

## **Schlussbericht Qualitätssicherung**

Förderprogramm „Wärmepumpen als Ersatz bestehender Heizungen“



---

Auftraggeber:	Amt für Wirtschaft und Arbeit Energiefachstelle Rathausgasse 16, 4509 Solothurn
Auftragnehmer:	Energie Zukunft Schweiz Steinentorberg 26, 4051 Basel
Projektmitarbeiter:	Ronny Kühne, dipl. Bauleiter/ Bautechniker HF, Energiefachstelle Bernd Sitzmann, dipl. Ing. (FH), Energie Zukunft Schweiz Rolf Moser, Energieberater, AEK Energie AG
Autor Schlussbericht:	Bernd Sitzmann, dipl. Ing. (FH), Energie Zukunft Schweiz
<b>Umsetzung:</b>	<b>November bis Dezember 2014</b>
<b>Förderjahre:</b>	<b>2011 bis 2013, ca. 10% der geförderten Wärmepumpen</b>

# Inhaltsverzeichnis

---

Zusammenfassung	4
1. Auftrag .....	5
2. Einleitung .....	5
3. Vorgehen.....	6
4. Auswertung.....	8
4.1 Auswertung Aufnahme Gebäude und Wärmepumpe	11
4.2 Auswertung Abnahme, Kosten, Zufriedenheit	16
4.3 Auswertung der Qualität (zu 7a des Prüfprotokolls)	18
4.4 Auswertung Einhaltung Förderbedingungen & gesetzliche Bestimmungen	20
5. Schlussfolgerungen.....	23
6. Vorschläge für das weitere Vorgehen.....	24

# Zusammenfassung

Die stichprobenartige Qualitätsprüfung von geförderten Wärmepumpenanlagen wurde im Kanton Solothurn im Winter 2014/2015 das erste Mal durchgeführt. Energie Zukunft Schweiz (EZS) wurde dafür von der Energiefachstelle des Kantons Solothurn beauftragt.

Die Qualitätsprüfung umfasst 40 Wärmepumpen aus dem Förderzeitraum 2011 bis 2013. Diese von der Energiefachstelle ausgewählten Wärmepumpen wurden zwischen November und Dezember 2014 geprüft. Von den geprüften Wärmepumpen sind 22 Sole-Wasser-Anlagen, 16 Luft-Wasser-Anlagen und zwei Wasser-Wasser-Anlagen. Neun der 40 Wärmepumpenanlagen können im jeweiligen massgebenden Arbeitsbereich eine Thermische Nennleistung von über 20 kW vorweisen.

Die insgesamt 40 geprüften Wärmepumpen wurden von 34 verschiedenen Installationsbetrieben bzw. Planern installiert.

**Tabelle 1** zeigt, dass bei der allgemeinen Ausführung 65% der untersuchten Wärmepumpen mit „gut“ bewertet wurden. 30% der Wärmepumpen wurden mit „ausreichend“ bewertet – in der Regel wegen unvollständiger Dämmung der Leitungen, Warmwassererzeugung über Elektroboiler und Fehlern in der Planung. Zwei der Wärmepumpen wurden mit „schlecht“ bewertet. Bei diesen Anlagen wurden grössere Fehler erkannt und sie sind zudem nicht in Betrieb weil die Liegenschaft nicht genutzt wird.

**Tabelle 1: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung.**

Bewertung der geprüften Wärmepumpen						
gut		ausreichend		schlecht		Total geprüfte Wärmepumpen
26	65 %	12	30 %	2	5 %	40

(Prozentwerte gerundet.)

Die verbreitetsten Mängel sind: Nicht ausreichend gedämmte Leitungen und Anschlüsse am Speicher sowie eine separate Warmwassererzeugung über Elektroboiler. Fehler in 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.

Die angetroffenen Mängel zeigen, dass es weiterhin viel Verbesserungspotenzial in der Planung, Installation und im Betrieb von Wärmepumpenanlagen gibt. Möglichst breite Aus- und Weiterbildungsangebote sowie die Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls von der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) können Verbesserungen bewirken.

Die Befragungen der Anlageneigentümer zeigte aber, dass die meisten mit ihren neuen Heizungsanlagen zufrieden sind.

## 1. Auftrag

Die Energiefachstelle des Kantons Solothurn fördert Wärmepumpen als Ersatz bestehender Heizungen. Energie Zukunft Schweiz (EZS) wurde mit der Absicht, die Qualität des Förderprogramms „Wärmepumpen als Ersatz bestehender Heizungen“ zu sichern, von der Energiefachstelle des Kantons Solothurn mit Qualitätsprüfungen von ausgewählten Wärmepumpen beauftragt. Es konnten insgesamt 40 Wärmepumpenanlagen aus der Gesamtmenge der zwischen 2011 und 2013 im Kanton Solothurn installierten und kantonale geförderten Wärmepumpen geprüft werden. Der jeweilige Anlageneigentümer musste bei der Qualitätsprüfung vor Ort anwesend sein.

## 2. Einleitung

Nach § 5 des kantonalen Energiegesetzes vom 3. März 1991 (EnGSO; BGS 941.21) kann der Kanton Solothurn Beiträge leisten für die Nutzung von erneuerbaren Energien und für Massnahmen zur rationellen Energienutzung. Wärmepumpen als Ersatz bestehender Heizungen werden in konstanter Praxis von der Energiefachstelle mit finanziellen Anreizen unterstützt. Wärmepumpenanlagen können gefördert werden, wenn u. a. ein schriftliches Gesuch vor Baubeginn eingereicht wird, die Wärmepumpe nicht zum Erreichen von gesetzlichen Anforderungen benötigt wird und zum Zeitpunkt des Auszahlungsantrages die gesetzlichen Bestimmungen erfüllt sind. Seit 1. August 2011 sind keine Gesuchseingaben für Luft-Wasser Wärmepumpen mehr möglich.

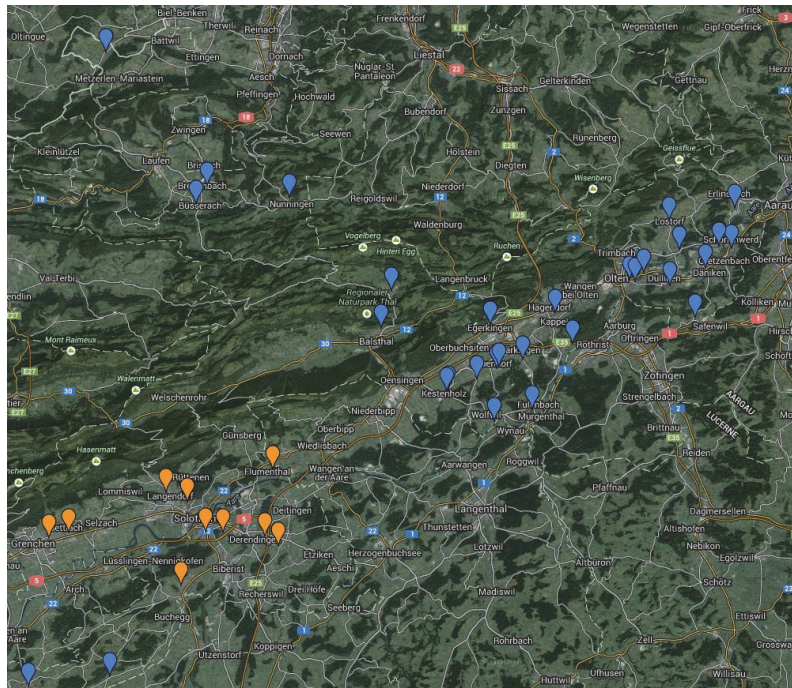
Zwischen 2011 und 2013 wurden im Kanton Solothurn insgesamt 349 Wärmepumpen gefördert (siehe **Tabelle 2**). Aus dieser Gesamtmenge wurden 40 Wärmepumpen von der Energiefachstelle ausgewählt und anschliessend Energie Zukunft Schweiz alle vorbereiteten Prüfprotokolle übermittelt. Die 40 Wärmepumpenanlagen wurden von 34 verschiedenen Planern bzw. Installateuren realisiert. Damit ist eine breite Streuung der Kontrollen unter den Planungs- und Installationsbetrieben gewährleistet.

