



ENERGIE
ZUKUNFT
SCHWEIZ

Betriebsoptimierung und Qualitätsprüfung energetische Fördermassnahmen 2022

Kanton Basel-Stadt und
Kanton Basel-Landschaft

Schlussbericht

Förderjahr der geprüften Anlagen: 2019 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, Projektleiter

Energie Zukunft Schweiz, 25. Januar 2023

Energie Zukunft Schweiz

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

Inhalt

1.	ZUSAMMENFASSUNG	2
2.	AUFTRAG UND VORGEHEN	3
3.	ERGEBNISSE	4
3.1	ELEKTROHEIZSTAB IM WARMWASSERSPEICHER	4
	3.1.1 Steuerung Heizstab über Verteilnetzbetreiber	5
	3.1.2 Steuerung Heizstab über eine externe Zeitschaltuhr	6
	3.1.3 Steuerung Heizstabs über Wärmepumpe	7
	3.1.4 Manuelle Schaltung des Heizstabs	8
	3.1.5 Steuerung Energiemanager (EMS)	11
	3.1.6 Wärmepumpenboiler	13
3.2	THERMISCHE DESINFEKTION VON WARMWASSER	14
3.3	NOTHEIZSTAB HEIZUNG	15
4.	EMPFEHLUNGEN FÜR DAS WEITERE VORGEHEN	16

1. Zusammenfassung

Energie Zukunft Schweiz (EZS) wurde im 2022 vom Amt für **Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft** mit der Durchführung von Qualitätsprüfungen mit anschliessenden Betriebsoptimierung bei 26 Wärmepumpen, 4 thermischen Solaranlagen und 3 Holzheizungsanlagen beauftragt.

Für das **Amt für Umwelt und Energie des Kanton Basel-Stadt** wurden 20 Wärmepumpen, gezielt auf einen möglichen ineffizienten Betrieb des Elektroheizstabs untersucht.

Zusammen mit den untersuchten Wärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft werden in diesem Bericht die Erkenntnisse zur Steuerung und zum Betrieb von Elektroheizstäben bei 46 Wärmepumpen aufgezeigt.

Bei fünf Wärmepumpen konnte ein unnötiger Betrieb des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher erkannt werden. Bei einer dieser Anlagen war der Elektroheizstab falsch verdrahtet. Bei zwei Anlagen lag der Fehler bei der Eigenverbrauchsoptimierung über den PV-Strom und zwei Anlagen waren unbemerkt im Handbetrieb aktiv.

Elektroheizstäbe welche ausschliesslich manuell geschaltet werden, weisen den häufigsten unkontrollierten Heizstabbetrieb auf. Ebenso scheint der vermehrte PV-Eigenverbrauch zur Warmwassererzeugung über den Elektroheizstab eine Herausforderung darzustellen. Dieser ist bereits in vergangenen Qualitätsprüfungen als Optimierungspotential erkannt worden.

50% der untersuchten Anlagen sehen eine wöchentliche thermische Desinfektion des Warmwassers vor. Nur bei einer Anlage, mit permanent 60°C - Nachwärmung über den Elektroheizstab werden die Vorgaben der seit November 2020 in Kraft getretenen neuen SIA385/1 zur Warmwasserdesinfektion eingehalten. Bei den übrigen Anlagen, die hier untersucht wurden konnte keine thermische Desinfektion des Warmwassers erkannt werden.

Die Herausforderungen bei der Installation des Elektroheizstabs bei Wärmepumpen resultieren, aus unserer Sicht aus uneinheitlichen Installationsvorgaben im Wärmepumpenmarkt, einer zunehmenden Steuerung von Elektroheizstäben für den PV-Eigenverbrauch sowie die Verschärfung der Hygienevorgaben bei der Warmwassererzeugung. Es wäre deshalb zu empfehlen, eine einheitliche Empfehlung zur elektrischen Steuerung von Heizstäben über die Wärmepumpen vorzugeben.

