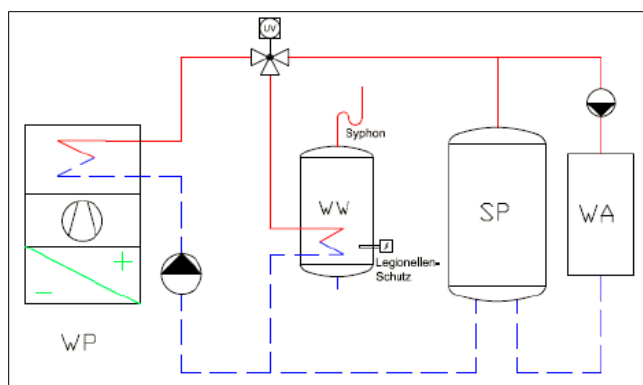


Abbildung 9: Wärmepumpen-System-Modul, Schema 6 Parallelspeicher, mit Warmwasseraufbereitung (Quelle: Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz, FWS).

Heiz- und Warmwasserspeicher

Die geprüften Speicher besitzen in der Regel vom Lieferanten vorfabrizierte Dämmungen. Abnehmbare Weichschaumdämmungen, Faserdämmungen oder Hartschaumschalen sind in der Regel mit einer Dämmstärke von über 100 mm ausgeführt. Mit Polyurethan eingeschäumte Warmwasserspeicher bis 500 Liter verfügen in der Regel über eine Dämmstärke von 40-50 mm.

Bei einem Speicher (Prüfungs-Nr. 34) war die Dämmung nicht ganz geschlossen und es konnte ein spürbarer Luftwärmestrom an den Stutzenausparungen des Dämmdeckels festgestellt werden.

Bei vier Speichern war der Anschlussflansch für den Elektroheizstab nicht gedämmt und bei acht Speichern waren die Speicheranschlüsse und Entlüfter wie in

Abbildung 10 dargestellt nicht gedämmt, was zu erheblichen Verlusten führt und die Effizienz der Gesamtanlage reduziert.

Speicher, bei denen die Anschlüsse wie in

Abbildung 11 dargestellt vollumfänglich gedämmt wurden, sind in der Regel vom Kunden nachdrücklich so gefordert worden.

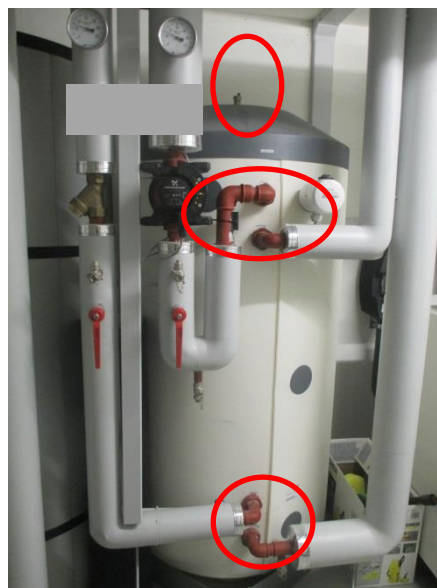


Abbildung 10: Warmwasserspeicher ohne Dämmung der Anschlüsse.



Abbildung 11: Speicherstutzen sind bis an die Speicherdämmung gut gedämmt. Die Wärmeverluste werden so niedrig gehalten.