**Tabelle 2: Anzahl geförderte Wärmepumpen im Kanton Solothurn zwischen 2011 und 2013.**

Jahr	geförderte Wärmepumpen
2011	155
2012	122
2013	72
<b>Total</b>	<b>349</b>

### 3. Vorgehen

Die jeweils ein- bis zweistündigen Prüfungen beinhalteten die grundsätzliche Funktionskontrolle, die Kontrolle der fachtechnisch einwandfreien Installation der Anlage sowie die Einhaltung der Förderbedingungen und der gesetzlichen Bestimmungen. Es wurde zusätzlich die Kundenzufriedenheit abgefragt. Die Prüfungen waren standardisiert und die Prüfungsexperten benutzten ein von der Energiefachstelle vorgegebenes Prüfprotokoll.



Prüfungsexperten:  
Bernd Sitzmann (EZH)  
Rolf Moser (AEK)

**Abbildung 1: Geografische Lage und Prüfungsexperten der überprüften Wärmepumpen**

**Abbildung 1** zeigt die geografische Lage der überprüften Wärmepumpen. Die Wärmepumpen in der Region Thierstein/Dorneck, in der Region Olten-Gösgen/Thal-Gäu und zwei Anlagen südlich von Solothurn wurden durch Dipl. Ing. (FH) Bernd Sitzmann geprüft (in der Karte blau markiert). Die Wärmepumpen um Solothurn wurden durch Energieberater Rolf Moser von der AEK Energie AG geprüft (in der Karte orange markiert). Die erste Prüfung wurde von beiden Prüfungsexperten gemeinsam gemacht, um sich auf ein identisches Vorgehen zu verständigen.

Die Daten wurden vor Ort elektronisch erfasst. Lediglich die Unterschrift der Anlagebesitzer wurde handschriftlich aufgenommen. Von jeder Anlage wurden mindestens ein Foto von der Wärmepumpe und ein Foto vom Gebäude gemacht. Während der Begehung wurde generell eine neutrale Meinung zu den eingebauten Produkten und den ausführenden Installateuren bzw. Planern vertreten.

Es wurden 22 Sole-Wasser Wärmepumpen, 16 Luft-Wasser Wärmepumpen und zwei Wasser-Wasser Wärmepumpen geprüft (siehe Tabelle 3). Fünf der Sole-Wasser Wärmepumpen, zwei der Luft-Wasser Wärmepumpen und die zwei Wasser-Wasser Wärmepumpen haben eine Leistung von über 20 kW. Von diesen neun Wärmepumpen über 20 kW sind sechs in Mehrfamilienhäuser, zwei in Industriegebäuden und eine in einem Verkaufsgebäude installiert. Da der Anteil von geförderten Anlagen über 20 kW im Förderzeitraum 2011 bis 2013 gering ist, wurden entsprechend gesamthaft auch nur neun Anlagen mit über 20 kW geprüft.

**Tabelle 3: Übersicht der geprüften Wärmepumpen aufgeteilt nach Art und Leistungs-klasse.**

<b>Wärmepumpenkategorie</b>	<b>Anz.</b>	<b>%</b>
Sole-Wasser bis und mit 20 kW (B0/W35)	17	43%
Sole-Wasser über 20 kW (B0/W35)	5	13%
Luft-Wasser bis und mit 20 kW (A-7/W35)	14	35%
Luft-Wasser über 20 kW (A-7/W35)	2	5%
Wasser-Wasser über 20 kW (W10/W35)	2	5%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>

(Prozentwerte gerundet.)



## 4. Auswertung

Die Bewertungen der allgemeinen Ausführung in **Tabelle 4** und **Tabelle 5** zeigen, dass von den 40 geprüften Wärmepumpen 26 mit „gut“ bewertet werden konnten. Zwölf der überprüften Wärmepumpen wurden mit „ausreichend“ und zwei mit „schlecht“ bewertet. Die zwei „schlechten“ Wärmepumpen weisen eine auffallend schlechte Verarbeitung auf und sind zudem nicht in Betrieb, da die entsprechenden Liegenschaften nicht genutzt werden. Im einen Fall wird die Liegenschaft altersbedingt an einen neuen Eigentümer verkauft. Im anderen Fall musste der Besitzer gesundheitsbedingt in eine zentral gelegene Wohnung umziehen.

**Tabelle 4: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung, nach Wärmepumpentypen.**

Allgemeine Ausführung	gut	ausreichend	schlecht	Total
Luft-Wasser bis und mit 20 kW	7	5	2	14
Luft-Wasser über 20 kW	1	1		2
Sole-Wasser bis und mit 20 kW	14	3		17
Sole-Wasser über 20 kW	3	2		5
Wasser-Wasser über 20 kW	1	1		2
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>40</b>
	<b>65%</b>	<b>30%</b>	<b>5%</b>	<b>100%</b>

**Tabelle 5: Gesamtbewertung zur allgemeinen Ausführung, nach Wärmepumpenarten.**

Allgemeine Ausführung	gut	ausreichend	schlecht	Total
Kompaktanlage im Gebäude	22	7	1	30
Kompaktanlage Aussenaufstellung	4	1	1	6
Split-Anlage		4		4

Mit „**gut**“ wurden Wärmepumpen bewertet, bei denen alle Anlagenteile gemäss Herstellerangaben und einschlägigen Berufsleitsätzen und Richtlinien ausgeführt wurden.

