



**ENERGIE  
ZUKUNFT  
SCHWEIZ**

# Qualitätsprüfung Wärmepumpen 2019 Kanton Basel-Landschaft

## Schlussbericht

Förderjahre geprüfter Wärmepumpen: 2017 – 2018

Auftraggeber: Kanton Basel-Landschaft (Amt für Umweltschutz und Energie)

Autoren: Dipl. Ing. (FH) Bernd Sitzmann, Projektleiter

Energie Zukunft Schweiz, 16.Dezember 2019

**Energie Zukunft Schweiz**  
Viaduktstrasse 8  
4051 Basel  
T +41 61 500 18 00  
info@ezs.ch  
www.ezs.ch

# Inhaltsverzeichnis

---

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>                                  | <b>2</b>  |
| <b>2.</b> | <b>AUFTRAG .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3.</b> | <b>EINLEITUNG .....</b>                                       | <b>4</b>  |
| <b>4.</b> | <b>VORGEHEN .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>5.</b> | <b>GESAMTAUSWERTUNG .....</b>                                 | <b>9</b>  |
| 5.1       | AUSWERTUNG DER EFFIZIENZ .....                                | 11        |
| 5.2       | AUSWERTUNG DIMENSIONIERUNG .....                              | 12        |
| 5.3       | AUSWERTUNG GEBÄUDE UND WÄRMEPUMPE .....                       | 14        |
| 5.4       | AUSWERTUNG ABNAHME, KOSTEN, ZUFRIEDENHEIT .....               | 20        |
| 5.5       | AUSWERTUNG FÖRDERBEDINGUNGEN & GESETZLICHE BESTIMMUNGEN ..... | 22        |
| <b>6.</b> | <b>NACHBESSERUNG DER ANLAGEN .....</b>                        | <b>23</b> |
| <b>7.</b> | <b>SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>                               | <b>24</b> |
| <b>8.</b> | <b>VORSCHLÄGE FÜR DAS WEITERE VORGEHEN .....</b>              | <b>25</b> |

# 1. Zusammenfassung

Energie Zukunft Schweiz AG führte im Auftrag des Kantons Basel-Landschaft im 2019 zum zweiten Mal Qualitätsprüfungen von kantonal geförderten Wärmepumpenanlagen durch.

Die Qualitätsprüfungskampagne untersuchte 30 Wärmepumpen aus dem Förder- und Inbetriebnahmezeitraum 2017 bis 2018. Für die Qualitätsprüfung wurden 15 Luft-Wasser-Wärmepumpen ausgewählt, die als Ersatz von Elektroheizungen installiert und gefördert wurden, sowie 15 Sole-Wasser-Wärmepumpen.

Zwei der 30 geprüften Wärmepumpen waren im Mehrfamilienhaus (MFH) installiert, alle anderen Anlagen überwiegend im Einfamilienhaus (EFH). 26 der überprüften Wärmepumpenanlagen sind mit dem Wärmepumpen-System-Modul (WPSM) zertifiziert. Die Einhaltung des Pflichtenhefts des Wärmepumpen-System-Moduls wurde bei diesen Anlagen zusätzlich überprüft. Die 30 geprüften Wärmepumpen wurden von 19 verschiedenen Installationsbetrieben ausgeführt.

**Tabelle 1** zeigt, dass 63% der untersuchten Wärmepumpen hinsichtlich der allgemeinen Ausführung mit GUT bewertet werden konnten. 33% der Wärmepumpen wurden mit AUSREICHEND bewertet – in der Regel wegen unzureichender Dämmung der Leitungen und ineffizienten Einstellungen. 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 |     |                            |
| 19                                  | 63 % | 10          | 33 % | 1        | 3 % | 30                         |

(Prozentwerte gerundet.)

Bei 23 Wärmepumpen konnte die Jahresarbeitszahl (JAZ) näherungsweise bestimmt werden. Die Jahresarbeitszahlen der geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen im Durchschnitt bei 3.0, die der Sole-Wasser-Wärmepumpen bei 4.7. Zu beachten ist, dass die Zahlen bei den meisten Anlagen nur auf wärmepumpeninterner Ablesewerte beruht.

Die mit AUSREICHEND und SCHLECHT bewerteten Anlagen zeigen, dass es weiterhin Verbesserungspotenzial bei Planung, Installation und im Betrieb von Wärmepumpenanlagen gibt. Insbesondere bei den Gebäudesanierungen ist die Integration einer Wärmepumpenanlage in das bestehende Heizungsverteilstück immer noch eine Herausforderung, wenn ein effizienter Betrieb erreicht werden soll.

Herausforderungen in der korrekten Planung bestehen ausserdem bei der elektrischen Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik-Anlage zur Eigenverbrauchsoptimierung sowie bei der Ansteuerung des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher zur Legionellendesinfektion.

Möglichst breite Aus- und Weiterbildungsangebote für die Heizungsbranche sowie die Ausweitung des Wärmepumpen-System-Moduls der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) auf die elektrisch korrekte Installation könnte hier Verbesserungen bewirken.

Die Befragung der Anlageneigentümer zeigt, dass die meisten von ihnen mit ihren neuen Wärmepumpenanlagen sehr zufrieden sind. Verbesserungspotenzial gegenüber der Qualitätsprüfung 2016 wurde bei der Installation der Sole führenden Rohrleitungen bei Sole-Wasser Wärmepumpen sowie bei der Dokumentation der Anlage ermittelt.

## 2. Auftrag

Energie Zukunft Schweiz (EZS) wurde 2019 vom Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft mit der Durchführung von Qualitätsprüfungen von Wärmepumpen beauftragt. Es wurden 15 Luft-Wasser-Wärmepumpen (als Ersatz von Elektroheizungen installiert und gefördert) sowie 15 Sole-Wasser-Wärmepumpen ausgewählt.

Ziel der Qualitätsprüfung von Wärmepumpen ist es, nebst der Einhaltung von Förderbestimmungen und -bedingungen (Wärmepumpen-System Modul)

- 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 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 im Frühjahr 2020 präsentiert werden.

## 3. 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.], [4.]. Bei Wärmepumpenanlagen hat einerseits der Kunde als Käufer ein Interesse, dass auf allen Ebenen ein möglichst gutes Qualitätsniveau erreicht wird, andererseits gilt dies auch für die Kantone als Fördergeldgeber von Energieeffizienzmassnahmen.

Der Kanton Basel-Landschaft fördert nebst Erdsondenwärmepumpen und Wärmepumpen, die das Grundwasser als Wärmequelle nutzen, auch den Ersatz von Elektroheizungen durch Luft-Wasser-Wärmepumpen. Zwischen 2017 und 2018 förderte der Kanton Basel-Landschaft insgesamt 38 Luft-Wasser-Wärmepumpen und 39 Erdsonden- bzw. Grundwasserwärmepumpen.