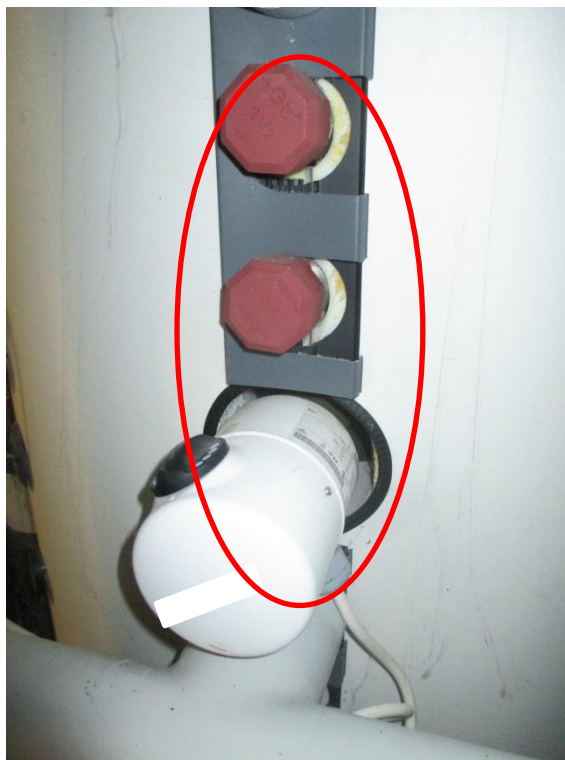


Abbildung 12: Elektroheizstab und Speicheranschlüsse sind ungedämmt, was zu entsprechend hohen Wärmeverlusten führt.

Tabelle 8: Auswertung Wärmedämmung an den Speichern.

Wärmedämmung Speicher	%	
sehr gut, Anforderungen erfüllt	27	68%
Speicherstutzen sind nicht voll gedämmt	8	20%
Flansch für Elektroheizstab nicht gedämmt	4	10%
Dämmung nicht ganz geschlossen, E-Stabflansch nicht gedämmt.	1	3%

(Prozentwerte gerundet.)

Leitungen, Armaturen

Tabelle 9: Auswertung Wärmedämmung Leitungen, Armaturen.

Wärmedämmung Leitungen	%	
sehr gut, Anforderungen erfüllt	36	90%
schlecht bis gar nicht gedämmt	3	8%
lückenhaft gedämmt	1	3%

(Prozentwerte gerundet.)

Tabelle 9 zeigt, dass 90% der geprüften Anlagen über eine ausreichende Dämmung der Leitungen verfügen. Vier (10%) der untersuchten Anlagen (**Abbildung 13**) verfügen über schlechte oder gar keine Dämmung an den Leitungen und den Armaturen. Grund für das Fehlen der Dämmung sind in der Regel vom Kunden gewünschte Kostenersparnisse. Besonders die Anschlüsse der Speicher werden deshalb gerne ohne Dämmung ausgeführt. Armaturen werden häufig zur besseren Zugänglichkeit nicht gedämmt.

**Abbildung 13: Wärmepumpe ohne Dämmung der Leitungen.**

Bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen traten bei vier Anlagen Leckagen im Erdwärmesondenkreislauf innerhalb der Heizungszentrale auf (**siehe Abbildung 15**). Ausserdem konnten bei zwei Erdwärmesonden undichte Stellen an der Kälte­dämmung festgestellt werden, was zu erheblicher Kondensation mit entsprechender Korrosion der Verrohrung führte.

Das Expansionsgefäß für den Solekreislauf wurde bei drei Sole-Wasser-Wärmepumpen mit flexiblen Panzerschläuchen installiert (**Abbildung 14**). Die Ummantelung korrodierte aufgrund der Kondensationsbelastung vorzeitig und die Materialien entsprechen nicht den Anforderungen für den Betrieb mit Frostschutzmittel. Zwei der geprüften Anlagen wiesen bereits starke Korrosion am Panzerschlauch auf.

Bei zwei Erdwärmesonden wurde bei der Installation der Anzeigearmaturen gespart. Es waren keine Zeigerthermostaten zur Kontrolle der Vor- und Rücklauftemperatur der Erdwärmesonde installiert und die Wärmepumpe zeigte sie in der oberen Menüebene auch nicht an. Damit war es nicht möglich, die Temperaturen der Erdwärmesonde zu kontrollieren.

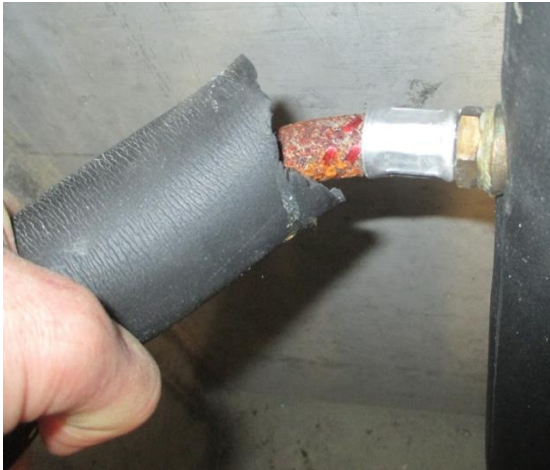


Abbildung 14: Korrosion an der Panzerschlauchverbindung zum Expansionsgefäß im Solekreislauf aufgrund von Kondensation.