2. Auftrag und Vorgehen

Kanton Basel-Landschaft

Bei der diesjährigen Qualitätsprüfung mit anschliessender Betriebsoptimierung wurden auf Grund der grossen Fördermenge 26 Wärmepumpen der 33 Anlagen ausgewählt. Davon waren 18 Luft-Wasser Wärmepumpen und acht Sole-Wasser Wärmepumpen. Neun der 26 untersuchten Wärmepumpen haben eine Leistung $> 15 \text{ kW}_{\text{th}}$. Zusätzlich zu den Wärmepumpen wurden vier thermische Solaranlagen und drei Holzfeuerungsanlagen auf Optimierung 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 der Installateur dazu schriftlich aufgefordert.

Kanton Basel – Stadt

Im Kanton Basel-Stadt wurden acht Sole-Wasser, eine Wasser-Wasser und elf Luft - Wasser Wärmepumpen ausgewählt. Vier der Luft-Wasser-Wärmepumpen sind im urbanen Mehrfamilienhaus installiert. Das Vorgehen war analog dem Vorgehen im Kanton Basel-Landschaft hinsichtlich Betriebsoptimierung. Es wurde hier jedoch der Schwerpunkt auf die Untersuchung zur Steuerung und den Betrieb des Elektroheizstabs als Teil der Wärmepumpenanlage gelegt. Wurde erkannt, dass der Elektroheizstab bei der Begehung mit Spannung beaufschlagt war, wurde bei den Anlagen im Kanton Basel-Stadt eine Temperaturmessung im Warmwasserspeicher und am Vorlauf der Wärmepumpen vorgenommen um zu erkennen welches der beiden Heizsysteme die Speicherladung vollzogen hat. Die geprüften Wärmepumpen wurden zwischen 2019 und 2022 installiert. **Abb. 1** gibt einen Überblick über den Leistungsbe- reich dieser Wärmepumpen.

In diesem Bericht werden überwiegend die Erkenntnisse zur Steuerung und zum Betrieb von Elektroheizstäben bei den 46 Wärmepumpen aus den Kanton Basel-Stadt und Basel-Landschaft aufgezeigt.

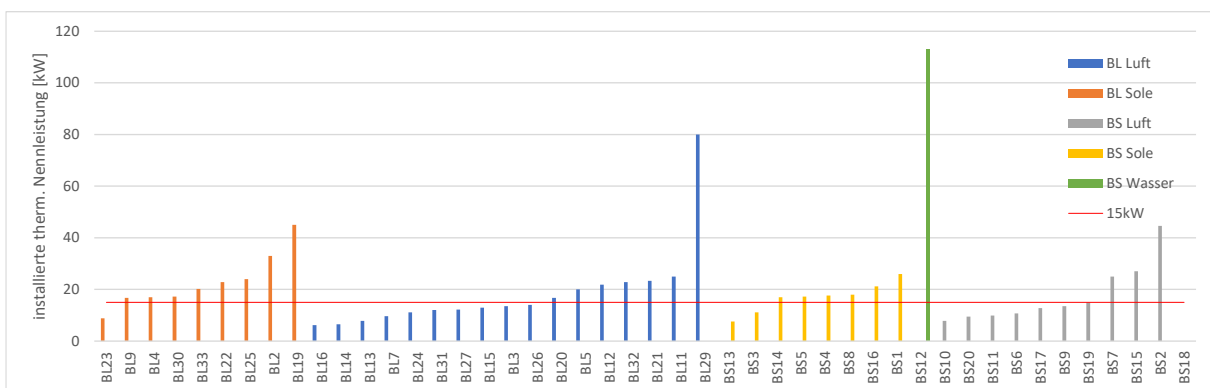


Abb. 1: Installierte thermische Leistung der untersuchten Wärmepumpen (Luft-WP: A-7/W35; Sole-WP: B0/W35; Wasser-WP: W10/W35)

3. Ergebnisse

Die Problematik des unkontrollierten Elektroheizstabbetriebs bei Heizungsanlagen mit Wärmepumpen wurde bereits in der kantonalen Qualitätsprüfung 2019 erkannt und wird hier vertieft betrachtet.

