



ENERGIE
ZUKUNFT
SCHWEIZ

Betriebsoptimierung und Qualitätsprüfung energetische Fördermassnahmen 2023

Kanton Basel-Stadt und
Kanton Basel-Landschaft

Schlussbericht

Förderjahr der geprüften Anlagen: 2018 bis 2022

Im Auftrag von:

Kanton Basel-Stadt (Amt für Umwelt und Energie) und
Kanton Basel-Landschaft (Amt für Umweltschutz und Energie)

Autoren:

Dipl. Ing. (FH) Bernd Sitzmann
Eid. dipl. Heizungsmeister (HFP) Kilian Steiner
Energie Zukunft Schweiz, 20. Dezember 2023

Energie Zukunft Schweiz

Aeschenplatz 6
4052 Basel
T +41 61 500 18 00
info@ezs.ch
www.ezs.ch

Inhalt

1.MANAGEMENT SUMMARY.....	2
2.AUFTRAG UND VORGEHEN.....	3
3.ERGEBNISSE.....	4
3.1 ALLGEMEINE ERGEBNISSE	4
3.2 WÄRMEPUMPEN KOMBINIERT MIT SOLARSTROMANLAGEN	6
3.3 SOLARTHERMISCHE ANLAGEN.....	9
4.HERAUSFORDERUNGEN BEI WÄRMEPUMPEN MIT PV-ANLAGEN	10
5.ÖRTLICHE EINBINDUNG DER WÄRMEPUMPE IM URBANEN UMFELD.....	11

1. Management Summary

Energie Zukunft Schweiz (EZS) hat im Auftrag vom **Amt für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft** und dem **Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt** im Jahr 2023 die Qualitätsprüfungen mit Betriebsoptimierung bei 49 Wärmepumpen und 4 thermischen Solaranlagen durchgeführt.

Die Qualität der hydraulischen Installation bei den geprüften Anlagen war im Allgemeinen gut. Dabei wurden übliche Fehler wie mangelnde Dämmung, kleine Leckagen oder die fehlende Dokumentation festgestellt. Die grösste Möglichkeit zur Optimierung liegt jedoch häufig in den zu konservativ eingestellten Regelparametern. Insbesondere die Heizgrenze und die Heizkurve sind oft zu hoch kalibriert, was sich negativ auf die Effizienz der Wärmepumpen auswirkt.

Von den 24 Wärmepumpen mit Photovoltaikanlagen nutzten acht den erzeugten Solarstrom gezielt für den Betrieb der Wärmepumpe, während fünf Anlagen den Solarstrom für den Elektroheizstab im Warmwasserspeicher einsetzten. Elf Wärmepumpen werden unabhängig von der Solarstromanlage betrieben. Die Integration von Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen in Gebäuden erfordert eine stärkere Koordination zwischen den Akteuren. Eine frühzeitige Abstimmung ist entscheidend, um eine effiziente Kommunikation und Systemoptimierung zu ermöglichen.

Von den vier untersuchten Solaranlagen waren zwei Anlagen in einem nicht optimalen Zustand. Es wird empfohlen, für den Erhalt des Betriebs bei thermischen Solaranlagen ein Funktions-Monitoring einzubauen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass trotz einer insgesamt guten hydraulischen Qualität noch erhebliche Optimierungspotenziale an den neu installierten Anlagen bestehen.

2. Auftrag und Vorgehen

Kanton Basel- Landschaft

Bei der diesjährigen Qualitätsprüfung mit Betriebsoptimierung wurden 24 Luft- Wasser Wärmepumpen und fünf Sole-Wasser Wärmepumpen ausgewählt. 19 der insgesamt 29 Wärmepumpen-Anlagen wurden hinsichtlich ihrer zusätzlichen Photovoltaikanlage ausgewählt, um zu prüfen, ob und wie eine mögliche Wärmepumpenansteuerung für den PV-Eigenverbrauch funktioniert.