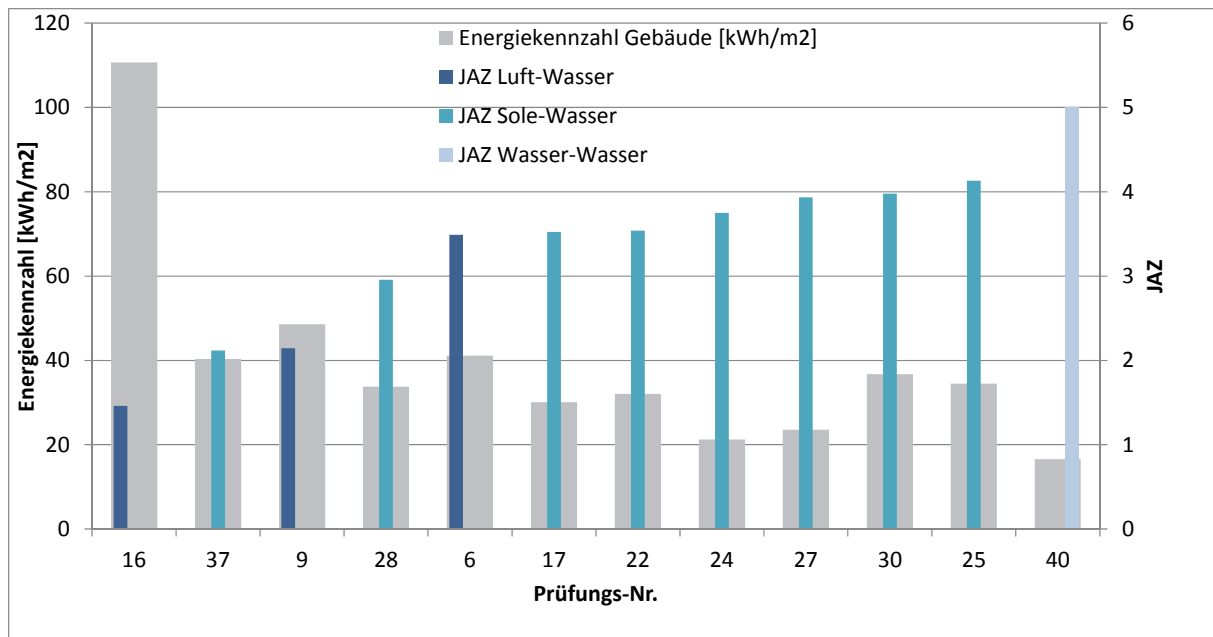
Mit „**ausreichend**“ wurden Wärmepumpen bewertet, die grundsätzlich funktionieren, aber massgebliches Optimierungspotential haben.

Mit „**schlecht**“ wurden Wärmepumpen bewertet, die klar ersichtliche Verarbeitungsmängel mit erheblichem Minderertrag aufweisen oder die überhaupt nicht funktionierten.

**Abbildung 2** zeigt die Jahresarbeitszahl für Raumwärme und Warmwasser von zwölf geprüften Wärmepumpen, berechnet über den Wärmeenergieverbrauch vor und nach der Installation. Aussagen über die Effizienz der Wärmepumpe konnte nur dann gemacht werden, wenn Angaben über den Wärmeverbrauch vor und nach der Installation der Wärmepumpe (externer Stromzähler für die Wärmepumpe) vorlagen, gleichzeitig keine Umbauten am Gebäude durchgeführt wurden, oder wenn die Wärmepumpe über einen Wärmemengenzähler verfügt.

Dabei wurde bei zwei Sole-Wasser Wärmepumpen (Prüfungs-Nr. 28 und 37) jeweils eine schlechte Jahresarbeitszahl (JAZ) von < 3 berechnet. Auch bei den Luft-Wasser Wärmepumpen ergaben sich bei zwei Anlagen schlechte Jahresarbeitszahlen von 2.1 (Prüfungs-Nr. 9) und 1.5 (Prüfungs-Nr. 16).





**Abbildung 2: Jahresarbeitszahl (JAZ3) geprüfter Wärmepumpen bei denen keine Gebäudesanierung durchgeführt wurde, berechnet über den Wärmeenergieverbrauch vor und nach der Installation.**

Aus der Abfrage des Wärmeenergieverbrauchs vor und nach der Installation der Wärmepumpe ergibt sich für 35 Gebäude bei denen diese Daten vorhanden waren eine gesamte **Energieeinsparung von 1084 MWh pro Jahr**. Dies entspricht ungefähr 73 kWh pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche pro Jahr, 68 % Energieeinsparung, vorwiegend bei Gebäuden der Gebäudekategorie Wohnen. Die Einsparungen der einzelnen Gebäude sind in **Abbildung 3** dargestellt. Darin sind neben der Einsparung über die Wärmepumpe teilweise auch Einsparungen über die Gebäudehüllenmodernisierung enthalten. Bei 14 der 40 Gebäude wurden aber ab 2006 keine energetischen Verbesserungen der Gebäudehülle realisiert. Bei fünf Anlagen konnte der Wärmeenergieverbrauch vor der Installation der Wärmepumpe nicht mehr nachvollzogen werden, weil sich die Besitzverhältnisse unmittelbar vor der Installation der Anlage geändert haben und die neuen Besitzer keine Informationen über den alten Zustand haben.

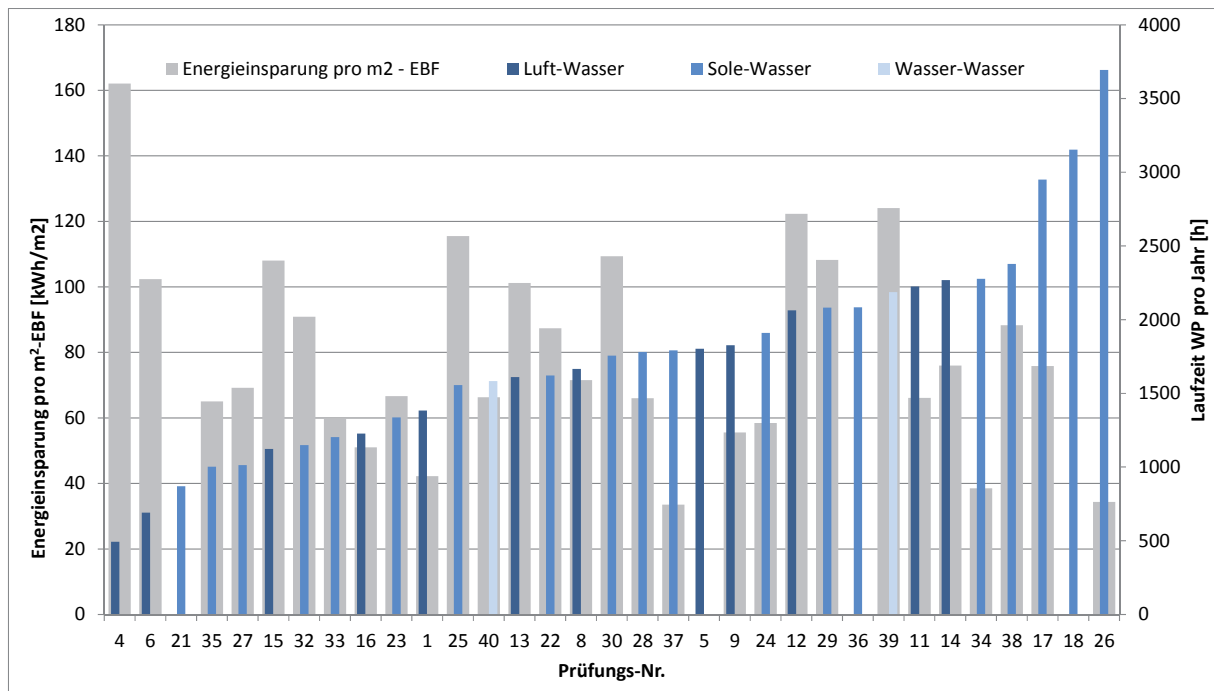
Die Wärmepumpen wurden als Ersatz von 25 Ölheizungen, 12 Elektroheizungen und 3 Gasheizungen realisiert (siehe **Tabelle 6**).