Uneinheitliche Installationsvorgaben, zunehmende Komplexität bei der Steuerung von Wärmepumpen für den PV-Eigenverbrauch sowie die Einhaltung der Hygienevorgaben bei der Warmwasseraufbereitung erweisen sich als Herausforderungen bei der elektrischen Installation von Wärmepumpen.

Da bei Holzfeuerungsanlagen ebenso ein Elektroheizstab im Warmwasserspeicher, vorwiegend für den Sommerbetrieb vorgesehen ist, gelten die hier aufgeführten Ergebnisse auch für diese Heizungsanlagen.

3.1 Elektroheizstab im Warmwasserspeicher

Vor Januar 2019 wurden überwiegend Handwahlschalter für die Steuerung des Elektroheizstabs im Warmwasserspeicher, über das Rundsteuersignal der Verteilnetzbetreiber (VNB) wie in **Tabelle 1** dargestellt installiert. Die Elektroheizstäbe werden im Niedertarif zwischen Mitternacht bis 6:00 Uhr über den VNB aktiviert. Das Warmwasser wird so zu einem grossen Teil elektrisch erzeugt. Der Betreiber der Heizungsanlage hat ausserdem die Möglichkeit am Handwahlschalter auf Tagbetrieb umzuschalten was eine 24 Stunden - Freigabe zur Folge hat.

Im Versorgungsgebiet der **EBL, Primeo und IWB** wurden ab Januar 2019 die regionalen Werkvorschriften so angepasst, dass die Steuerung von Warmwasserspeichern in Zusammenhang mit einer Wärmepumpe über den VNB aufgehoben wurde. Bei Wärmepumpen nach 2019 werden die Elektroheizstäbe im Warmwasserspeicher entweder nur mit einem Ein/AUS-Schalter wie in **Tabelle 4** ausgeführt oder sie werden, je nach Herstellervorgaben direkt über die Wärmepumpe wie in **Tabelle 3** bzw. über eine externe Zeitschaltuhr für die Warmwasserdesinfektion **Tabelle 2** gesteuert.

Da häufig die Hersteller der Wärmepumpe dem Installateur vorgeben, wie der Heizstab bei ihrem Produkt angesteuert werden soll, zeigen die vorgefundenen Varianten eine herstellereigene Charakteristik.

3.1.1 Steuerung Heizstab über Verteilnetzbetreiber

Da, die hier untersuchten Wärmepumpen alle nach 2019 installiert wurden, ist die Steuerung über den VNB nur noch in seltenen Fällen anzutreffen. **Tabelle 1** zeigt, dass im Kanton Basel-Landschaft noch drei Warmwasserspeicher, der 26 geprüften Wärmepumpen über das Steuersignal der VNB gesteuert werden können. Sie sind jedoch deaktiviert. Bei einer Wärmepumpe in Basel-Stadt wurde im Zuge des Heizungersatzes die bestehende Warmwassererzeugung über Elektroboiler beibehalten. Die Boiler werden hier deshalb noch immer über das Steuersignal der IWB gesteuert.

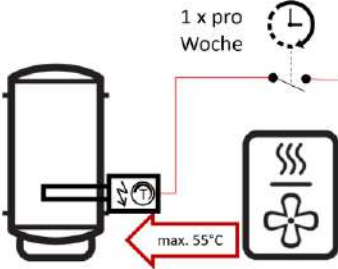



Tabelle 1: VNB-Steuerung des Heizstabs.