Da kleine Wärmepumpen bereits durch die Stichproben des Wärmepumpensystemmoduls überprüft werden, wurden vorzugsweise Wärmepumpen (12 Stück) mit einer thermischen Leistung $> 15 \text{ kW}_{\text{th}}$ ausgewählt.

Zusätzlich zu den Wärmepumpen wurden vier thermische Solaranlagen im Kanton Basel-Landschaft überprüft.

Das Vorgehen beinhaltete eine Vor- Ort- Begehung mit einer anschliessenden schriftlichen Empfehlung zur Betriebsoptimierung an den Eigentümer. Bei Mängeln, die innerhalb der Garantieleistung behoben werden sollten, wurde die Eigentümerschaft dazu aufgefordert.

Kanton Basel- Stadt

Im Kanton Basel-Stadt wurden 17 Luft- Wasser Wärmepumpen und drei Sole-Wasser ausgewählt. Fünf der 20 Wärmepumpen waren zusammen mit einer Solarstromanlage installiert und 12 Wärmepumpen waren $> 15 \text{ kW}_{\text{th}}$. Das Vorgehen war analog dem Vorgehen im Kanton Basel-Landschaft.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über den Leistungsbereich und die Wärmequelle der ausgewählten 49 Wärmepumpen innerhalb der kantonalen Qualitätsprüfung der Fördermassnahmen im Jahr 2023 der beiden Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt. Die geprüften Wärmepumpen wurden zwischen 2019 und 2022 installiert.

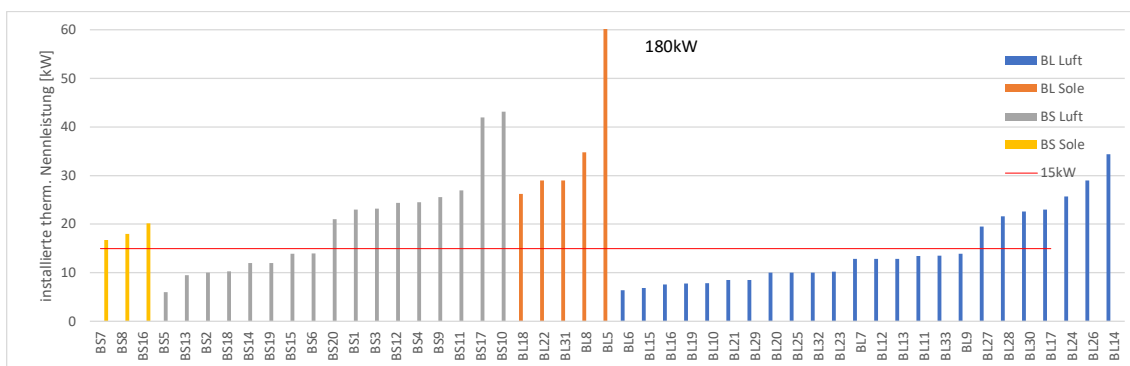


Abbildung 1: Installierte thermische Leistung der im 2023 untersuchten Wärmepumpen (Luft-WP: A-7/W35; Sole-WP: B0/W35)

3. Ergebnisse

3.1 Allgemeine Ergebnisse

Die Qualität der hydraulischen Installation bei den geprüften Anlagen war grundsätzlich gut. Die Herausforderungen liegen vorwiegend bei der elektrischen Installation der Heizstäbe, der Interaktion mit Photovoltaikanlagen sowie zu konservativen Regelparameter.

Von den 48 Anlagen konnten von 40 Anlagen Wärmeenergiedaten aufgenommen werden. Die fossil erzeugte Energie (Heizöl bzw. Erdgas) welche durch die 40 Wärmepumpen pro Jahr insgesamt eingespart wird liegt bei 1'256 MWh/a.

Die Heizgrenze ist bei 35 der 49 überprüften Wärmepumpen zwischen 17°C und 20°C eingestellt und liegt somit bei 73% der Anlagen über dem empfohlenen Wert für Altbauten von 16°C. Je tiefer die Heizgrenze, desto kürzer sind die Laufzeiten der Heizung in der Übergangszeit mit entsprechenden Einsparungen im Energieverbrauch.