Die im Kanton Basel-Landschaft geförderten Wärmepumpen müssen den Anforderungen des Wärmepumpen-System-Moduls (Anlagen bis 15 kW<sub>th</sub>) entsprechen bzw. müssen das internationale Wärmepumpen-Gütesiegel (Anlagen über 15 kW<sub>th</sub>) tragen und die Leistungsgarantie von EnergieSchweiz nachweisen.

## 4. Vorgehen

Die 15 zu prüfenden Luft-Wasser- und 15 Sole-Wasser-Wärmepumpen wurden in den Versorgungsgebieten der EBL (Genossenschaft Elektra Baselland) und Primeo ausgewählt.

Bei der vorhergegangenen Prüfung [2.] konnten zusammen mit den beiden Energieversorgern die Wärmepumpen mit einem separaten Stromzähler für die Wärmepumpe identifiziert werden. Mit dem Stromverbrauch der Wärmepumpe und dem vorherigen Stromverbrauch der Elektrospeicheröfen konnte recht gut die Effizienz der meisten zu prüfenden Wärmepumpen abgeschätzt werden.

Im aktuellen Förderzeitraum ergab die Vorabklärung, dass nur zwei Anlagen über einen separaten Stromzähler für die Wärmepumpe verfügen. Wenn möglich wurde deshalb die Abschätzung der Jahresarbeitszahl (JAZ) mittels der internen Strom- und Wärmemengenangaben der Wärmepumpenregler vorgenommen bzw. wurde der Wärmeenergieverbrauch des Gebäudes über den Stromverbrauch der vorher installierten Elektrospeicheröfen beigezogen.

Für die Auswahl wurden Anlagen, die über das Wärmepumpen-System-Moduls zertifiziert wurden, bevorzugt ausgewählt, um die Einhaltung dieses Qualitätsstandards zu überprüfen.

Insgesamt wurden im Kanton Basel-Landschaft Wärmepumpen mit einer kumulierten thermischen Leistung von 368 kW (bei A-7/W35; B0/W35) geprüft. Die durchschnittliche Wärmepumpenleistung pro geprüfte Anlage beträgt 12.2 kW.

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. Die Energiebezugsfläche zur Bestimmung der Energiekennzahl wurde der vorhandenen Planungsgrundlagen entnommen bzw. mittels Abfrage der Anzahl beheizter Stockwerke und anschliessender Abmessung der Grundfläche im kantonalen Solarkataster approximativ berechnet.

Die 30 Wärmepumpenanlagen wurden von 19 verschiedenen Installateuren realisiert. Damit ist eine breite Streuung der Kontrolle hinsichtlich der betroffenen Installationsbetriebe gewährleistet.

Es wurden, wie erwähnt 15 Sole-Wasser Wärmepumpen und 15 Luft-Wasser Wärmepumpen geprüft (siehe **Tabelle 2**). Von den 30 geprüften Wärmepumpen sind zwei in einem Mehrfamilienhaus und 28 in Einfamilienhäusern installiert. Drei der Gebäude mit Luft-Wasser-Wärmepumpen und sechs der Gebäude mit Sole-Wasser-Wärmepumpen sind mit einer Photovoltaik-Anlage ausgestattet. Drei dieser Anlagen verfügen bereits über ein zusätzliches Regelsystem für die Eigenverbrauchsoptimierung des Solarstroms mit Einbindung der Wärmepumpe bzw. über den Elektroheizstab des Warmwasserspeichers.

Bei zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen und einer Sole-Wasser-Wärmepumpe wird das Warmwasser nicht von der Wärmepumpe, sondern weiterhin durch einen separaten Elektroboiler erzeugt.

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

| Wärmepumpentyp | Betriebsart                     | < 15 kW   | > 15 kW  | Total     |
|----------------|---------------------------------|-----------|----------|-----------|
| Luft-Wasser    | monovalent                      | 12        |          |           |
|                | separates Warmwasser (E-Boiler) | 2         | 1        |           |
| Sole-Wasser    | monovalent                      | 11        | 2        |           |
|                | bivalent kombiniert mit Solar   | 1         |          |           |
|                | separates Warmwasser (E-Boiler) | 1         |          |           |
| <b>Total</b>   |                                 | <b>27</b> | <b>3</b> | <b>30</b> |

Die 15 Luft-Wasser-Wärmepumpen wurden gemäss den Förderbestimmungen ausschliesslich als Ersatz einer Elektroheizung installiert (siehe **Tabelle 3**). Bei den 15 Sole-Wasser Wärmepumpen wurden zwei Elektroheizungen, zwei Gasheizungen und vier Ölheizungen ersetzt. Sieben der untersuchten Sole-Wasser Wärmepumpen wurden in einem Neubau installiert.

Der überwiegende Teil der untersuchten Wärmepumpen waren Kompaktgeräte mit Standort im Gebäude. 13 Anlagen waren Split-Anlagen.

Tabelle 3: Übersicht der geprüften Wärmepumpen. Aufteilung nach vorherigen Heizsystem.

| Vorheriges Heizsystem | Luft -Wasser | Sole-Wasser |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Altbau Elektroheizung | 15           | 2           |
| Altbau Gasheizung     |              | 2           |
| Altbau Ölheizung      |              | 4           |
| Neubau                |              | 7           |
| <b>Total</b>          | <b>15</b>    | <b>15</b>   |

**Abbildung 1** zeigt die geografische Lage der überprüften Wärmepumpen-Anlagen.

Generell wurde bei der Qualitätsprüfung streng darauf geachtet, dass durch den Prüfexperten keine Veränderungen an den Einstellungen der Anlagen vorgenommen wurden.



Abbildung 1: Geografische Lage der überprüften Wärmepumpen.

Neben der Effizienzbestimmung wurde bei der jeweils ein- bis zweistündigen Prüfung vor Ort die Einhaltung von Förderbedingungen (Wärmepumpen-System-Modul) und Förderbestimmungen sowie die Installations- und Betriebsqualität überprüft. Zusätzlich wurde die Kundenzufriedenheit abgefragt. Die Prüfungen waren standardisiert. Gegenüber den Eigentümern 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 4** ersichtlich.

Tabelle 4: 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<br>(Optimierungspotenzial 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<br>(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 Wärmepumpen-Anlagen mit der Bewertung SCHLECHT kontrolliert EZS zudem nachträglich die Umsetzung der empfohlenen Verbesserungen.