Abbildung 15: Leckage am Erdwärmesondeneintritt und zusätzlich starke Korrosion der Verrohrung aufgrund von Kondensat.

Wärmeabgabe

Tabelle 10 zeigt, dass bei 35% der geprüften Anlagen die Wärmeeinbringung in die beheizten Räume über eine Bodenheizung geschieht und bei 65% Radiatoren verwendet werden.

Die Vorlauftemperaturen der 39 diesbezüglich geprüften Wärmepumpen und die eingestellte Warmwassertemperatur sind in **Abbildung 16** für die Anlagen im Kanton Basel-Landschaft und in **Abbildung 17** für die Anlagen im Kanton Basel-Stadt dargestellt.

Tabelle 10: Auswertung der eingesetzten Wärmeübergabe.

Heizungssystem	%
Bodenheizung	17 43%
Radiatoren	18 45%
Bodenheizung und Radiatoren	5 13%

Die Vorlauftemperatur des Heizkreises wurde bei den Begehungen bei unterschiedlichen Aussentemperaturen ermittelt und deshalb einheitlich auf +4°C Aussentemperatur mit einer angenommenen Steigung der Heizgradkurve von 0.5 hochgerechnet. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen JAZ und der Vorlauftemperatur konnte nur bei den Anlagen 15, 17 und 24 (siehe **Abbildung 3**) erkannt werden.

Bei vier Anlagen mit Bodenheizung (Prüf-Nr. 17, 18, 22) war die Vorlauftemperatur am Tag der Begehung mit 40°C bei Aussentemperaturen zwischen 5°C und 10 °C auffallend hoch, diese Anlagen bergen Optimierungspotential.

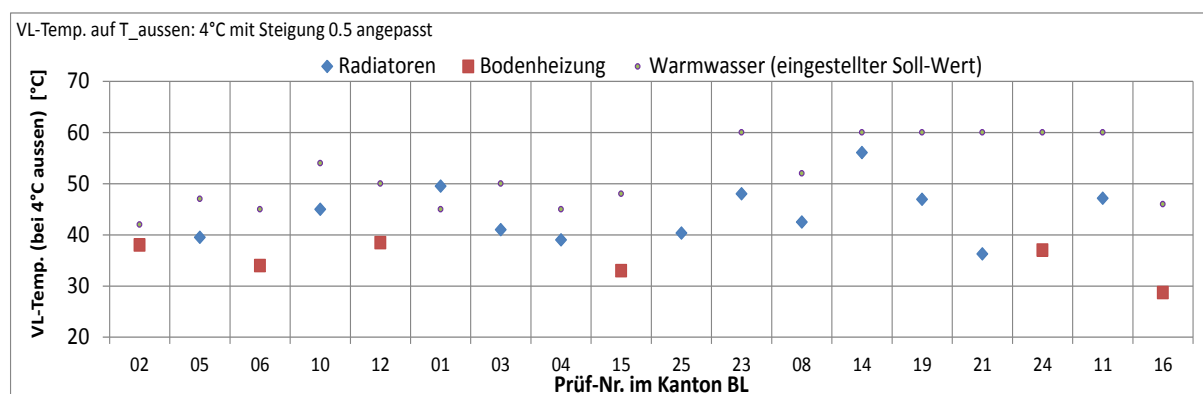


Abbildung 16: Vorlauftemperatur und Aussentemperatur der geprüften Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft.