<p>VNB-Steuerung des Heizstabs im WW-Speicher mit täglicher Freigabe ab Mitternacht bis 6:00 Uhr und am Wochenende mit Thermostat am Heizstab.</p>			
Anlage	Steuerung Heizstabs	Therm. Desinfektion	
BL2 (MFH)	AUS über VNB-Schalter	keine	
BL11 (EFH)	AUS	keine	
BL33 (EFH)	AUS	keine	
BS2 (MFH)	Bestehende E-Boiler, VNB-Steuerung	1 x täglich	

3.1.2 Steuerung Heizstab über eine externe Zeitschaltuhr

Bei drei Wärmepumpenanlagen wurde eine externe Zeitschaltuhr, wie in der unten dargestellten **Tabelle 2** aufgeführt für die wöchentliche thermische Desinfektion installiert. Diese Art der Installation weist weniger Fehleranfälligkeit auf. Es wurde keine der hier geprüften Wärmepumpen mit einem überhöhten Heizstabbetrieb vorgefunden.

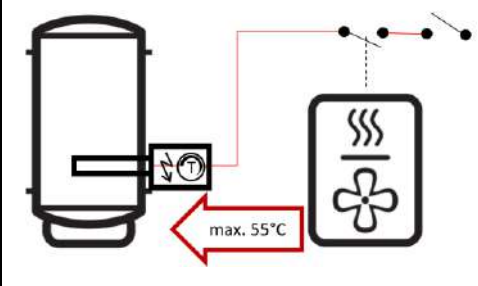
Tabelle 2. Steuerung des Heizstabs über Zeitschaltuhr.


Steuerung des Heizstabs über eine wöchentliche Desinfektion mit externe Zeitschaltuhr				
Anlage	Steuerung Heizstabs	Therm. Desinfektion		Thermostat
BL14 (EFH)	VNB -Steuerung 24 Std. EIN, aber Zeitschaltuhr Begrenzung auf 1 x pro Woche therm. Desinfektion.	1 x wöchentlich		60°C
BS11 (EFH)	Zeitschaltuhr Begrenzung auf 1 x pro Woche therm. Desinfektion.	1 x wöchentlich		Stufe 2
BS15 (MFH)	Zeitschaltuhr Begrenzung auf 1 x pro Woche therm. Desinfektion.	1 x wöchentlich		Stufe 2

3.1.3 Steuerung Heizstabs über Wärmepumpe

Die Steuerung des Heizstabs über die Wärmepumpe, wie in **Tabelle 3** dargestellt wurde bei 13 geprüften Wärmepumpen festgestellt. Alle Anlagen sind ohne ersichtlichen Dauerbetrieb des Heizstabes ausgeführt. Bei Anlage BL30 war der Thermostat am Heizstab ausgeschaltet, womit auch die eigentlich eingestellte Warmwasserdesinfektion deaktiviert ist.

Tabelle 3: Steuerung des Heizstabs über die Wärmepumpe.

Steuerung des Heizstabs über die Wärmepumpe, Schutzschalter und Thermostat am Heizstab			
Anlage	Steuerung Heizstabs	Therm. Desinfektion	Thermostat
BL25 (MFH)	AUS über WP-Regler, kann aber über den LegioStop-Schalter einmalig aktiviert werden.	1 x wöchentlich	60°C
BL26 (ZFH)	AUS über WP-Regler	1 x täglich	60°C
BL27 (EFH)	AUS über WP-Regler	keine	60°C
BL29 (Industrie)	AUS über WP-Regler	keine	60°C
BL30 (ZFH)	AUS über WP-Regler	1 x wöchentlich	AUS
BL31 (MFH)	Aus über WP-Regler	keine	60°C
BS8 (MFH)	Aus über WP-Regler	1 x wöchentlich	50%
BS1 (EFH)	AUS über WP-Regler	keine	60°C
BS7 (MFH)	nur für therm. Desinfektion mit Vorwärmung durch WP	Heizstab-Nachwärmung auf 60°C	60°C
BS12 (MFH)	AUS über WP-Regler	1 x wöchentlich	60°C