## 5. 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 30 verschiedenen Wärmepumpen bietet aber nichtsdestotrotz einen interessanten Einblick in die betriebsweise und die Effizienz von verschiedenen installierten Wärmepumpen-Anlagen.**

**Tabelle 5** zeigt, dass von den 30 geprüften Wärmepumpen-Anlagen 19 mit GUT bewertet werden konnten, 10 mit AUSREICHEND. Anlagen mit der Bewertung AUSREICHEND haben häufig unnötige Speicher- und Leitungsverluste aufgrund schlechter oder fehlender Dämmung der Leitungen. Bei fünf Anlagen war der Elektroheizstab im Warmwasserspeicher jeweils nachts aktiv. Bei vier Anlagen war die Heizkreispumpe aufgrund falsch eingestellter Heizgrenzen auch im Sommer aktiv. Bei zwei Anlagen wurde der Pufferspeicher im Sommer beheizt. Bei der Anlage mit der Bewertung SCHLECHT war diese ohne ersichtliche Störmeldung über den Elektroheizstab im Pufferspeicher geschehen.

Die Mängel, welche in der Gesamtauswertung mit der Bewertung AUSREICHEND und SCHLECHT klassifiziert wurden, sind in **Abbildung 2** ersichtlich.

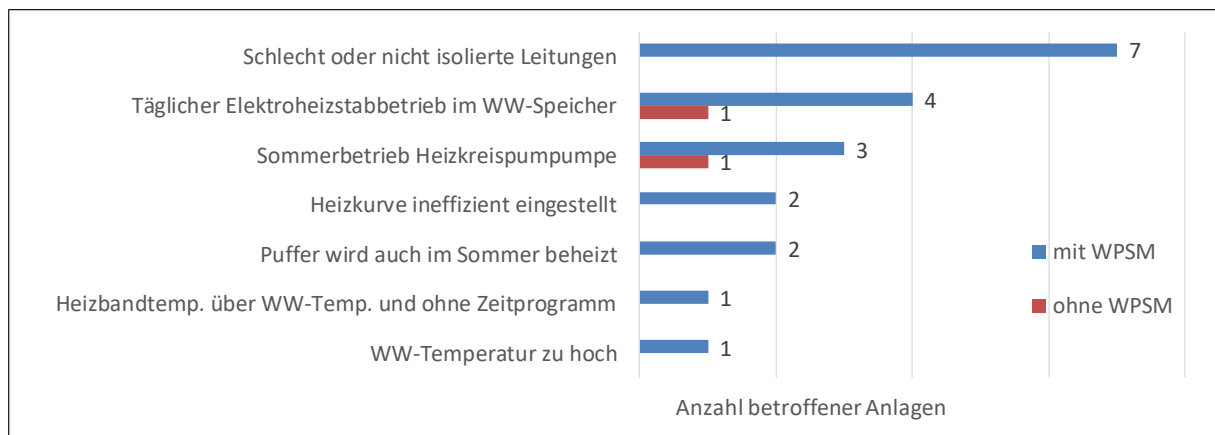


Abbildung 2: Zusammenfassende Darstellung der Mängel bei Anlagen mit der Bewertung AUSREICHEND und SCHLECHT.

Tabelle 5: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung, nach Wärmepumpentypen.

| <b>Allgemeine Ausführung</b> | <b>GUT</b> | <b>AUSREICHEND</b> | <b>SCHLECHT</b> | <b>Total</b> |
|------------------------------|------------|--------------------|-----------------|--------------|
| Luft - Wasser                | 9          | 5                  | 1               | 15           |
| Sole - Wasser                | 10         | 5                  |                 | 15           |
|                              | <b>19</b>  | <b>10</b>          | <b>1</b>        | <b>30</b>    |
|                              | <b>63%</b> | <b>33%</b>         | <b>3%</b>       | <b>100%</b>  |

Neun der mit AUSREICHEND und SCHLECHT bewerteten Wärmepumpen waren mit dem Wärmepumpen-System-Modul zertifiziert.

Neun Wärmepumpen wurden bereits in Kombination mit einer Photovoltaikanlage installiert, drei dieser Anlagen haben ein zusätzliches Energiemanagement, um den Eigenverbrauch zu optimieren. Unglücklicherweise werden diese Wärmepumpen durch die EVU-Sperre zur Mittagszeit gesperrt, wodurch der Eigenverbrauch gerade bei höchster Tageseinstrahlung blockiert wird.

## 5.1 Auswertung der Effizienz

**Abbildung 3** zeigt die berechneten Jahresarbeitszahlen von 23 geprüften Wärmepumpen. Die Bestimmung der jeweiligen Jahresarbeitszahl wurde bereits in **Kapitel 4** beschrieben und beruht auf berechneten Werten, die vorwiegend aus dem Wärmepumpen-internen Zähler für Stromverbrauch und Wärmeerzeugung ermittelt wurden. Ein Vergleich mit definierten JAZ-Zahlen wird deshalb vermieden.

Die Genauigkeit dieser ermittelten JAZ-Werte wird auf +/- 20 % eingeschätzt.

Die Jahresarbeitszahlen der zwölf in **Abbildung 3** angezeigten Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen im Durchschnitt bei 3.0. Dieser Durchschnitt liegt im erwarteten Zielwert für Luft-Wasser-Wärmepumpen aus der Leistungsgarantie für Wärmepumpen von Energie Schweiz [5.].

Die ineffizienteste geprüfte Luft-Wasser-Anlage zeigt eine JAZ von nur 2.0 (Prüf-Nr. 4), die effizienteste erreicht eine JAZ von 4.5 (Prüf-Nr. 7).

Von den 15 geprüften Sole-Wasser-Wärmepumpen weisen diejenigen elf Wärmepumpen, bei denen sich die Jahresarbeitszahl (JAZ) berechnen 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 5.4 (Prüf-Nr. 16).

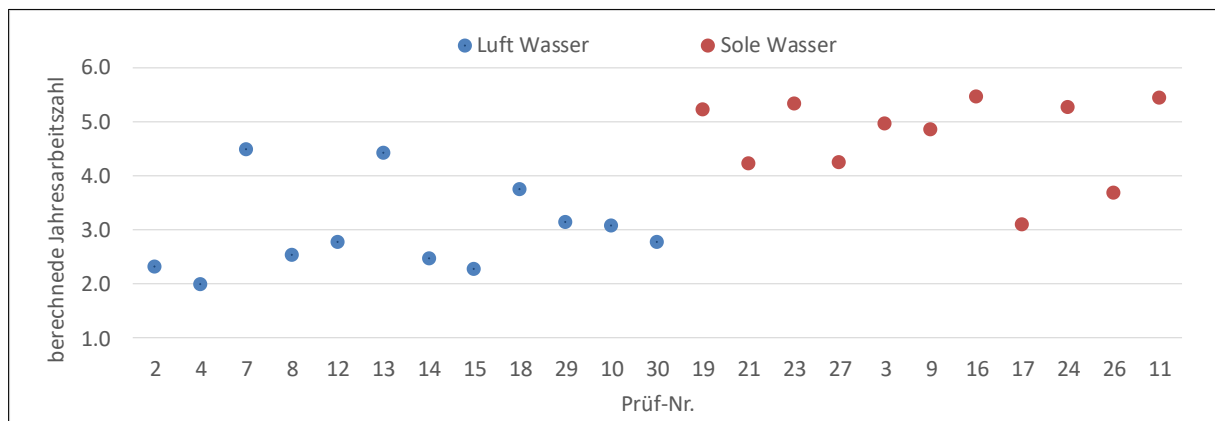


Abbildung 3: Errechnete Jahresarbeitszahlen (JAZ) der geprüften Wärmepumpen.