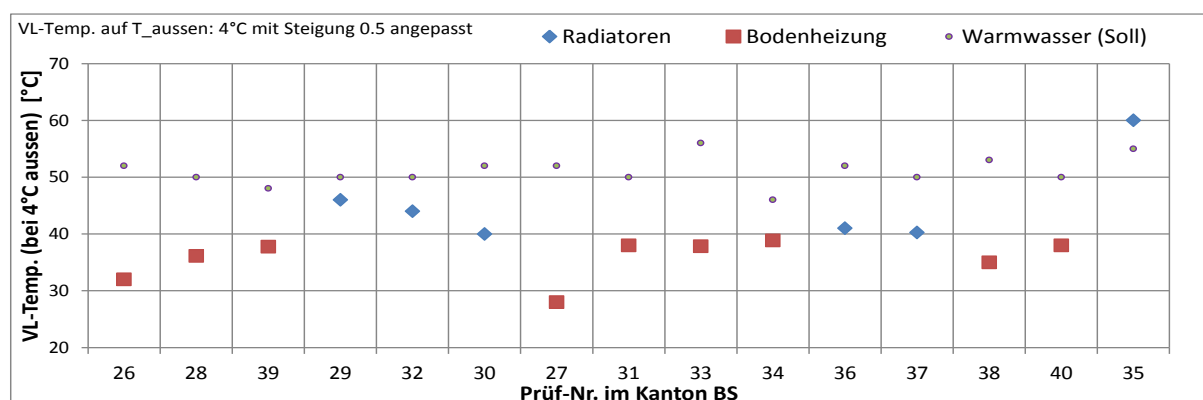


Abbildung 17: Vorlauftemperatur und Aussentemperatur der geprüften Wärmepumpen im Kanton Basel-Stadt.

4.4 Auswertung Abnahme, Kosten, Zufriedenheit

Tabelle 11: Auswertung Anlagenübergabe (Abnahme).

Instruktion		%
ist erfolgt	38	95%
ist nicht erfolgt	2	5%
Bedienungsanleitung		
vorhanden	38	95%
nicht vorhanden	2	5%
Abnahmeprotokoll		
vorhanden	24	60%
nicht vorhanden	16	40%
Anlagenschema		
vorhanden	23	58%
nicht vorhanden	17	43%
Wartungsheft		
vorhanden	21	53%
nicht vorhanden	12	30%
nicht notwendig	7	18%
Servicevertrag		
vorhanden	18	45%
nicht vorhanden	22	55%

(Prozentwerte gerundet.)

Die Wärmepumpenübergabe war, wie in **Tabelle 11** ersichtlich, in der Regel insgesamt in Ordnung. Bei 16 Anlagen wurde jedoch kein Abnahmeprotokoll erstellt. Von diesen 16 Anlagen sind nur 47 % mit der Gesamtbewertung „gut“ ausgezeichnet worden. Von den 24 Anlagen, bei denen ein Abnahmeprotokoll vorhanden war, sind 66% „gut“ in der Gesamtbewertung. Es zeigt sich, dass Anlagen mit ordnungsgemässer, dokumentierter Inbetriebnahme tendenziell besser ausgeführt sind als Anlagen, wo kein Abnahmeprotokoll erstellt wurde.

Anlageschemata wurden vorwiegend bei grossen Wärmepumpen erstellt. Bei kleinen Standardanlagen ist das standardisierte Schema angelehnt an die Empfehlungen zum Wärmepumpen-System-Modul Bestandteil der Bedienungsanleitung. Das Wartungsheft war bei 21 von 33 Wärmepumpen mit mehr als 3 kg Kältemittel vorhanden. Bei 45 % der untersuchten Anlagen besteht ein Servicevertrag.

Investitionskosten

Tabelle 12: Auswertung Investitionskosten.

Offerte vs. Abrechnung		%
Minderkosten	2	5%
keine Mehrkosten	35	88%
geringe Mehrkosten	2	5%
grosse Mehrkosten	1	3%

(Prozentwerte gerundet.)

Wie in **Tabelle 12** aufgeführt lagen die Investitionskosten bei 92% der Wärmepumpen im Rahmen der Offerte. Nur bei drei Anlagen gab es geringe bis grosse Mehrkosten.

Zufriedenheit

Tabelle 13: Auswertung Zufriedenheit der Kunden.