**Tabelle 6: Auswertung der Heizungsanlagen ersetzt durch die Wärmepumpe.**

Vorherige Heizungsanlage	Anzahl	%
Öl	25	63%
Elektroheizung	12	30%
Gas	3	8%

Die Laufzeit der geprüften Wärmepumpen variiert zwischen 490 h pro Jahr und 3700 h pro Jahr (siehe **Abbildung 3**). Die Laufzeiten liegen bei drei Sole-Wasser Wärmepumpen (Prüfungs-Nr. 17, 18, 26) deutlich über den nach SIA 384/6 empfohlenen Werten. Zwei dieser drei Anlagen mit hohen Laufzeiten weisen auch nachweislich eine geringe spezifische Energieeinsparung auf was auf einer schlechten Planung der Anlage hinweist. Bei den Anlagen (Prüfungs-Nr. 4 und 6) bei denen auf Grund der energetischen Massnahme (Heizungersatz und Sanierung Gebäudehülle) eine höhere spezifische Energieeinsparung erreicht wurde zeigt sich, dass diese Wärmepumpen vergleichsweise niedrigere Laufzeiten aufweist.

Bei vier der in **Abbildung 3** aufgeführten Wärmepumpen konnte die Energieeinsparung nicht ermittelt werden und ist deshalb nicht angezeigt.



**Abbildung 3: Laufzeit pro Jahr von 33 geprüften Wärmepumpen und die Energieeinsparung pro m<sup>2</sup>-EBF der Gebäude.**

## 4.1 Auswertung Aufnahme Gebäude und Wärmepumpe

### Gebäude und Gesamtanlage (zu 5a und 5b des Prüfprotokolls)

**Tabelle 7** zeigt die bisher realisierten energetischen Verbesserungen der Gebäudehülle bei den mit Wärmepumpen beheizten Gebäuden. In 25 Gebäuden wurden bereits energetische Massnahmen durchgeführt. In 16 Fällen (**Tabelle 8**) wurden die energetischen Massnahmen im Rahmen der Wärmepumpeninstallation umgesetzt. Dabei wurde bei zwei Anlagen neben der Installation der Wärmepumpe auch ein Anbau mit zusätzlicher Energiebezugsfläche realisiert.

Wärmepumpen, die in Gebäuden mit einer energetisch schlechten Gebäudehülle realisiert wurden, weisen häufig einen ineffizienten Betrieb auf. In einem Mehrfamilienhaus (Prüfungs-Nr. 17), in dem die Gebäudehülle in einem schlechten Zustand ist und die Heizkörper in der Vergangenheit für eine Vorlauftemperatur von 70°C dimensioniert wurden, führte die Installation der Wärmepumpe zu erheblichen Komforteinbussen und dadurch erheblicher Unzufriedenheit der Mieter.

**Tabelle 7: Auswertung Energetischer Zustand der Gebäudehülle.**

Energetischer Zustand der Gebäudehülle		%
bisher seit Baujahr keine Sanierung	15	38%
ausreichend, ein Bauteil wurde saniert (Fenster ab 2006, Fassade, Dach)	12	30%
gut, zwei Bauteile wurden saniert (Dach/Fassade, Fenster ab 2006)	7	18%
sehr gut, grösstenteils alle Bauteile wurden energetisch saniert (Dach, Fassade, Fenster ab 2006)	4	10%
Decke Untergeschoss nachträglich gedämmt	2	5%

(Prozentwerte gerundet.)

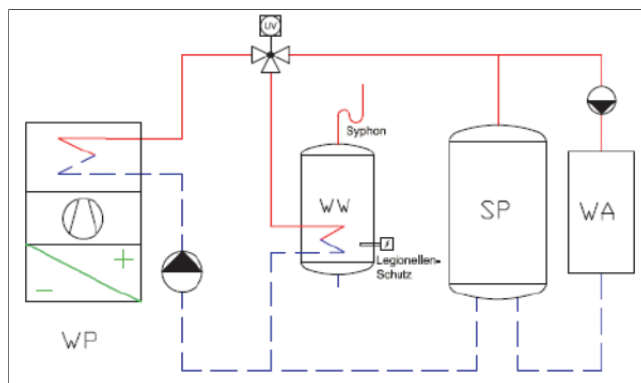
**Tabelle 8: Auswertung Realisierung der Wärmepumpe.**

Realisierung Wärmepumpe		%
Heizungersatz ohne weitere Massnahmen	24	60%
bei Gebäudemodernisierung (nebst der Wärmepumpe weitere energetische Massnahmen)	14	35%
bei Gebäudeerweiterung (nebst der Wärmepumpe ein beheizter Anbau realisiert)	2	5%

Die Wärmepumpen sind überwiegend nach einem standardisierten Funktionsschema installiert wie sie vom Wärmepumpen-System-Modul empfohlen werden. **Tabelle 9** zeigt, dass 22 Anlagen nach dem Schema 6 (mit Parallelspeicher, mit Wassererwärmer) (siehe **Abbildung 4**) installiert wurden. Zehn dieser Anlagen wurden mit einem Warmwasserintegrierten Kombispeicher installiert. Elf dieser Anlagen wurden mit getrennten Puffer- und Warmwasserspeicher installiert was bei Wärmepumpen mit hohen Volumenströmen zu einer verbesserten Zonentrennung zwischen Warmwasser- und Heizungsvolumen führt.

**Tabelle 9: Auswertung der eingesetzten Funktionsschemata nach Wärmepumpen-System-Modul.**

Funktionsschema	%	
Schema 1 (ohne Speicher, ohne Wassererwärmung)	1	2.5%
Schema 2 (ohne Speicher, mit Wassererwärmung)	5	12.5%
Schema 3 (mit Serie-Speicher, ohne Wassererwärmung)	1	2.5%
Schema 4 (mit Serie-Speicher, mit Wassererwärmung)	3	7.5%
Schema 5 (mit Parallelspeicher, ohne Wassererwärmung)	2	5.0%
Schema 5a (mit Parallelspeicher, ohne Warmwasserbereitung, 2 Heizgruppen)	2	5.0%
Schema 6 (mit Parallelspeicher, mit Warmwasserbereitung)	22	55.0%
Schema 7.1 (mit Wassererwärmung und Solarunterstützung)	4	10.0%



**Abbildung 4: Wärmepumpen-System-Modul, Schema 6 Parallelspeicher, mit Warmwasserbereitung.**

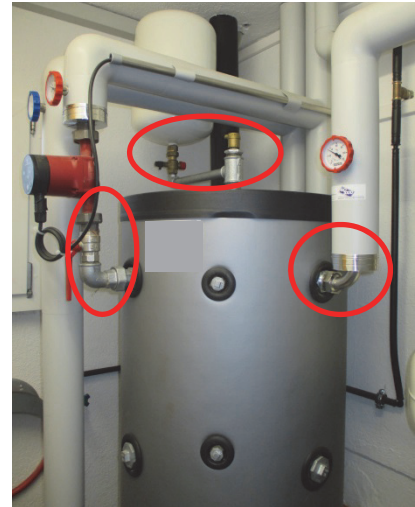
## Heiz- und Warmwasserspeicher (zu 5c des Prüfprotokolls)

Die geprüften Speicher besitzen in der Regel vom Lieferanten vorfabrizierte Dämmungen. Abnehmbare Weichschaum-, 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.