Aus der Abfrage des Wärmeenergieverbrauchs vor und nach der Installation der Wärmepumpen bzw. aus der Auswertung der internen Wärmemengenzähler ergibt sich für die 22 Anlagen bzw. Gebäude, bei denen diese Daten vorhanden waren, eine Gesamt-Wärmeenergieeinsparung durch die neue Heizungs- und Warmwasserlösung von 294 MWh pro Jahr. Dies entspricht ungefähr 71 kWh pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche pro Jahr.

## 5.2 Auswertung Dimensionierung

Zur Kontrolle der richtigen Dimensionierung wurden die Anlage-Betriebsstunden wenn möglich ausgelesen, um über die Betriebsjahre die Laufzeit pro Jahr zu berechnen. Zur Beurteilung der Dimensionierung wurde für die Region Nordwest-Schweiz von 2150 Volllaststunden pro Jahr, respektive 1850 Stunden bei Anlagen ohne Warmwassererzeugung ausgegangen.

**Abbildung 4** zeigt, dass die Laufzeiten der geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen pro Jahr zwischen 700h und 2000h pro Jahr variieren. Der Durchschnitt liegt bei den Luft-Wasser Wärmepumpen bei 1237h pro Jahr. Die geprüften Sole-Wasser-Wärmepumpen liegen mit 1630h im Durchschnitt näher an der Standarddimensionierung von 2150 Volllaststunden pro Jahr. Es zeigt sich, dass die geprüften Luft-Wasser-Wärmepumpen im Durchschnitt eher überdimensioniert sind, was sich in den tiefen Laufzeiten sowie an den in **Abbildung 5** aufgezeigten höheren installierten thermischen Leistung pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche zeigt.

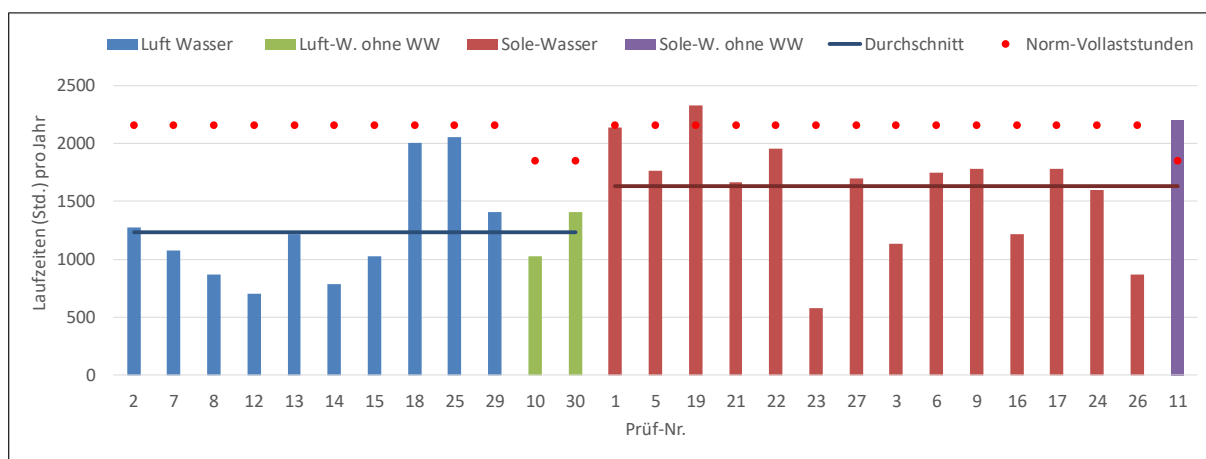


Abbildung 4: Effektive Laufzeiten pro Jahr von 27 Wärmepumpen (Für Prüf-Nr. 4, 20, 28 liegen keine Werte vor).

Bei denjenigen Wärmepumpen, bei denen Betriebsstunden und die Anzahl Einschaltungen vorhanden waren, wurde die durchschnittliche Laufzeit pro Einschaltung errechnet. Diese variiert zwischen sehr kurzen Betriebszeiten von nur 8 Minuten bis hin zu 261 Minuten pro Schaltung.

**Abbildung 5** zeigt die installierte thermische Leistung pro m<sup>2</sup> - Energiebezugsfläche (bei W-7/W35, B0/35) der einzelnen Wärmepumpen. Die gemäss Förderrichtlinien des Kanton Basel-Landschaft maximal geförderte installierte thermische Leistung liegt bei 50 W pro m<sup>2</sup>-EBF. Es zeigt sich, dass insbesondere Luft-Wasser Wärmepumpen eher überdimensioniert ausgeführt werden, was sich auch in **Abbildung 4** zeigt. Dagegen werden Sole-Wasser-Wärmepumpen in der Regel unterhalb der Bemessungsgrundlage von 50 W pro m<sup>2</sup>-EBF installiert. Die grössere Dimensionierung der Luft-Wasser Wärmepumpen kann mit dem überwiegenden Einsatz dieses Wärmepumpentyps in der Gebäudesanierung begründet werden.

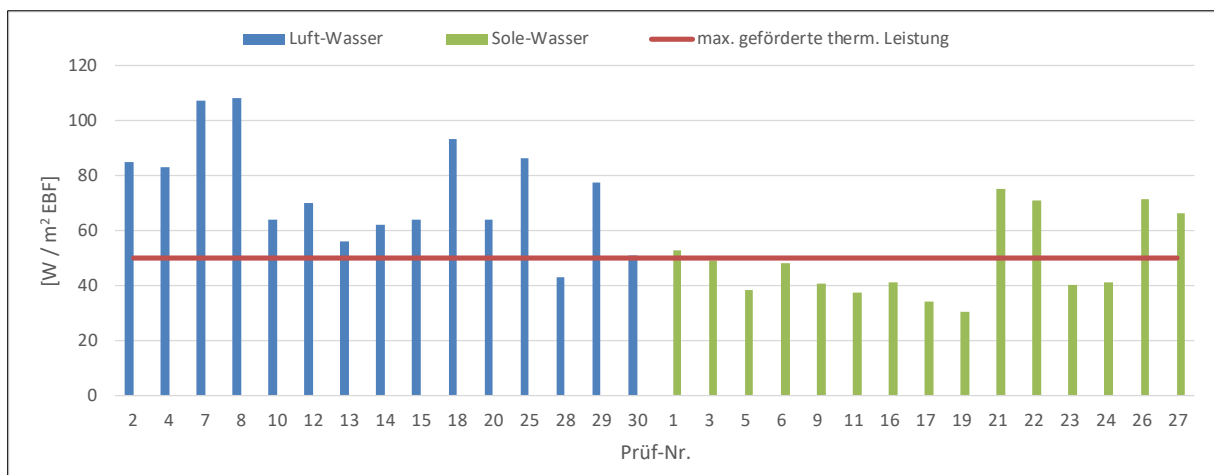


Abbildung 5: Installierte thermische Leistung pro m<sup>2</sup> - EBF des jeweiligen Gebäudes.