Allgemein mit Anlage		%
sehr zufrieden	37	93%
nur teilweise zufrieden	2	5%
noch nicht bekannt	1	3%
Behaglichkeit seit Realisierung		
angenehmer	36	90%
keine Veränderung	2	5%
weniger angenehm bei sehr niedrigen Temperaturen	2	5%
Mit Unternehmer/Planer		
sehr zufrieden	35	88%
nur teilweise zufrieden	4	10%
nicht zufrieden	1	3%
Lärmschutz		
zufrieden	39	98%
nicht zufrieden	1	3%

(Prozentwerte gerundet.)

Tabelle 13 zeigt, dass 93% der befragten Anlageneigentümer insgesamt sehr zufrieden sind mit ihrer Wärmepumpe. Zudem sind 90% mit der Behaglichkeit nach der Realisierung zufrieden und auch 88% mit dem verantwortlichen Unternehmer bzw. mit dem Planer.

98% der Wärmepumpen verursachen keine Probleme durch die Betriebsgeräusche (Einschätzung Anlagebesitzer). In der Regel wurde die Installation mit den Nachbarn vorab abgesprochen und bei der Gerätewahl und der Platzierung wurde auf einen geräuscharmen Betrieb geachtet, wie das Beispiel in **Abbildung 18** mit zusätzlicher Lärmschutzkonstruktion zeigt.

Gemäss der Lärmschutzverordnung (LSV) ist eine maximale Geräuschemission in der Nachbarschaft (Wohnzone ES II) von 45 dB(A) zulässig (Planungswert bei Nacht).

Der Schallleistungspegel der untersuchten Luft-Wasser-Wärmepumpen wurde aus den Herstellerangaben erfasst. Dabei kann es sich auch um Selbstdeklarationen handeln. Die Werte variieren zwischen 51 dB(A) und 65 dB(A) und sind in der Regel Messwerte in einem Meter Abstand.



Abbildung 18: Gutes Beispiel eines Lärm- und Sichtschutzes einer Wärmepumpe.

4.5 Auswertung Qualität

Tabelle 14: Auswertung Qualität.

Allgemeine Ausführung		%
gut	23	58%
ausreichend	16	40%
schlecht	1	3%
Gewählte Systemlösung		
gut, effizient	34	85%
nicht optimal, da WW über E-Boiler	6	15%
Funktionstüchtigkeit		
gut	23	58%
nicht optimal	8	20%
nicht beurteilbar	9	23%
Stimmt Dimensionierung der Wärmepumpe?		
gut	28	70%
überdimensioniert	9	23%
unterdimensioniert	1	3%
nicht beurteilbar	2	5%
Stimmt Dimensionierung Erdwärmesonde?		
Ja	14	82%
Nein	3	18%
Übergabe/Wartung fand/findet statt?		
Ja	36	90%
Nein	4	10%
Energieeffizienz-Klasse Umwälzpumpen Heizkreis		
gut (A)	32	80%
schlecht (B, C)	8	20%

(Prozentwerte gerundet.)

Die Bewertung der allgemeinen Ausführung in **Tabelle 14** zeigt, dass 60% der Wärmepumpen allgemein „gut“ ausgeführt wurden, bei 38% wurden dagegen Mängel erkannt und die Wärmepumpen wurden deshalb mit „ausreichend“ oder „schlecht“ bewertet. Weitere Details zu dieser Bewertung wurden bereits in **Tabelle 4** und **Tabelle 5** erläutert.

Bei der Bewertung der gewählten Systemlösung wurden Wärmepumpen, bei denen die Warmwasseraufbereitung nicht über die Wärmepumpe geschieht, mit „nicht optimal“ bewertet. Das durchschnittliche Speichervolumen pro installierte thermische Leistung lag bei 66 Litern pro kW und war bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe auffällig unterschritten (weniger als 11 Liter pro kW).