Von den geprüften Anlagen hat nur ein Speicher (Prüfungs-Nr. 39) eine mangelhafte Dämmung (siehe **Tabelle 10**), weil für den Speicherflansch keine Dämmung realisiert wurde.

Ein Speicher (Prüfungs-Nr. 11) war vom Besitzer selbst provisorisch mit einer Dämmung versehen worden. Die Dämmwirkung konnte in diesen Fall nicht wie erforderlich sichergestellt werden.

Warmwasserspeicher haben häufig ungedämmte Anschlüsse und Entlüfter, was zu entsprechend hohen Verlusten führt (siehe **Abbildung 5**). Den Besitzern wurde die Dämmung dieser Bauteile empfohlen.



**Abbildung 5: Warmwasserspeicher ohne Dämmung der Anschlüsse.**

**Tabelle 10: Auswertung der Wärmedämmung an den Speichern.**

Wärmedämmung Speicher	%
sehr gut, Anforderungen erfüllt	38 95%
nicht abschliessend beurteilbar	1 3%
Anforderungen nicht erfüllt	1 3%

(Prozentwerte gerundet.)

## Leitungen, Armaturen (zu 5e des Prüfprotokolls)

**Tabelle 11: Auswertung Wärmedämmung Leitungen, Armaturen.**

Wärmedämmung Leitungen	%	
sehr gut, Anforderungen erfüllt	24	60%
schlecht bis gar nicht gedämmt	7	18%
nicht durchgehend vollumfänglich gedämmt. Dämmstärkenreduktion nicht berechtigt	4	10%
nicht durchgehend vollumfänglich gedämmt. Dämmstärkenreduktion berechtigt	5	13%

(Prozentwerte gerundet.)

Bei der Dämmung der Leitungen und Armaturen werden häufig Kosten gespart. **Tabelle 11** zeigt, dass nur 60% der geprüften Anlagen über eine ausreichende Dämmung der Leitungen verfügt. Sieben (18%) der untersuchten Anlagen (siehe **Tabelle 12** und **Abbildung 6**) verfügten über schlechte oder gar keine Dämmung an den Leitungen und den Armaturen.

Vier Wärmepumpen (siehe **Tabelle 13**) waren nicht durchgehend gedämmt und die Dämmstärkenreduktion ist nicht berechtigt.

Sehr häufig anzutreffen sind ungedämmte Warmwasserleitungen am Speicher und die bereits erwähnten ungedämmten Anschlüsse und Entlüfter, was zu entsprechend hohen Wärmeverlusten führt.



**Abbildung 6: Wärmepumpe ohne Dämmung der Leitungen.**

**Tabelle 12: Wärmepumpen-Anlagen ohne Dämmung der Leitungen.**

Gesuchs-Nr.	Prüfungs-Nr.	Ort
3124	16	Walterswil
2454	7	Kappel
2995	9	Mümliswil
1904	23	Wolfwil
2603	13	Rodersdorf
4589	22	Olten
2546	14	Obergösgen

**Tabelle 13: Wärmepumpenanlagen, bei denen die Leitungen nicht vollumfänglich gedämmt waren (Dämmstärkenreduktion nicht berechtigt).**

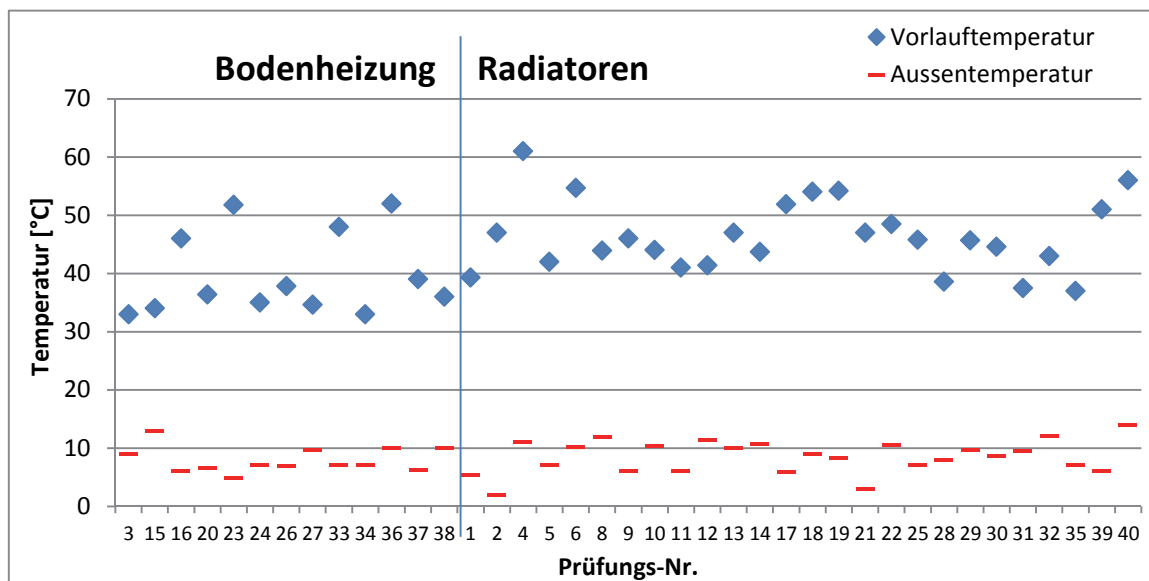
Gesuchs-Nr.	Prüfungs-Nr.	Ort
3461	11	Kestenholz
3520	33	Fulenbach
4393	28	Neuendorf
1963	3	Erlinsbach

## Wärmeabgabe (zu 5g des Prüfprotokolls)

**Tabelle 14** zeigt, dass bei 35% der geprüften Anlagen die Wärmeeinbringung in die beheizten Räume über eine Bodenheizung organisiert ist und bei 65% Radiatoren verwendet werden. Die Vorlauftemperaturen der 39 geprüften Wärmepumpen sind in **Abbildung 7** dargestellt. Bei vier Anlagen mit Bodenheizung war die Vorlauftemperatur am Tag der Begehung mit 40°C bei Aussentemperaturen zwischen 5 und 10 °C auffallend hoch. Drei dieser Anlagen haben neben der Bodenheizung noch einen zweiten Heizkreis mit Radiatoren angeschlossen.

**Tabelle 14: Auswertung der eingesetzten Wärmeübergabe.**

System	%	
Bodenheizung	14	35%
Radiatoren	26	65%



**Abbildung 7: Vorlauftemperatur und Aussentemperatur der geprüften Wärmepumpen.**



## 4.2 Auswertung Abnahme, Kosten, Zufriedenheit

### Anlagenübergabe (zu 6a des Prüfprotokolls)

**Tabelle 15: Auswertung Anlagenübergabe.**

<b>Instruktion</b>		<b>%</b>
ist erfolgt	38	95%
ist nicht erfolgt	2	5%
<b>Bedienungsanleitung</b>		
vorhanden	39	98%
nicht vorhanden	1	3%
<b>Abnahmeprotokoll</b>		
vorhanden	25	63%
nicht vorhanden	15	38%
<b>Anlagenschema</b>		
vorhanden	28	70%
nicht vorhanden	12	30%
<b>Leistungsgarantie</b>		
nicht vorhanden	38	95%
vorhanden	2	5%
<b>Wartungsheft</b>		
vorhanden	22	55%
nicht vorhanden	5	13%
nicht notwendig	13	33%

(Prozentwerte gerundet.)