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 für die Dimensionierung jedoch nicht mehr zulässig.

Insgesamt 11 der 15 geprüften Sole-Wasser Wärmepumpen verfügen über eine Erdsonde mit einer Entzugsleistung pro Meter Bohrtiefe von 50 W (+/- 20%) oder mehr. Bei vier Anlagen ergibt die Entzugsleistung pro Meter Bohrtiefe einen Wert von weniger als 40 W.

## 5.3 Auswertung Gebäude und Wärmepumpe

### Gebäude und Gesamtanlage

**Tabelle 6** zeigt den energetischen Zustand der Gebäudehülle (Ergebnisse aus Befragung). Bei 13 den untersuchten Gebäuden wurde in der Vergangenheit entweder nur ein Bauteil energetisch saniert oder noch gar keine Sanierungsmassnahme umgesetzt.

Ein Zusammenhang zwischen dem energetischen Zustand des Gebäudes und der errechneten Effizienz konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 6: Auswertung energetischer Zustand der Gebäudehülle.

| Energetischer Zustand der Gebäudehülle |     |     |
|--|-----|-----|
|  | EFH | MFH |
| seit Baujahr keine Sanierung           | 6   |     |
| ein Bauteil wurde saniert              | 7   |     |
| zwei oder mehr Bauteile wurden saniert | 10  |     |
| Neubau                                 | 5   | 2   |

(Prozentwerte gerundet.)

Die geprüften Wärmepumpen-Anlagen sind überwiegend nach standardisierten Funktionsschemata installiert, wie sie vom Wärmepumpen-System-Modul empfohlen werden. **Tabelle 7** zeigt, dass 12 Anlagen nach Schema 6 des Wärmepumpen-System-Moduls (mit Parallelspeicher und Wassererwärmer, siehe **Abbildung 6**) installiert wurden. Sieben Anlagen wurden mit einem Kombispeicher mit innenliegendem Warmwasser-Wärmetauscher installiert, gemäss Schema 8 des Wärmepumpen-System-Moduls (**Abbildung 7**). Eine Anlage wurde gemäss Herstellerschema installiert und mit dem Wärmepumpen-System-Modul zertifiziert. Der Pufferspeicher wurde gemäss dieser Ausführung aber auch für die Warmwassererzeugung durchströmt und war somit ganzjährig unnötigerweise warm, was nicht dem Wärmepumpen-System-Modul entspricht.

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

| Funktionsschema                                    |    | %   |
|--|----|-----|
| Keine WPSM - Zuordnung                             | 1  | 3%  |
| Schema 2 (- Speicher, + Wassererwärmung)           | 4  | 13% |
| Schema 2b (- Speicher, + Wassererwärmung)          | 1  | 3%  |
| Schema 3 (+ Serienspeicher, - Wassererwärmung)     | 1  | 3%  |
| Schema 4 (+ Serienspeicher, + Wassererwärmung)     | 2  | 7%  |
| Schema 5 (Parallelspeicher, - Wassererwärmung)     | 2  | 7%  |
| Schema 6 (Parallelspeicher, + Warmwasserbereitung) | 12 | 40% |
| Schema 8 (Kombispeicher mit innenliegendem WW-WT)  | 7  | 23% |

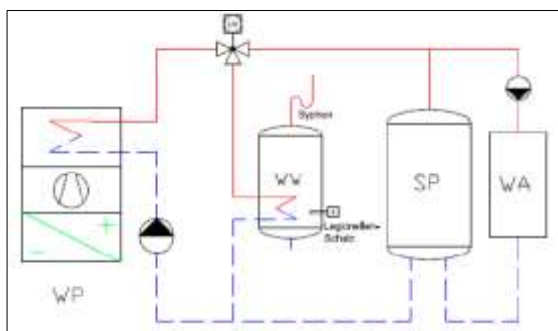


Abbildung 6: Wärmepumpen-System-Modul, Schema 6 Parallelspeicher, mit Warmwasseraufbereitung.

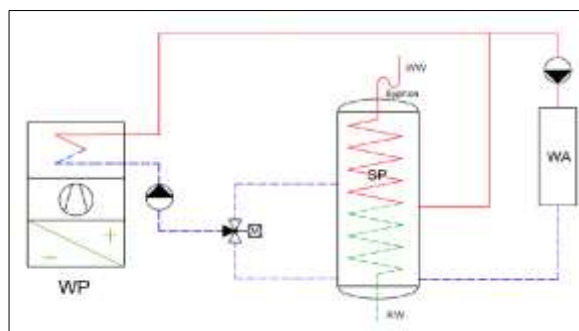


Abbildung 7: Wärmepumpen-System-Modul, Schema 8a Kombispeicher mit innenliegendem Warmwasser- Wärmetauscher.

(Quelle: Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz, FWS).



## Dämmung Speicher und Leitungen

Die geprüften Speicher besitzen in der Regel vom Lieferanten vorgefabrizierte 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. Wie in **Tabelle 8** ersichtlich sind die geprüften Speicherdämmungen in der Regel gut ausgeführt.

Tabelle 8: Auswertung Wärmedämmung an den Speichern.

| Wärmedämmung Speicher              |    | %   |
|------------------------------------|----|-----|
| sehr gut, Anforderungen erfüllt    | 28 | 93% |
| Anschlüsse und Entlüfter ungedämmt | 2  | 7%  |

(Prozentwerte gerundet.)

**Tabelle 9** zeigt, dass 77% der geprüften Anlagen über eine ausreichende Dämmung der Leitungen verfügen, wie in **Abbildung 8** exemplarisch dargestellt. Sieben (23%) der untersuchten Anlagen verfügen über schlechte oder gar keine Dämmung an den Leitungen und den Armaturen, wie in **Abbildung 9** dargestellt. Grund für das Fehlen der Dämmung sind in der Regel vom Kunden gewünschte Kostenersparnisse. Der vom Wärmepumpen-System-Modul geforderte Thermosiphon im Warmwasseranschluss des Speichers wurde bei 13 von 26 Anlagen (50%) mit WPSM-Zertifikat nicht ausgeführt.

Tabelle 9: Auswertung Wärmedämmung Leitungen, Armaturen.

| Wärmedämmung Leitungen                              |    | %   |
|---|----|-----|
| sehr gut, Anforderungen erfüllt                     | 24 | 77% |
| schlecht bis gar nicht gedämmt                      | 6  | 20% |
| schlecht bis gar nicht gedämmt, aber im Wohnbereich | 1  | 3%  |

(Prozentwerte gerundet.)