58% der untersuchten Wärmepumpen wiesen eine gute Funktionstüchtigkeit auf. Die Funktionstüchtigkeit wurde anhand der eingesparten Energie, der Überprüfung der Dimensionierung und wenn möglich über die JAZ bestimmt. Anlagen mit auffallend schlechter Effizienz wurden in der Auswertung als „nicht optimal“ bezeichnet. Der empfohlene Zielwert der Jahresarbeitszahl (JAZ) gemäss Leistungsgarantie für Wärmepumpen von Energie Schweiz [4.] für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe liegt bei 3.0. Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen sollten eine JAZ von 4.0 erreichen. Wie **Abbildung 3 (Seite 12)** und **Abbildung 4 (Seite 12)** zeigen, konnten nur sechs von 19 Luft-Wasser-Wärmepumpen, bei denen die JAZ bekannt ist, diesen Wert überschreiten und vier von sieben Sole-Wasser-Wärmepumpen diesen Wert erreichen.

Zur Beurteilung der Dimensionierung wurde von 2300 Volllaststunden ausgegangen. Bei denjenigen Wärmepumpen, bei denen keine Angaben über Heizenergiebedarf oder Betriebsstunden vorhanden waren, wurde mit einer maximalen thermischen Nennleistung von 50 W pro m² Energiebezugsfläche (bei W-7/W35, B0/35 oder W10/W35) ausgegangen. Demnach sind 70 % der Anlagen gut dimensioniert, 23% sind überdimensioniert und 3% sind unterdimensioniert.

Zur approximativen Beurteilung der Dimensionierung der Erdwärmesonden wurde der allgemeingültige Richtwert für die Entzugsleistung (50 W pro Meter Bohrtiefe) angenommen. Dies wurde aus Aufwandgründen vereinfacht. Nach SIA-Norm 384/6 „Erdwärmesonden“ ist dieser Richtwert jedoch für die Dimensionierung nicht mehr zulässig. 16 der 18 geprüften Erdwärmesonden sind im Bereich von 50 W Entzugsleistung pro Meter Bohrtiefe (+/- 20%). Bei einer Anlage wurde auffällig zu tief gebohrt, was aber bei der unsanierten Gebäudehülle von Vorteil ist; bei zwei Anlagen ergibt die zu geringe Bohrtiefe einen Wert von weniger als 40 W pro Meter Bohrtiefe.

Bei der Energieeffizienz der eingesetzten Umwälzpumpen für den Heizkreis wurden 32 Anlagen mit Umwälzpumpen der Energieeffizienzklasse „A“ eingesetzt und wurden diesbezüglich als gut eingestuft. Anlagen, bei denen auch Pumpen der Energieeffizienzklasse B und C im Heizkreis im Einsatz sind, wurden diesbezüglich als schlecht eingestuft.

Wie auch in **Tabelle 11** ersichtlich ist, war die Übergabe/Abnahme der Anlagen meist in Ordnung. In vier Fällen hat es keine bzw. schlechte Übergaben gegeben.

4.6 Auswertung Förderbedingungen & gesetzliche Bestimmungen

Tabelle 15: Auswertung Einhaltung Förderbedingungen und gesetzliche Bestimmungen.

Wärmepumpe mit Gütesiegel		%
Ja	38	95%
Nein	2	5%
Einhaltung Energieverordnung		
Ja	36	90%
Nein	4	10%

(Prozentwerte gerundet.)

Tabelle 15 zeigt die Auswertung zur Einhaltung der Förderbedingungen und gesetzlichen Bestimmungen. Bei zwei Wärmepumpen konnte die Erteilung des internationalen Wärmepumpengütesiegels nicht nachvollzogen werden. Bei vier Wärmepumpenanlagen, die ohne Dämmung der Hydraulik ausgeführt sind, wurden die gesetzlichen Anforderungen gemäss Energieverordnung nicht eingehalten.

Bei fünf der geprüften Anlagen im Kanton Basel-Landschaft wird das Warmwasser nicht über die Wärmepumpe, sondern über bestehende separate Elektroboiler erwärmt. Gemäss der Verordnung über die rationelle Energienutzung des Kantons Basel-Landschaft muss bei der Gesamterneuerung von zentralen Warmwassersystemen mindestens 50% des Warmwassers mit erneuerbarer Energie erzeugt werden. Bestehende Elektroboiler, wie sie in dieser Prüfung vorgefunden wurden, sind jedoch davon ausgenommen.