BS16 (MFH)	AUS über WP-Regler	1 x wöchentlich		60°C
BS18 (MFH)	AUS über WP-Regler	1 x wöchentlich		60°C
BS19 (EFH)	AUS über WP-Regler	1 x wöchentlich		60°C

3.1.4 Manuelle Schaltung des Heizstabs

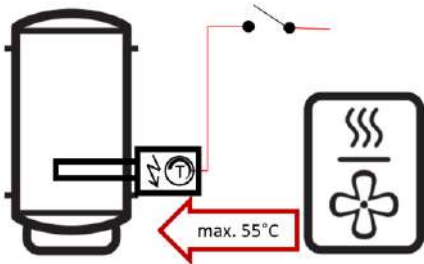

Die manuelle Steuerung des Heizstabs, üblicherweise über einen Schutzschalter, wie in **Tabelle 4** dargestellt wurde bei 14 geprüften Wärmepumpen installiert. Hier konnten drei Heizstäbe mit unkontrolliertem Betrieb vorgefunden werden. Ein Heizstab war zwar elektrisch installiert und eingeschaltet das Heizelement wurde aber nicht verdrahtet. Dadurch kann der Heizstabbetrieb zwar ausgeschlossen werden, die Funktion als Notheizung ist jedoch damit nicht möglich.

Bei drei dieser Anlagen war der Heizstab über den Schutzschalter eingeschaltet und die Temperatureinstellung am Elektroheizstab war auf 30°C bzw. abgestellt.

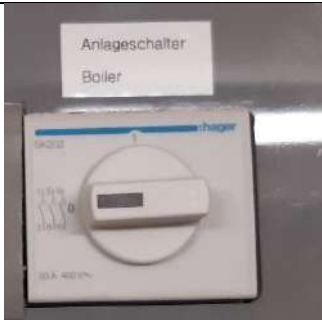


Die manuelle Schaltung über den Schutzschalter oder über den Thermostat kann dazu führen, dass nach einmaliger Aktivierung ein unerkannter Dauerbetrieb des Heizstabs folgt.

Bei einer der Wärmepumpen (BL7) war der Heizstab zwar aus, die Wärmepumpe hat jedoch ganzjährig einen 3000L- Kombispeicher auf 57°C erwärmt, was zu einer sehr schlechten Effizienz der Wärmepumpe führte.

Tabelle 4: Manuelle Steuerung des Heizstabs.

Nur manuell über einen Schutzschalter und dem Thermostat am Heizstab EIN/AUS				
Anlagen	Steuerung Heizstabs	Therm. Desinfektion		Thermostat
BL3 (MFH)	Wahrscheinlich geringer Heizstabbetrieb da das Handrad am Heizstab auf ca. 30°C war. Heizstab kann aber nur über Drehsicherungen deaktiviert werden.	keine		30°C

BL7 (ZFH)	AUS über Handschalter, aber WP belädt ganzjährig eines 3000L Speichers auf 57°C.	keine		?
BL19 (MFH)	EIN, auf Grund falscher Verdrahtung und Handrad am Heizstab war auf ca. 50%	keine		50%
BL32 (ZFH)	EIN über Schutzschalter, aber wahrscheinlich geringer Heizstabbetrieb, da das Handrad am Heizstab auf ca. 10% -Stellung war.	keine		10%
BL20 (EFH)	AUS über Schutzschalter	1 x wöchentlich manuell		60°C
BL23 (EFH)	Heizstab-Backup Solarthermieanlage	keine		
BL24 (MFH)	E-Boiler	keine		
BS3 (EFH)	AUS	keine		60°C
BS5 (EFH)	AUS	keine		Stufe 1
BS6 (EFH)	AUS: elektrische Installation ist ausgeführt aber der Heizstab ist nicht verdrahtet	keine		Stufe 1
BS9 (EFH)	Strombeaufschlagt, aber am Thermostat auf Null eingestellt.	keine		Null