Abbildung 8: Speicherstutzen sind bis an die Speicherdämmung gut gedämmt. Die Wärmeverluste werden so niedrig gehalten.



Abbildung 9: Warmwasserspeicher ohne Dämmung der Anschlüsse. Der WW-Thermosiphon wurde hier aber ausgeführt.

Leckagen und Kondensationsprobleme bei der Ausführung des Erdwärmesondenkreislauf, wie sie in der vergangenen Qualitätsprüfung 2014 aufgetreten sind, konnten bei der diesjährigen Qualitätsprüfung erfreulicherweise nicht mehr nachgewiesen werden.

## Wärmeabgabe (Warmwasser und Heizkreis)

**Tabelle 10** zeigt, dass bei 60% der geprüften Anlagen die Wärmeeinbringung in die beheizten Räume über eine Bodenheizung geschieht und bei 23% Radiatoren vorwiegend im Altbau verwendet werden. Bei fünf Anlagen wurden neben der Bodenheizung in der Regel Radiatoren mit einem separaten Heizkreis ausgeführt.

Tabelle 10: Auswertung der eingesetzten Wärmeübergabe.

| Heizungssystem              |    | %   |
|-----------------------------|----|-----|
| Bodenheizung                | 18 | 60% |
| Radiatoren                  | 7  | 23% |
| Bodenheizung und Radiatoren | 5  | 17% |

**Tabelle 11** zeigt die Auswertung der Heizkurveneinstellung. Die eingestellte Heizkurve wurde bei den untersuchten Wärmepumpen ausgelesen und bezüglich dem eingesetzten Heizungssystem und dem Zustand der Gebäudedämmung auf die Effizienz hin beurteilt. Demnach kann bei einem Drittel der Anlagen eine Anpassung der Heizkurve in Absprache mit dem Nutzer empfohlen werden.

Tabelle 11: Auswertung der bei den untersuchten Wärmepumpen eingestellten Heizkurven.

| Heizkurve effizient eingestellt? |    | %   |
|----------------------------------|----|-----|
| Ja                               | 20 | 67% |
| Nein                             | 10 | 33% |

Zusätzlich zur Heizkurve wurde auch die Heizgrenze erfasst, bei der von Sommer- in den Winterbetrieb umgestellt wird. Wie in **Abbildung 10** ersichtlich konnte die eingestellte Heizgrenztemperatur bei 25 Anlagen herausgelesen werden. Sie lag bei zwölf Anlagen bei 20°C bzw. darüber. Bei vier Anlagen war die Heizkreispumpe am Tag der Begehung im Sommer aktiv, was auf eine zu hoch eingestellte Heizgrenze hinweist.

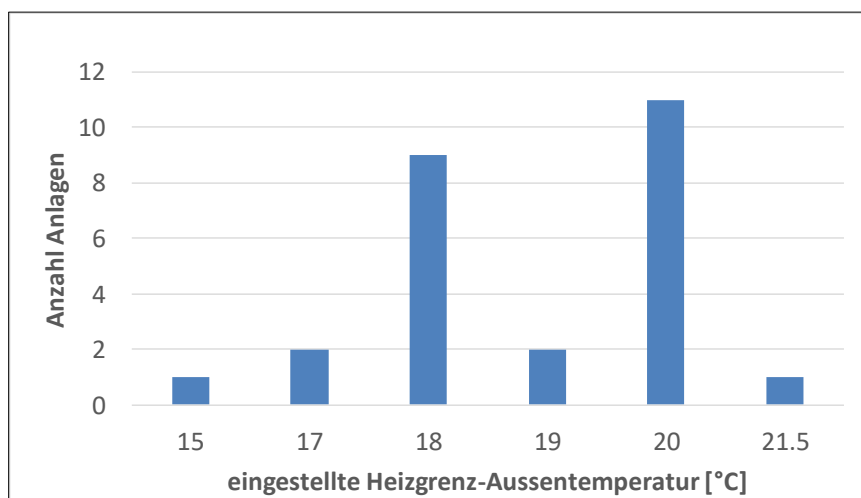


Abbildung 10: Auswertung der eingestellten Heizgrenz-Aussentemperatur.

**Tabelle 12** zeigt die Auswertung der Einstellungen für die Warmwassererzeugung. Die eingestellte Soll-Warmwassertemperatur war nur bei zwei Anlagen (mit 55°C) für eine Wärmepumpe zu hoch eingestellt. Dementsprechend wurden hier Empfehlungen zur Effizienzsteigerung durch Reduktion der Warmwassertemperatur gegeben.

Ein Drittel der untersuchten Anlagen wird für die Desinfektion mit einer wöchentlichen Erwärmung des Warmwasserspeichers auf über 60°C betrieben. Bei zwölf weiteren Anlagen war diese Legionellendesinfektion durch den Eigentümer bewusst deaktiviert worden. Bei weiteren fünf Anlagen war der Elektroheizstab täglich und unwissentlich über die EVU-Freigabe in Betrieb.

Von den fünf Anlagen, bei denen das Warmwasser über den Elektroheizstab täglich zusätzlich erwärmt wurde, war eine davon von der Art, bei der ein Kombispeicher mit innenliegendem Wärmetauscher verbaut wurde. Aufgrund des geringen Trinkwasservolumens dieser Wärmetauscher ist eine Legionellendesinfektion für diesen Speichertyp gar nicht notwendig.

Tabelle 12: Auswertung der bei den untersuchten Wärmepumpen eingestellten Werte für die Warmwassererzeugung.

| <b>Warmwasser effizient eingestellt?</b>                 |    |     |
|--|----|-----|
| Ja   | 25 | 83% |
| Nein   | 2  | 7%  |
| Nein, da WW über E-Boiler                                | 3  | 10% |
| <b>Betrieb Elektroheizstab für Legionellenschaltung?</b> |    |     |
| Keine Legionellenschaltung (AUS)                         | 12 | 40% |
| Einmal wöchentlich auf 60°C                              | 10 | 33% |
| Tägliche EVU-Freigabe in der Nacht                       | 5  | 17% |
| WW nicht über Wärmepumpe (Elektroboiler)                 | 3  | 10% |

## 5.4 Auswertung Abnahme, Kosten, Zufriedenheit

Die Wärmepumpenübergabe verlief, wie in **Tabelle 13** ersichtlich, in der Regel insgesamt wie vorgesehen. Eine Einweisung in der Bedienung hat gemäss Eigentümer stattgefunden. Die Anlagen wurden in der Regel gut dokumentiert angetroffen. Da hier eine Verbesserung gegenüber der Qualitätsprüfung im 2014 zu erkennen ist, kann dies als positives Resultat mit der Umsetzung des Wärmepumpen-System-Moduls 2017 verstanden werden.