Bei 43 Anlagen (89%) konnte die Heizkurve ausgelesen werden. Da die Vorlauftemperatur einen direkten Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpe hat, besteht hier häufig ein beachtliches Optimierungspotential. Bei 28 Anlagen (58%) wurde eine zu hoch eingestellte Steigung der Heizkurve zwischen 0.9 und 1.4 festgestellt. Eine Empfehlung zur Anpassung der Heizkurve und der Heizgrenze wurde in diesen Fällen an den Eigentümer abgegeben.

Bei 18 (37%) der 49 untersuchten Anlagen konnten folgende Optimierungsempfehlungen abgegeben werden:

- Nicht ausreichende Leitungsdämmung
- Fehlfunktion des EMS zur WP-Überhöhung
- Kleinere Leckagen
- Starker Gartenbewuchs direkt am Luftwärmetauscher (siehe Abbildung 2)
- Zu geringe Trennung zwischen Zu- und Abluft bei der Wärmepumpe
- Heizbandtemperatur über der Warmwasser-Temperatur
- Sommerlicher Betrieb der Heizungspumpe



Abbildung 2: Wärmepumpe mit starkem Gartenbewuchs direkt am Luftwärmetauscher.

Bei sechs Anlagen war der elektrische Heizstab im Warmwasserspeicher unwissend aktiv bzw. falsch verdrahtet.

In einigen Anlagen war die Legionellenschaltung entweder zu häufig oder sogar unnötig aktiviert. Zum Beispiel wurde bei zwei Installationen mit Hygienespeicher (geringer Trinkwasserinhalt) eine tägliche Legionellenschaltung programmiert.

Bei einer Anlage in einem extern verwalteten MFH konnten versteckte Mängel festgestellt werden. Die Warmwasserproduktion über die Wärmepumpe wurden hier absichtlich auf Elektrobetrieb umgestellt da der Wärmetauscher defekt war. Das Umschaltventil wurde demontiert. Der Pufferspeicher wurde dadurch ganzjährig auf 60°C über die Wärmepumpe mit einer schlechten Effizienz betrieben.

Des Weiteren fiel bei neun (75%) Anlagen mit einer Leistung > 15 kW_{th} die unzureichende Dokumentation auf. Häufig waren keine oder unvollständige Betrieb- und Wartungsunterlagen auf der Anlage.

3.2 Wärmepumpen kombiniert mit Solarstromanlagen

Durch die gezielte Auswahl der Gebäude konnten insgesamt 24 Wärmepumpenanlagen mit einer Photovoltaikanlage untersucht werden.

Wenn Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen ohne eine gemeinsame Steuerung im Gebäude unabhängig installiert sind, kann die Wärmepumpe sowohl ihren Strom aus dem Netz beziehen als auch überschüssigen Solarstrom nutzen. In dem Fall empfiehlt sich ein angepasstes Zeitprogramm der Wärmepumpe, um möglichst den Tagesbetrieb zu verstärken.

Bei elf (46%) der untersuchten Anlagen war die Photovoltaikanlage, wie oben beschrieben parallel und ohne gezielte Ansteuerung der Wärmepumpe installiert.

Um den Eigenverbrauch an Solarstrom gezielt zu erhöhen kann die Wärmepumpe über eine Smart Grid-Ready-Schnittstelle zur Solarstromanlage in einen überhöhten Betrieb versetzt werden um den Solarstrom vermehrt in Wärmeenergie zu speichern. Das heisst, die Solltemperaturen von Warmwasser-, Pufferspeicher sowie vom Heizkreis werden temporär erhöht. Diese Einstellungen müssen sorgfältig gewählt werden und sollen mit eingestellten Zeitprogrammen und einer möglichen Legionellenschaltung abgestimmt werden. Ausserdem ist die Verdrahtung herstellerspezifisch und birgt Fehlerpotential.