Die Wärmepumpenübergabe war, wie in **Tabelle 15** ersichtlich, in der Regel insgesamt in Ordnung. Bei 15 Anlagen wurde jedoch kein Abnahmeprotokoll erstellt. Anlagenschemata 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 Formular zur Leistungsgarantie wurde lediglich bei zwei Wärmepumpen verwendet. Das Formular ist in der Regel nicht bekannt.

Das Wartungsheft war bei 18 Anlagen der 23 Wärmepumpen mit mehr als 3 kg Kältemittel vorhanden. Bei einer Split-Anlage (Prüfungs-Nr. 16) war das Wartungsheft nicht vorhanden weil das Typenschild eine Kältemittelmenge von 2.99 kg angibt. Inklusive der Verbindungsleitung werden die 2.99 kg jedoch überschritten und ein Wartungsheft wäre auch hier notwendig.

### Investitionskosten (zu 6b des Prüfprotokolls)

**Tabelle 16: Auswertung Investitionskosten.**

<b>Offerte vs. Abrechnung</b>		<b>%</b>
keine Mehrkosten	35	88%
Minderkosten	3	8%
geringe Mehrkosten	2	5%

(Prozentwerte gerundet.)

Wie in **Tabelle 16** aufgeführt lagen die Investitionskosten bei 95% der Wärmepumpen im Rahmen der Offerte. Nur bei zwei Anlagen gab es geringe Mehrkosten.

## Zufriedenheit (zu 6c des Prüfprotokolls)

**Tabelle 17: Auswertung Zufriedenheit.**

<b>Allgemein mit Anlage</b>	<b>%</b>
sehr zufrieden	37 93%
zufrieden	2 5%
nicht zufrieden	1 3%
<b>Behaglichkeit seit Realisierung</b>	
angenehmer	28 70%
keine Veränderung	11 28%
unangenehmer	1 3%
<b>Mit Unternehmer und Planer</b>	
sehr zufrieden	35 88%
nur teilweise zufrieden	3 8%
nicht zufrieden	2 5%
<b>Lärmschutz</b>	
zufrieden	36 90%
nicht zufrieden	4 10%

(Prozentwerte gerundet.)

**Tabelle 17** zeigt, dass 93% der befragten Anlageneigentümer insgesamt sehr zufrieden sind mit ihrer Wärmepumpe. Zudem sind 70% mit der Behaglichkeit nach der Realisierung zufrieden und auch 88% mit dem verantwortlichen Unternehmer bzw. mit dem Planer.

90% der Wärmepumpen verursachen keine Probleme durch die Betriebsgeräusche (Einschätzung Anlagebesitzer). Bei den drei Luft-Wasser Wärmepumpen in **Tabelle 18** fühlt sich, gemäss der Auskunft vom Anlageneigentümer, die Nachbarschaft gestört von der Lautstärke der installierten Wärmepumpe. Dabei handelt es sich um zwei Split-Anlagen und eine Kompaktanlage mit Aussenaufstellung. Gemäss der Lärmschutzverordnung (LSV) ist eine maximale Geräuschemission in der Nachbarschaft (Wohnzone ES II) von 45 dB(A) zulässig (Planungswert bei Nacht).

Bei einer Wasser-Wasser Wärmepumpe empfindet der Besitzer der Anlage den Schallpegel der Wärmepumpe in der Heizzentrale als zu laut. Die Wärmepumpe verursacht aber keine Störung bei den Bewohnern im Mehrfamilienhaus oder bei den Nachbarn.

**Tabelle 18: Luft-Wasser Wärmepumpen, bei denen sich gemäss Anlageneigentümer die Nachbarschaft von der Lautstärke der installierten Wärmepumpe gestört fühlen.**

<b>Gesuchs-Nr.</b>	<b>Prüfungs-Nr.</b>	<b>Ort</b>
2262	2	Büsserach
1963	3	Erlinsbach
2995	9	Mümliswil

Der Schalleistungspegel der untersuchten Luft-Wasser Wärmepumpen wurde aus den Herstellerangaben erfasst. Dabei kann es sich auch um Selbstdeklarationen handeln. Die Werte variieren zwischen 45 dB(A) und 70 dB(A). 17 Wärmepumpen haben einen Schalleistungspegel von mehr als 58 dB(A).

### 4.3 Auswertung der Qualität

**Tabelle 19: Auswertung Qualität.**

<b>Allgemeine Ausführung</b>	<b>%</b>	
gut	26	65%
ausreichend	12	30%
schlecht	2	5%
<b>Gewählte Systemlösung</b>		
gut, effizient	31	78%
nicht optimal	9	23%
<b>Funktionsfähigkeit</b>		
gut	32	80%
mangelhaft	6	15%
nicht beurteilbar	2	5%
<b>Dimensionierung Wärmepumpe</b>		
gut	25	63%
überdimensioniert	10	25%
unterdimensioniert	2	5%
nicht beurteilbar	2	5%
mangelhaft	1	3%
<b>Dimensionierung EWS</b>		
gut	20	50%
keine EWS	15	38%
unterdimensioniert	2	5%
überdimensioniert	2	5%
nicht beurteilbar	1	3%
<b>Energieeffizienz Umwälzpumpe</b>		
gut	29	73%
schlecht	11	28%
<b>Übergabe</b>		
gut	36	90%
ausreichend	3	8%
schlecht	1	3%

(Prozentwerte gerundet.)

Die Bewertung der allgemeinen Ausführung in **Tabelle 19** zeigt, dass 65% der Wärmepumpen allgemein gut ausgeführt wurden, bei 35% 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 organisiert ist, mit „nicht optimal“ bewertet. Bei einer Anlage (Prüfungs-Nr. 17) sind die bestehenden Heizkörper auf einen Vorlauf von 70°C ausgelegt und die Gebäudehülle der Liegenschaft ist energetisch ungenügend. Die Wärmepumpe kann nur begrenzt die Mietwohnungen heizen.

Bei weiteren drei Wärmepumpen (Prüfungs-Nr. 4, 23, 16) ist zu prüfen, ob die Anlageeffizienz durch die Reduktion der Vorlauftemperatur im Heizkreis erhöht werden kann. Die installierten Wärmepumpen werden trotz Bodenheizung wegen eines zusätzlichen Heizkörpers auf einem hohen Temperaturniveau betrieben.

Bei zwei Anlagen war der Puffer offensichtlich zu klein, was zu häufigem Takten der Wärmepumpe führte.

80% der untersuchten Wärmepumpen wiesen eine gute Funktionstüchtigkeit auf. Die Funktionstüchtigkeit wurde anhand der eingesparten Energie, der Abschätzung der Energiekennzahl – Wärme und wenn möglich über die JAZ bestimmt. Um eine Primärenergieeinsparung zu erreichen sollte eine Luft-Wasser Wärmepumpe eine JAZ von 3 nicht unterschreiten. Sole-Wasser und Wasser-Wasser Wärmepumpen sollten eine JAZ von 4 erreichen. Wie **Abbildung 2** zeigt konnten drei Wärmepumpen bei denen die JAZ nachweislich ermittelt werden konnte diese Werte erreichen.