Die FWS-Leistungsgarantie konnte nicht immer aufgefunden werden, und die einjährige Nachkontrolle gemäss WPSM war bei 16 Anlagen noch ausstehend. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Qualitätsprüfung 2019 zum Teil weniger als ein Jahr nach der Inbetriebnahme einiger Anlagen durchgeführt wurde.

Tabelle 13: Auswertung Anlagenübergabe (Abnahme).

| <b>Instruktion</b>         |    | <b>%</b> |
|----------------------------|----|----------|
| ist erfolgt                | 29 | 97%      |
| ist nicht erfolgt          | 1  | 3%       |
| <b>Bedienungsanleitung</b> |    |          |
| vorhanden                  | 29 | 97%      |
| nicht vorhanden            | 1  | 3%       |
| <b>Abnahmeprotokoll</b>    |    |          |
| vorhanden                  | 25 | 83%      |
| nicht vorhanden            | 5  | 17%      |
| <b>Anlagenschema</b>       |    |          |
| vorhanden                  | 27 | 90%      |
| nicht vorhanden            | 3  | 10%      |
| <b>Wartungsheft</b>        |    |          |
| vorhanden                  | 12 | 40%      |
| nicht vorhanden            | 3  | 10%      |
| nicht notwendig            | 15 | 50%      |
| <b>Servicevertrag</b>      |    |          |
| vorhanden                  | 13 | 43%      |
| nicht vorhanden            | 17 | 57%      |

| <b>FWS-Leistungsgarantie</b> |    |     |
|------------------------------|----|-----|
| vorhanden                    | 13 | 43% |
| nicht vorhanden              | 13 | 43% |
| nicht notwendig (kein WPSM)  | 4  | 13% |
| <b>Nachkontrolle WPSM</b>    |    |     |
| Wurde durchgeführt           | 10 | 33% |
| Noch ausstehend              | 16 | 53% |
| nicht notwendig (kein WPSM)  | 4  | 13% |

(Prozentwerte gerundet.)

## Investitionskosten

Wie in **Tabelle 14** aufgeführt lagen die Investitionskosten bei 93% der Wärmepumpen im Rahmen der Offerte. Nur bei einer Anlage gab es geringe Mehrkosten.

Tabelle 14: Auswertung Investitionskosten.

| <b>Offerte vs. Abrechnung</b> | <b>%</b> |     |
|-------------------------------|----------|-----|
| keine Mehrkosten              | 28       | 93% |
| geringe Mehrkosten            | 1        | 3%  |
| keine Angaben                 | 1        | 3%  |

(Prozentwerte gerundet.)

## Zufriedenheit

**Tabelle 15** zeigt, dass 97% der befragten Anlageneigentümer insgesamt sehr zufrieden sind mit ihrer Wärmepumpe. Zudem sind 97% mit der Behaglichkeit nach der Realisierung zufrieden, 90% auch mit dem verantwortlichen Unternehmer bzw. mit dem Planer.

Betriebsgeräusche der 15 Luft-Wasser-Wärmepumpen wurden von keinem der befragten Eigentümer als negativ beanstandet.

Tabelle 15: Auswertung Zufriedenheit der Kunden.

| <b>Allgemein mit Anlage</b>                   |    | <b>%</b> |
|---|----|----------|
| sehr zufrieden                                | 29 | 97%      |
| zufrieden                                     | 1  | 3%       |
| <b>Behaglichkeit seit Realisierung</b>        |    |          |
| angenehmer                                    | 29 | 97%      |
| noch nicht angenehm                           | 1  | 3%       |
| <b>Mit Unternehmer/Planer</b>                 |    |          |
| sehr zufrieden                                | 27 | 90%      |
| zufrieden                                     | 1  | 3%       |
| nur teilweise zufrieden                       | 2  | 7%       |
| <b>Geräusch bei Luft – Wasser Wärmepumpen</b> |    |          |
| Kein Problem                                  | 15 | 100%     |

(Prozentwerte gerundet.)

## 5.5 Auswertung Förderbedingungen & gesetzliche Bestimmungen

**Tabelle 16** zeigt die Auswertung zur Einhaltung der Förderbedingungen und gesetzlichen Bestimmungen. Die Einhaltung der Richtlinien zur Erteilung des Wärmepumpen-System-Modul-Zertifikats wurden in diesen Zusammenhang ebenfalls überprüft.

26 der 30 geprüften Wärmepumpen sind mit dem Wärmepumpen-System-Modul zertifiziert. Drei weitere Anlagen haben das internationale Gütesiegel, da ihre installierte thermische Leistung über 15 kW liegt. Eine der Anlagen wurde vor Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls installiert.

Die Richtlinien zur Einhaltung des Wärmepumpen-System-Moduls wurden bei 69% der zertifizierten Anlagen weitestgehend eingehalten. Von den 18 Anlagen wurden 13 jedoch ohne den vom WPSM geforderten Warmwasseranschluss mit Thermosiphon ausgeführt.

Nicht eingehalten wurden die gesetzlichen Anforderungen gemäss Energieverordnung sowie die Richtlinien des WPSM bei den fünf Anlagen, bei denen die Dämmung der Leitungen gänzlich fehlte und bei denjenigen zwei, bei denen sie unzureichend ausgeführt wurde.

Bei einer dieser beiden Anlagen wurde ausserdem festgestellt, dass der Elektroheizstab im Pufferspeicher im Sommer unkontrolliert aktiv war.

Eine weitere Anlage wurde gemäss eines Herstellerschemas installiert welches nicht dem WPSM entspricht. Der Pufferspeicher wurde bei dieser Ausführung auch für die Warmwassererzeugung durchströmt und war somit unnötigerweise ganzjährig warm.

Die Ergebnisse bezüglich fehlender Leitungsdämmung, fehlendem Thermosiphon und effizienter Einstellungen der Wärmepumpe ähneln den Ergebnissen der Stichproben, wie sie vom FWS zur Prüfung der Einhaltung des WPSM in den Jahren 2017 und 2018 durchgeführt wurden [3.].

Tabelle 16: Auswertung Einhaltung des Wärmepumpen-System-Modul (WPSM).

| <b>Wurden die WPSM-Richtlinien eingehalten?</b>     |                    |
|---|--------------------|
| Bedingt, Thermosiphon im Warmwasseranschluss fehlt. | 13                 |
| Ja  | 4                  |
| Ja, aber WW über Elektroheizstab.                   | 1                  |
| <b>Total</b>  | <b>18      69%</b> |
| Nein, Dämmung unzureichend oder fehlt               | 7                  |
| Nein, falsche Hydraulik                             | 1                  |
| <b>Total</b>  | <b>8      31%</b>  |
| Wärmepumpen-Gütesiegel (Kein WPSM)                  | 4                  |

(Prozentwerte gerundet.)