Bei acht (33%) der untersuchten Anlagen wurde der erzeugte Solarstrom gezielt für den Betrieb der Wärmepumpe über die Smart Grid-Ready Schnittstelle eingesetzt. Eine dieser Wärmepumpen war falsch verdrahtet. Bei einer der Wärmepumpen wurde die Steuerung wieder deaktiviert, da die Funktion nicht gegeben war. Bei keiner Anlage konnte ein externes EMS, wie in Variante 3 dargestellt vorgefunden werden.

Fünf (21%) der untersuchten Anlagen nutzen den Solarstrom über einen externen Energiemanager für den Betrieb des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher. In diesem Fall wird die Wärmepumpe nicht separat angesteuert.

Bei keiner der besichtigten Anlagen konnte der Eigentümer selbst nachweisen, ob die Ansteuerung der Wärmepumpe über die Solaranlage funktioniert. Generell können die verfügbaren Monitoring-Lösungen eine Fehlverdrahtung bzw. Falscheinstellungen nicht automatisiert erkennen. Für die Sicherstellung des einwandfreien Betriebs müsste der Eigentümer selbst regelmässig die Funktion im Monitoring überprüfen.

Tabelle 1 zeigt die verschiedenen Varianten, wie Wärmepumpenanlagen für die Eigenverbrauchsoptimierung des Solarstroms gesteuert werden. **Tabelle 2** zeigt die Varianten, die in der diesjährigen Qualitätsprüfung zur Steuerung des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher vorgefunden wurden und bei denen keine Solaranlage installiert war.

Tabelle 1: Varianten zur Steuerung der Wärmepumpenanlage für die Nutzung des Solarstroms.

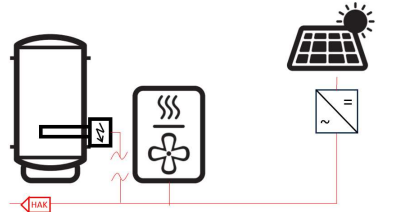
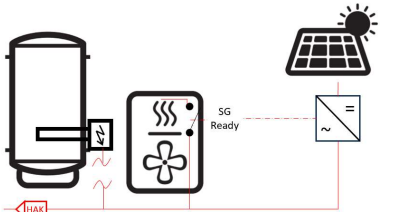
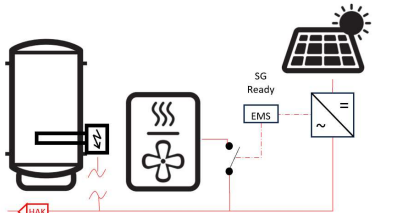
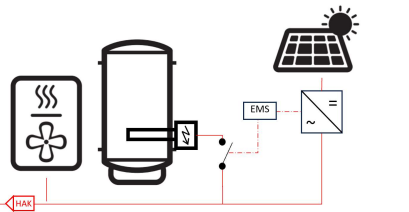
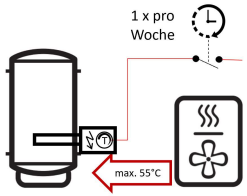
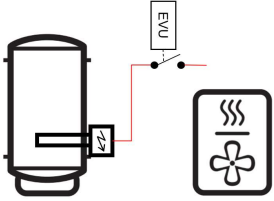
In QS 2023 vorgefunden	Verschaltungsvarianten	Bezeichnung
11 Anlagen		Variante 1: Parallelbetrieb ohne WP-Steuerung
8 Anlagen		Variante 2 Wärmepumpensteuerung via SG-Ready
0 Anlagen		Variante 3 Wärmepumpensteuerung via SG-Ready und Energiemanager (EMS)
5 Anlagen		Variante 4 Energiemanager (EM) steuert Elektroheizstab

Tabelle 2: Varianten zur Steuerung des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher ohne Solrastromanlagen.