BS13 (EFH)	AUS	keine		90%
BS14 (EFH)	AUS	keine		50%
BS17 (EFH)	Nicht angeschlossen	keine		-

3.1.5 Steuerung Energiemanager (EMS)

Die Steuerung des Heizstabs mit einem externen Energiemanager (EMS) wie in **Tabelle 5** dargestellt wurde bei sechs der geprüften Wärmepumpen angetroffen. Bei der einstrahlungsgeführten Steuerung der Wärmepumpe bestehen noch Herausforderungen. Bei unregelmässiger Einstrahlung würde der EMS die Wärmepumpe in einen ineffizienten Taktbetrieb versetzen. Deshalb wird überwiegend der Heizstab im Warmwasserspeicher für die PV-Eigenverbrauchsnutzung verwendet.




Bei zwei der geprüften Anlagen mit PV-Anlage und Eigenverbrauchsnutzung über die Heizungsanlage konnten Optimierungen erkannt werden. Die Anlage BS22 schaltete den Heizstab zwar immer nur ein, wenn Solarstrahlung vorhanden war, wie in der Messung in **Abb. 2** gezeigt wird, die Ansteuerung ging jedoch auf den Heizstab des Pufferspeichers welcher dadurch im Juni auf 60°C erwärmt wurde ohne Nutzung der Energie. Bei einer weiteren Anlage konnte in der Datenaufzeichnung des EMS ein Nachtbetrieb des Heizstabs erkannt werden.



Abb. 2: Messung der Pufferspeichertemperatur der mit einem EMS zur PV-Eigenverbrauchsoptimierung fälschlicherweise im Sommer beladen wird.

Tabelle 5: Steuerung des Heizstabs über einen Energiemanagers.

Steuerung des Heizstabs über einen Energiemanager mit PV-Eigenverbrauch.				
Anlage	Steuerung Heizstabs	Therm. Desinfektion		Thermostat
BL22 (MFH)	EIN, auch Lastspitzen in der Nacht ersichtlich. Hinweis-aufkleber auf Heizstab: «!Vorsicht Ansteuerung über RE und private Steuerung möglich!»	keine		Stufe 2



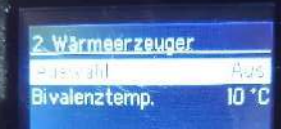
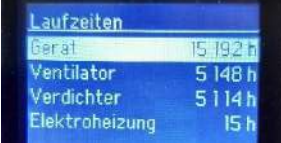
BS4 (EFH)	EIN: Pufferladung im Sommer auf 60°C statt WW-Speicher mit PV-Strom.	keine		
BL4 (EFH)	Heizstab war mit Strom beaufschlagt. Über das Temperatur-Handrad am Heizstab war der Heizstab aber auf Null eingestellt.	keine		
BL9 (MFH)	AUS, nur mit PV- Eigenverbrauch (SD-Karten Datenaufzeichnung geprüft)	keine		60%
BL13 (EFH)	AUS, nur mit PV -Eigenverbrauch aktiv	keine		50%
BL21 (MFH)	<u>Dauerbetrieb im ersten Jahr</u> , jetzt nur 1 x Woche therm. Desinfektion und PV-Eigenverbrauch (LAN-fähige Heizstäbe)	keine		100%

3.1.6 Wärmepumpenboiler

Bei den vier Wärmepumpenanlagen, welche zusätzlich zu den Heizungs-Wärmepumpen einen Wärmepumpenboiler installiert haben konnte kein überhöhter Heizstabbetrieb festgestellt werden.

Auf Grund winterlicher Vereisung der Dachrinne und des Eingangsbereichs bei Anlage BS10 über den Kaltluftaustritt am Luft Wasser – Wärmetauscher der Wärmepumpe wurde ein Heizband zur Enteisung installiert. Das Heizband war auch im Sommer aktiv und führte so zu unnötigen Stromverbrauch.

Tabelle 6: Untersuchte Wärmepumpenanlagen mit externen Wärmepumpenboiler.