5. Nachbesserung der Anlagen

Bei den Anlagen mit den Bewertungen „ausreichend“ und „schlecht“ wurden individuelle Qualitätsberichte mit entsprechenden Empfehlungen an die jeweiligen Installateure abgegeben. Die von uns empfohlenen Massnahmen beschränken sich auf umsetzbare Massnahmen wie die nachträgliche Dämmung der Leitungen. Bei Fehlern in der Dimensionierung, wo eine grundsätzliche Abänderung der Anlage zur Behebung nötig wäre, wurde keine entsprechende Massnahme empfohlen, da eine solche aus Kostengründen unrealistisch wäre.

Bei Anlagen mit der Bewertung „ausreichend“ haben fünf von insgesamt 17 betroffenen Installateuren eine Rückmeldung gegeben. Die Diskussion mit diesen Installateuren war sehr konstruktiv, das Feedback positiv und verständnisvoll.

6. Schlussfolgerungen

Mit insgesamt 23 mit „gut“, 16 mit „ausreichend“ sowie einer mit „schlecht“ bewerteten Anlagen (bzgl. „allgemeine Ausführung“) besteht in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft Verbesserungspotential hinsichtlich Planungs- und Ausführungsqualität bei Wärmepumpen.

Die verbreitetsten Mängel bei den geprüften Wärmepumpen mit der Bewertung „ausreichend“ und „schlecht“ sind:

- Die Dämmung der Leitungen und Speicheranschlüsse wird häufig unsachgemäss und nicht ausreichend ausgeführt. Die nachträgliche Dämmung birgt ein einfaches und effizientes Verbesserungspotential.
- Das Warmwasser wird bei fünf Gebäuden über separate Elektroboiler und nicht durch die Wärmepumpe erzeugt.
- Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen werden die Anforderungen für frostschutzführende Kälteleitungen nicht immer berücksichtigt.
- Teilweise führen Fehler in der Dimensionierung und Planung zu einem ineffizienten Betrieb der Wärmepumpen. Insbesondere zu hohe Vorlauftemperaturen im Heizkreis aufgrund einer alten Bausubstanz und zu kleine Heizkörper sind ungünstig hinsichtlich eines effizienten Betriebs.

Der Ersatz des bestehenden Heizungssystems durch eine Wärmepumpe hat bei allen geprüften Anlagen signifikante Energieeinsparungen bewirkt. So werden von insgesamt 33 Anlagen etwa **1147 MWh** pro Jahr gegenüber dem alten Heizsystem eingespart (bei sieben Anlagen konnten keine Energieverbrauchsdaten erhoben werden). Dies entspricht ungefähr 66 kWh pro m² Energiebezugsfläche pro Jahr. Die geprüften Wärmepumpen wurden im Kanton Basel-Landschaft als Ersatz von Elektroheizungen realisiert, im Kanton Basel-Stadt ersetzen die geprüften Wärmepumpen Ölheizungen oder waren Neubauprojekte.

Die Unterstützung der Anlageneigentümer durch den Installateur/Planer bei Planung, Installation und Anlagenübergabe kann im allgemeinen als gut bezeichnet werden.

Die Befragung der Anlageneigentümer zeigte, dass diese mit ihren Wärmepumpen weitestgehend sehr zufrieden sind. Bei den Investitionskosten gab es nur in wenigen Fällen grössere Abweichungen zu den in der Offerte veranschlagten Kosten.

Die vorliegende Qualitätsprüfungskampagne zeigt, dass die durchschnittliche Qualität von Wärmepumpen (gesamthaft betrachtet bezüglich Planung, Dimensionierung, Installation etc.) in den beiden Basel durchaus Verbesserungspotential hat. Möglichst breite Aus- und Weiterbildungsangebote für Installateure sowie die flächendeckende Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) bei Anlagen bis max. 25 kW können Qualitätsverbesserungen bewirken.

Bei der Systemwahl und der Funktionalität zeigt sich zumindest bei den grösseren Wärmepumpenherstellern eine Standardisierung, die sich nach den Empfehlungen des Wärmepumpen-System-Moduls richtet.