In QS 2023 vor- gefunden	Verschaltungsvarianten	Bezeichnung
13 Anlagen	 <p>1 x pro Woche</p> <p>max. 55°C</p>	Zeitprogramm (WP oder Extern) steuert den elektrischen Heizstab
12 Anlagen	 <p>EVU</p>	Externe Heizstabsteuerung bzw. Handschalter

3.3 Solarthermische Anlagen

Von den vier untersuchten Solaranlagen waren zwei Anlagen (50%) in einen nicht optimalen Zustand. Beide Solaranlagen sind im verwalteten MFH ohne regelmässige Kontrolle installiert und die dauerhafte Funktion ist damit nicht sichergestellt. Beide Anlagen hatten grössere Leckagen, die offensichtlich kurzfristig zum Stillstand der Solaranlagen führen.

Es wird bei thermischen Solaranlagen im verwalteten MFH empfohlen für den Erhalt des Betriebs, analog Photovoltaikanlagen, ein Funktions-Monitoring einzubauen. Dadurch wird bei Funktionsausfall eine Benachrichtigung an den zuständigen Fachmann ausgelöst. Bei der Wiederinbetriebnahme muss die wirkliche Ursache für die Funktionsstörung erkannt werden, um einen kontinuierlichen Betrieb der Anlage sicher zu stellen.

Dem Eigentümer der beiden auffälligen Solaranlagen wurde empfohlen, neben der Behebung der Mängel eine einfache Funktionsüberwachung mit Alarmierung bei Anlagenausfall zu installieren.

4. Herausforderungen bei Wärmepumpen mit PV-Anlagen

Planung und Installation

Insbesondere bei der Steuerung von Wärmepumpen für den optimierten Eigenverbrauch von Solarstrom im EFH fehlt in der Planungs- und Installationsphase oft die übergeordnete Abstimmung zwischen Heizungsinstallateur, Elektriker und der Montagefirma der Solarstromanlage, besonders wenn die beiden Anlagen nicht innerhalb der gleichen Bauphase installiert werden.

Für die einheitliche Planung und Installation wäre ein standardisiertes Vorgehen für die elektrische Installation des Elektroheizstabs und die Kommunikation zur Solaranlage analog dem WPSM zu empfehlen.

Inbetriebnahme

Die Erkenntnisse der diesjährigen Qualitätsprüfung zeigen, dass die fachgerechte Inbetriebnahme der Systeme ein zentraler Bestandteil einer gut funktionierenden Heizungsanlage ist. Wichtig ist, dass auch bei zeitversetzten Installationen sämtliche Akteure für eine gemeinsame Inbetriebnahme aufgebildet werden. Nur so kann eine elektrische Funktionskontrolle mit abgestimmten Einstellungen der Wärmepumpe und der Photovoltaikanlage hinsichtlich Eigenverbrauch, Notheizung und Legionellenschaltung erfolgen.

Betrieb

Fossil betriebene Heizsysteme werden in regelmässigen Abständen verpflichtend durch den Kaminfeiger hinsichtlich Emissionen und effizienter Verbrennung begleitet. Erneuerbare Heizsysteme werden nach der Inbetriebnahme gänzlich dem Betreiber der Anlage überlassen. Doch auch bei diesen Systemen wäre eine regelmässige Effizienzkontrolle zu empfehlen.

5. Örtliche Einbindung der Wärmepumpe im urbanen Umfeld

In der diesjährigen Qualitätsprüfung ist die gute Integration der Wärmepumpen in den Gebäudebestand aufgefallen. Die Wärmepumpeninstallation kann mittlerweile in allen Umbausituationen eine Lösung darstellen. Besonders im sanierten Altbau wie in **Abbildung 3** dargestellt kann heute die Wärmepumpe z.B. im Innenhof, ohne Geräuschprobleme und ausreichend Komfort die bestehende Ölheizung ersetzen.



Abbildung 3: Beispiel für die gute Integration einer Wärmepumpenanlage in ein bestehendes Mehrfamilienhaus.