63% der untersuchten Wärmepumpen, die gemäss Förderbedingungen eine maximale Thermische Nennleistung von 50 W pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche (bzw. 70 W pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche bei Gebäuden mit Baujahr bis und mit 1980) bei Auslegungstemperatur (W-7/W35, B0/35 oder W10/W35) vorweisen, wurden bei der Beurteilung der Wärmepumpendimensionierung als „gut“ eingestuft.

Zur approximativen Beurteilung der Dimensionierung der Erdwärmesonden wurde überschlagsmässig als Richtwert für die Entzugsleistung 50 W pro Meter Bohrtiefe angenommen. Nach der SIA-Norm 384/6 Erdwärmesonden ist dieser Richtwert für die Dimensionierung nicht zulässig. Aus Gründen des Aufwands wurde diese Beurteilung jedoch für eine Einschätzung als angemessen erachtet. 17 der 22 Erdwärmesonden sind im Bereich der 50 W pro Meter Bohrtiefe (+ / - 20%). Bei zwei Anlagen wurde auffällig zu tief gebohrt und bei drei Anlagen liegt die Bohrtiefe unterhalb 40 W pro Meter Bohrtiefe.

Bei der Energieeffizienz der eingesetzten Umwälzpumpen für den Heizkreis wurden 29 Anlagen mit Umwälzpumpen mit der Energieeffizienzklasse „A“ eingesetzt und wurden somit als gut eingestuft. Anlagen, bei denen auch Standardpumpen (Energieeffizienzklasse B und C) im Heizkreis im Einsatz sind wurden als schlecht eingestuft.

Wie auch in **Tabelle 15** ersichtlich, war die Übergabe der Anlage meist in Ordnung. Nur in einen Fall (Prüfungs-Nr. 17) hat es keine Übergabe gegeben, da die Anlage nach der Inbetriebnahme nicht ordentlich funktionierte und dies noch vor der Übergabe zu einem Kommunikationsstillstand zwischen Kunden und Installateur geführt hat.

## 4.4 Auswertung Einhaltung Förderbedingungen & gesetzliche Bestimmungen

### Förderbedingungen (zu 7b des Prüfprotokolls)

Tabelle 20: Auswertung Förderbedingungen.

<b>Baubeginn</b>	<b>%</b>	
erfolgte nicht offensichtlich vor Gesucheingabe	39	98%
war bereits nachvollziehbar vor Gesucheingabe	1	3%
<b>Anlagenzweck</b>		
wie im Gesuch deklariert	33	83%
nicht wie im Gesuch deklariert	7	18%
<b>Fabrikat</b>		
wie im Gesuch deklariert	37	93%
nicht wie im Gesuch deklariert	3	8%
<b>Wärmepumpe mit Gütesiegel</b>		
ja	35	88%
Nein	5	13%
<b>Energiebezugsfläche</b>		
wie im Gesuch deklariert	29	73%
nicht wie im Gesuch deklariert	11	28%
<b>Umrüstung auf Zentralheizung</b>		
ist nicht erfolgt	38	95%
ist erfolgt	2	5%
<b>Anlage zum Erreichen gesetzlicher Anforderungen</b>		
ausgeschlossen, da nur Umbau	37	93%
möglich, da auch Anbau realisiert	3	8%
<b>Einhaltung Förderbedingungen</b>		
die Bedingungen wurden eingehalten	20	50%
die Bedingungen wurden nicht eingehalten	19	48%
nicht abschliessend beurteilbar	1	3%

(Prozentwerte gerundet.)

**Tabelle 20** zeigt die Auswertung zur Einhaltung der Förderbedingungen. Dabei wurden die Angaben aus dem Fördergesuch mit den bei der Kontrolle vorgefundenen Angaben/Werten verglichen.

Bei einer Wärmepumpe (Prüfungs-Nr. 15) war der Baubeginn bereits nachvollziehbar vor Gesucheingabe.

Bei sechs der geprüften Anlagen wird das Warmwasser nicht über die Wärmepumpe, sondern über zusätzliche Elektroboiler erwärmt (siehe **Tabelle 21**). In diesen Fällen wurden die Förderbedingungen nicht eingehalten. Bei den zwei Anlagen ohne Warmwassereinbindung, die in Industriegebäuden realisiert wurden, ist der Warmwasserbedarf jedoch so gering, dass es durchaus Sinn macht, dieses über kleine Elektroboiler zu erzeugen um die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe niedrig zu halten. Es ist somit seitens der Energiefachstelle noch im Detail zu prüfen ob teilweise bei Fördergesuchen in Zusammenhang mit der Warmwasseraufbereitung Ausnahmen gewährt wurden.

Bei der Anlage mit der Prüfnummer 16 werden neben dem Warmwasser auch ein Whirlpool und ein mobiles Heizlüftergerät elektrisch, ohne Anschluss an die Wärmepumpe, betrieben.

**Tabelle 21: Geförderte Wärmepumpen ohne Anschluss an die Warmwasseraufbereitung.**

Gesuchs-Nr.	Prüfungs-Nr.	Ort
2863	21	Grenchen
2526	18	Bettlach
4485	40	Derendingen
2262	2	Büsserach
3124	16	Walterswil
3258	10	Niederbuchsiten

Bei 93% der geprüften Wärmepumpen wurden die Fabrikate eingebaut wie sie im Gesuch deklariert waren. Bei zwei Anlagen (Prüfungs-Nr. 31 und 12) wurden andere Wärmepumpen eingebaut. Bei einer (Prüfungs-Nr. 36) wurde vom gleichen Hersteller ein anderer Typ mit grösserer Leistung eingebaut.

Bei fünf Wärmepumpen (Prüfungs-Nr.: 2, 16, 9, 7, 1) konnte die Vergabe des internationalen Wärmepumpengütesiegels nicht nachvollzogen werden. Es ist somit nochmals zu prüfen ob es zur Zeit der Gesuchseingabe nie ein Gütesiegel gab oder es mittlerweile ohne zu erneuern abgelaufen ist.

Die Energiebezugsfläche wurde anhand der Abfrage der beheizten Stockwerke vor Ort und der anschliessenden Abmessung der Grundfläche in „Google Maps“ approximativ berechnet. Bei einer Abweichung von 25% zur ursprünglich angegebenen Energiebezugsfläche wurde in dieser Prüfung die Energiebezugsfläche als nicht wie im Gesuch deklariert eingestuft. Elf Gebäude haben somit abweichende Energiebezugsflächen und sind nicht wie im Gesuch deklariert eingestuft worden.

Die maximale Thermische Nennleistung von 50 W pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche (bzw. 70 W pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche bei Gebäuden mit Baujahr bis und mit 1980) wurde somit bei neun Anlagen überschritten aber auf Grund der Ungenauigkeit bei der Energiebezugsfläche nicht bei der Gesamtbeurteilung zur Einhaltung der Förderbedingungen berücksichtigt.

Bei der Abfrage zur Umrüstung auf ein Zentralheizungssystem hat sich ergeben, dass in einen Fall Einzelöfen durch eine Zentralheizung ersetzt wurden (Prüfungs-Nr. 10) und in einen Fall wurde eine direktelektrische Bodenheizung durch ein wasserführendes Heizsystem (Prüfungs-Nr. 11) ersetzt. Bei allen anderen Anlagen hat das Zentralheizungsnetz bereits bestanden. Entsprechend ist bei zwei Anlagen noch im Detail zu prüfen ob die Bonuszahlungen berechtigt waren.