7. Vorschläge für das weitere Vorgehen

Qualitätsprüfungen weiterführen

Die Durchführung von Qualitätsprüfungen von Wärmepumpen durch unabhängige Prüfer sollte unbedingt fortgeführt werden, einerseits um eine nachhaltige Wirkung zu erreichen und andererseits, um die bisherigen Ergebnisse statistisch zu festigen. Die Resultate und die aus den Qualitätsprüfungen abgeleiteten Massnahmen können die Steigerung des Wirkungsgrades von Wärmepumpenanlagen und die rationelle Nutzung von Energie gemäss den kantonalen Gesetzesvorgaben begünstigen.

Neben der Ermittlung der Jahresarbeitszahl, wie sie bereits in dieser Qualitätsprüfung durchgeführt wurde, empfehlen wir die Untersuchung des Betriebs der elektrischen Heizstäbe von Wärmepumpen mittels einfacher Messtechnik.

Schulung und Sensibilisierung

Die speziellen Anforderungen von Dimensionierung und Planung von Wärmepumpen werden in der Praxis nicht immer berücksichtigt, dies führt zu Effizienzeinbussen im Betrieb. Insbesondere bei Gebäudesanierungen birgt die Integration einer Wärmepumpe in das bestehende Heizungsverteilsnetz eine Herausforderung, wenn ein effizienter Betrieb erreicht werden soll.

Diese Erkenntnisse und die Ergebnisse dieser Qualitätsprüfung sollten in die bestehenden Aus- und Weiterbildungsangebote für Installateure einfließen, um diesen das Verbesserungspotential aufzuzeigen.

Die Ausführung von frostschutzführenden Leitungen bei Sole-Wasser-Wärmepumpen birgt ähnlich wie bei solarthermischen Anlagen ein hohes Fehlerpotenzial, was den Installateuren vermittelt werden muss. Die Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) ist ein weiteres Element, welches den Wissensstand in der Branche verbessern kann.

Es wird zudem empfohlen, die Ergebnisse dieser Qualitätsprüfung im Rahmen einer Abendveranstaltung in Zusammenarbeit mit suissetec Nordwestschweiz interessierten Installateuren persönlich zu präsentieren.

Wir empfehlen, die Förderbedingungen für Wärmepumpen-Anlagen mit einer Verpflichtung, das Warmwasser nicht über einen bestehenden Elektroboiler sondern über die Wärmepumpe (oder mit einer kombinierten solarthermischen Anlage oder einem separaten Wärmepumpen-Boiler) zu erzeugen, zu erweitern. Gemäss den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE 2014) dürfen Elektroboiler bei Neuanlagen und bei Sanierungen von Warmwasseranlagen nicht mehr eingesetzt werden. Für bestehende Elektroboiler besteht eine Sanierungspflicht innerhalb von 15 Jahren.

Ausserdem könnte bei der Beantragung von kantonalen Fördermitteln für eine Wärmepumpen-Anlage auf die Möglichkeiten eines GEAK zur richtigen Planung und Dimensionierung der Wärmepumpen-Anlage hingewiesen werden.

Bei der Förderung einer Wärmepumpe sollte auch auf die Relevanz einer Sanierung der Gebäudehülle und auf die Überprüfung des bestehenden Heizungssystems für den Betrieb mit niedrigen Vorlauftemperaturen hingewiesen werden.

Wir empfehlen, eine maximal zulässige spezifische Leistung der Wärmepumpe pro m² Energiebezugsfläche als Grenzwert bei den Förderbedingungen einzubauen, um überdimensionierte Wärmepumpen zu begrenzen.

Quellen

- [1.] J. Bonin, Wärmepumpen: Fehler vermeiden bei Planung, Installation und Betrieb, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. im Beuth Verlag, 2015
- [2.] B. Sitzmann, Schlussbericht Qualitätssicherung Förderprogramm „Wärmepumpen als Ersatz bestehender Heizungen“, Energiefachstelle, Amt für Wirtschaft und Arbeit Kanton Solothurn, 2015.
- [3.] P. Hubacher, QS-WP/QP: Fortsetzung des Feldmonitorings von WP-Anlagen (2011-2014), 2015, Bundesamt für Energie.
- [4.] Leistungsgarantie Haustechnik Gesamtausgabe, Energie Schweiz, 2015