## 6. Nachbesserung der Anlagen

Bei den Anlagen mit den Bewertungen AUSREICHEND und SCHLECHT wurden individuelle Qualitätsberichte mit entsprechenden Empfehlungen an die jeweiligen Installateure abgegeben. Die empfohlenen Massnahmen beschränken sich auf umsetzbare Massnahmen wie die nachträgliche Dämmung der Leitungen und die Reduzierung des Elektroheizstabbetriebs.

Bei Anlagen mit der Bewertung AUSREICHEND haben sechs von insgesamt 17 betroffenen Installateuren und sechs Eigentümer eine Rückmeldung zur Verbesserung des Anlagebetriebs gegeben.



## 7. Schlussfolgerungen

Mit insgesamt 19 mit GUT, 10 mit AUSREICHEND sowie einer mit SCHLECHT bewerteten Anlagen (bzgl. „allgemeine Ausführung“) besteht bei der Fördermassnahme für Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft weiterhin Verbesserungspotenzial bei den bereits installierten Anlagen.

Die wichtigsten Optimierungspotenziale bei den geprüften Wärmepumpen mit der Bewertung AUSREICHEND und SCHLECHT können wie folgt zusammengefasst werden:

- Luft-Wasser-Wärmepumpen werden tendenziell überdimensioniert gebaut, was zu kurzen Betriebszeiten und damit zu einer ineffizienten Betriebsweise führt.
- Die Dämmung der Leitungen und Speicheranschlüsse wird häufig unsachgemäss und nicht ausreichend ausgeführt. Die nachträgliche Dämmung ermöglicht eine einfache und effiziente Optimierung.
- Die Einstellungen für die Heizkurve und die Heizgrenze bergen einfach umsetzbares Optimierungspotential unter Einbezug der Nutzer. Gerade im privaten EFH-Sektor lassen sich energetische Optimierungen gut umsetzen, da der Eigentümer ein eigenes Interesse an den Einsparungen hat. Im vermieteten Geschosswohnungsbereich sind energetische Optimierungen dagegen schwer umsetzbar [1].
- Die zunehmende Kombination von Wärmepumpen und dem Eigenverbrauchsmodell von Photovoltaik-Strom bedarf einer neuen Überlegung der Sperrzeiten über die EVUs, da diese über die Mittagszeit gesperrt werden und so der Eigenverbrauch blockiert wird.
- Das Warmwasser wird bei drei Gebäuden über separate Elektroboiler und nicht durch die Wärmepumpe erzeugt. Ausserdem waren bei fünf Anlagen der Elektroheizstab im Warmwasserspeicher über die EVU-Freigabe unwissentlich täglich in Betrieb. Die elektrische Einbindung des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher sowie die zunehmende Verbreitung von Zusatzreglern für die Eigenverbrauchsoptimierung von Solarstrom bedarf einer besseren Standardisierung mit entsprechender Erkennung von fälschlichem Elektroheizstabbetrieb. Zu empfehlen ist die Entwicklung von Standardschemen analog der WPSM-Hydraulikschemen für die elektrische Installation des gesamten Heizungssystems.

Als positiv kann festgehalten werden, dass die Unterstützung der Anlageneigentümer durch den Installateur/Planer bei Planung, Installation und Anlagenübergabe mit Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls sichtbar verbessert wurde. Dies spiegelt sich in der Befragung der Anlageneigentümer wider, die mit ihren Wärmepumpen grösstenteils sehr zufrieden sind.

Bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen kann eine Verbesserung gegenüber der Qualitätsprüfung 2014 festgestellt werden. Traten im 2014 noch gehäuft Mängel bei der Installation und der Dämmung im Erdsondenkreislauf auf, sind in dieser Qualitätsprüfung dahingehend keine Mängel aufgetreten.

## 8. Vorschläge für das weitere Vorgehen

### **Schulung und Sensibilisierung**

Die Ergebnisse dieser Qualitätsprüfung sollten in die bestehenden Aus- und Weiterbildungsangebote für Installateure einfließen, um ihnen die Verbesserungspotenziale aufzuzeigen.

Es ist zudem geplant, die Ergebnisse dieser Qualitätsprüfung und der parallel durchgeführten Qualitätsprüfung für thermische Solaranlagen im Kanton Basel-Stadt in Zusammenarbeit mit suissetec Nordwestschweiz im Rahmen einer gemeinsamen Abendveranstaltung interessierten Installateuren persönlich zu präsentieren.

### **Förderbedingungen**

Wir empfehlen, die Förderbedingungen für Wärmepumpen-Anlagen zu erweitern. Dies 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.

### **Qualitätsprüfungen weiterführen**

Die Durchführung von stichprobenartigen Qualitätsprüfungen von Wärmepumpen durch unabhängige Prüfer (so wie sie auch vom FWS zur Einhaltung des Wärmepumpen-System-Moduls durchgeführt werden) sollten unbedingt fortgesetzt 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 massgeblich begünstigen.

### **Wärmepumpen-System-Modul**

Um die zunehmenden Anforderungen an die elektrische Installation von Wärmepumpen, Elektroheizstäbe im Warmwasserspeicher und der Eigenverbrauchsoptimierung von Solarstrom zusammen mit der Wärmepumpe entgegenzuwirken wird empfohlen, analog zu den hydraulischen Vorgaben im WPSM neue Standards zu entwickeln.

Die doch hohe Anzahl Anlagen mit Mängeln (31%), welche die Erteilung des WPSM-Zertifikats für höchste Energieeffizienz nicht rechtfertigen, zeigt Handlungsbedarf in der Umsetzung der Richtlinien in der Praxis. Ein per Smartphone übermitteltes Bild der hydraulisch gedämmten Leitungen könnte z.B. mehr Transparenz und Praxisbezug für die zertifizierende Stelle bieten und die Qualität damit nachhaltig verbessern.

## 9. Quellen

- [1.] M. Lehmann, M Ménard, B. Sitzmann, WP-GAP: Performance Gap bei Mehrfamilienhäusern mit Wärmepumpe – die Rolle der Betreiber, Bundesamt f. Energie, 2018
- [2.] B. Sitzmann, Schlussbericht Qualitätsprüfung Wärmepumpen 2016, Kanton Basel-Stadt und Basel-Landschaft, 2016
- [3.] A. Dellios, P. Hubacher, G. Guggenheim, Jahresbericht 2017, Wärmepumpen-System-Modul (WPSM), Bundesamt f. Energie, 2017.
- [4.] B. Sitzmann, Schlussbericht Qualitätssicherung Förderprogramm „Wärmepumpen als Ersatz bestehender Heizungen“, Energiefachstelle, Amt für Wirtschaft und Arbeit Kanton Solothurn, 2015.
- [5.] Leistungsgarantie Haustechnik Gesamtausgabe, Energie Schweiz, 2015