Die Förderbedingungen wurden bei 20 Anlagen klar eingehalten. Bei 19 Anlagen (siehe **Tabelle 22**) wurden die Förderbedingungen nicht eingehalten bzw. muss teilweise anhand der Prüfprotokolle und der Gesuchsunterlagen eine Nachkontrolle erfolgen. Bei einer Anlagen (Prüfungs-Nr. 20,) könnte es sein, dass die Wärmepumpe genutzt wird um die Anforderungen nach § 11 Höchstanteil nichterneuerbarer Energien der Energieverordnung (EnVSO) zu erfüllen, da noch ein Anbau mit neuer Energiebezugsfläche realisiert wurde. Dies muss anhand des Energienachweises noch nachgeprüft werden.

**Tabelle 22: Wärmepumpen bei denen nochmals geprüft werden muss ob die Förderbedingungen eingehalten wurden.**

Gesuchs-Nr.	Prüfungs-Nr.	Ort	Baubeginn vor Gesuchseingang	WP ohne Warmwasser	WP kein Gütesiegel	Leitungen schlecht bis gar nicht gedämmt	Leitungen nicht ausreichend gedämmt	Speicher nicht ausreichend gedämmt
2843	15	Dulliken	x					
2863	21	Grenchen		x				
2995	9	Mümliswil			x	x		
2526	18	Bettlach		x				
4485	40	Derendingen		x				
2262	2	Büsserach		x	x			
3124	16	Walterswil		x	x	x		
2454	7	Kappel			x	x		
4393	28	Neuendorf					x	
3084	1	Däniken			x			
3258	10	Niederbuchsiten		x				
1904	23	Wolfwil				x		
2603	13	Rodersdorf				x		
4589	22	Olten				x		
2546	14	Obergösgen				x		
3461	11	Kestenholz					x	
3520	33	Fulenbach					x	
1963	3	Erlinsbach					x	
3823	39	Niedergösgen						x

### Gesetzliche Bestimmungen (zu 7c des Prüfprotokolls)

**Tabelle 23: Auswertung gesetzliche Bestimmungen.**

Einhaltung Bestimmungen		%
Bestimmungen wurden eingehalten	28	70%
Bestimmungen wurden nicht eingehalten	12	30%

(Prozentwerte gerundet.)

Bei 12 Anlagen wurden die gesetzlichen Bestimmungen nicht eingehalten (siehe **Tabelle 23**). Bei einer dieser Anlage hatte der Speicher keine Flanschdeckeldämmung. Bei den anderen 11 Anlagen waren die Leitungen nicht ausreichend gedämmt. Die einzelnen Anlagen, bei denen die Dämmung nicht ausreichend war, sind in **Tabelle 12** und **Tabelle 13** aufgeführt.



## 5. Schlussfolgerungen

Mit insgesamt 26 mit „gut“ bewerteten Wärmepumpen und 14 mit „ausreichend“ und „schlecht“ bewerteten Wärmepumpen (allgemeine Ausführung) besteht im Kanton Solothurn Verbesserungspotential in der Qualität der Ausführung und Planung.

Die verbreitetsten Mängel sind:

- Die Dämmung der Leitungen und Speicheranschlüsse wird häufig unsachgemäss und nicht ausreichend ausgeführt.
- Die Warmwassererzeugung ist bei sechs Gebäuden über Elektroboiler und nicht über die Wärmepumpe organisiert.
- Fehler in der Dimensionierung und Planung führen zu einem ineffizienten Betrieb der Wärmepumpe. Insbesondere zu hohe Vorlauftemperaturen im Heizkreis aufgrund einer alten Bausubstanz sind ungünstig für den effizienten Betrieb der Wärmepumpe.

Der Ersatz des bestehenden Heizungssystems durch eine Wärmepumpe hat bei allen geprüften Anlagen signifikante Einsparungen beim Energieverbrauch bewirkt. So konnten von insgesamt 35 Anlagen **1084 MWh** pro Jahr eingespart werden (bei fünf Anlagen konnten keine Energieverbrauchsdaten erhoben werden). Dies entspricht ungefähr 73 kWh pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche pro Jahr, vorwiegend bei Gebäuden der Gebäudekategorie Wohnen. Die Wärmepumpen wurden als Ersatz von 25 Ölheizungen, 12 Elektroheizungen und 3 Gasheizungen realisiert.

Bei drei Wärmepumpen ist zu prüfen, ob durch die Reduktion der Vorlauftemperatur die Anlageneffizienz erhöht werden kann.

Die Unterstützung der Anlageneigentümer durch den Installateur/Planer bei einer ordentlichen 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 Einzelfällen Abweichungen von der Offerte zur Abrechnung.

Die Qualität der installierten Wärmepumpen birgt besonders in den bereits aufgeführten Punkten Verbesserungspotential. Möglichst breite Aus- und Weiterbildungsangebot sowie die Einführung des Wärmepumpen-System-Moduls von der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) können Verbesserungen bewirken.

Bei der Systemwahl und der Funktionalität zeigt sich zumindest bei den grösseren Wärmepumpenherstellern eine Standardisierung, angelehnt an den Empfehlungen der Wärmepumpen-System-Module.

Die Förderbedingungen wurden nur bei 20 Anlagen klar eingehalten. Beim Kriterium „Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen“ fallen besonders diejenigen 13 Anlagen auf, welche ohne bzw. mit schlechter Dämmung ausgeführt wurden. Hierin spiegelt sich auch die Installationsqualität, welche allgemein Verbesserungspotential aufweist.

Bei den Wärmepumpenanlagen sind gezielte Nachprüfungen erforderlich, wenn gemäss den Qualitätsprüfungen die Förderbedingungen nicht eingehalten wurden. Die Energiefachstelle des Kantons Solothurn wird die Auswertungen im Detail prüfen und Anlageneigentümer nochmals kontaktieren um im jeweiligen Einzelfall über das weitere Vorgehen entscheiden zu können. Aufgrund der Ergebnisse sollten auch in Zukunft verstärkt Qualitätsprüfungen durchgeführt werden.

## 6. Vorschläge für das weitere Vorgehen

### **Erkannte Mängel beheben**

Die bei der Qualitätsprüfung erkannten, relevanten Mängel sollten behoben werden. Wir empfehlen, die entsprechenden Installateure zu informieren.

### **Stichproben (Qualitätsprüfungen) weiterführen**

Die Durchführung von Stichproben durch unabhängige Prüfexperten soll zukünftig verstärkt fortgeführt werden. Um eine nachhaltige Qualitätssteigerung zu erreichen, sollte zusammen mit den Installateuren ein Prozess zur Qualitätssicherung aufgebaut werden.

Die Ankündigung von regelmässigen Stichproben bei den Installateuren kann bereits eine qualitätssteigernde Wirkung haben.

### **Schulung und Sensibilisierung**

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

Besonders in der Planung von Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden mit bestehenden Heizköpfen sollte jedoch in der Ausbildung von Installateuren und Planern auf die zu erwartenden Herausforderungen noch mehr eingegangen werden.

Es wird zudem empfohlen, die Ergebnisse dieser Qualitätsprüfung im Rahmen einer Abendveranstaltung den ausgewählten Installateuren zu kommunizieren.