<p>BS10 (EFH)</p>	<p>Auf Grund winterlicher Vereisung der Dachrinne und des Eingangsbereichs über den Kaltluftaustritt am Luft Wasser – Wärmetauscher der Wärmepumpe wurde ein Heizband installiert das auch im Sommer aktiv war.</p>	<p>1 x wöchentlich</p>	
<p>BL5</p>	<p>Heizstab AUS</p>	<p>keine</p>	
<p>BL12</p>	<p>Heizstab AUS</p>	<p>keine</p>	
<p>BL16</p>	<p>Heizstab nur für Desinfektion</p>	<p>1 x wöchentlich</p>	

3.2 Thermische Desinfektion von Warmwasser

Die SIA 385/1 «Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden Grundlagen und Anforderungen» sieht seit November 2020 vor, dass an keinem Punkt im gesamten Warmwassersystem die Temperatur von 55°C unterschritten werden darf. In kleinen Objekten können Speichertemperaturen von 58°C ausreichend sein um im gesamten Leitungssystem 55°C zu erreichen. Bei grösseren Objekten muss die Speichertemperatur jedoch über 60°C betrieben werden. Dies ist nicht mehr ausschliesslich über die Wärmepumpe möglich. Das Ziel wäre eine Vorwärmung des Warmwassers auf 55°C über die Wärmepumpe zu erreichen und eine Nachwärmung auf 60°C über den Heizstab.

Bei den geprüften Anlagen kann, wie in **Tabelle 3** aufgeführt, nur bei einer Anlage (BS7) diese Nachwärmung vorgefunden werden. Bei 11 weiteren Anlagen wurde eine wöchentliche Erhöhung, über eine Zeitschaltuhr bzw. ein Zeitprogramm vorgefunden. Bei 23 (50%) weiteren Anlagen ist keine Warmwasserdesinfektion vorgesehen.

Bei der aktuellen Breite an Steuerungsvarianten des Heizstabs im Warmwasserspeicher ist nicht klar zu sehen wie eine Nachwärmung zukünftig erfolgen soll. Sie müsste entweder über die Wärmepumpensteuerung im Zweitakt-Betrieb vorgegeben werden oder über einen Heizstab, der im oberen Drittel des Warmwasserspeichers platziert ist und entsprechend temperaturgeführt gesteuert wird. Zusätzlich kann aber über den manuellen Thermostatschalter am Heizstab, ohne exakte Temperaturskala wie in **Abb. 3** dargestellt die Nachwärmung beeinflusst werden.

Wird der Heizstab über einen externen Energiemanager für den Eigenstromverbrauch aus einer PV-Anlage gesteuert, ist die Warmwasser-Desinfektion im Winter offen, da in der Regel hier keine direkte Kommunikation zum Wärmepumpen-Regler vorliegt.



Abb. 3: Heizstab mit Thermostatschalter ohne Temperaturanzeige.

3.3 Notheizstab Heizung

Wärmepumpen selbst können noch mit einem speziellen Tarif über den VNB gesteuert werden, wie in **Abb. 4** der regionalen Werkvorschriften der **EBL, Primeo und IWB** beschrieben. Für den Heizbetrieb ist in der Regel zusätzlich ein Notheizstab im Puffer vorgesehen. Zur Kontrolle dieses Heizstabs wurde bei der, überwiegend in den Sommermonaten, ausserhalb der Heizperiode durchgeführten Begehungen, die Temperatur im Pufferspeicher überprüft, welche dann nahezu der Raumtemperatur entsprechen soll. Dabei ist nur bei der Anlage BS4 (siehe **Tabelle 5**) eine sommerliche Beladung des Pufferspeichers über den Heizstab aufgetreten. Die Ursache liegt hier, bei der versehentlichen Ansteuerung des Heizstabs im Puffer anstelle des Heizstabs im Warmwasserspeicher um den PV-Eigenverbrauch auch zu nutzen.

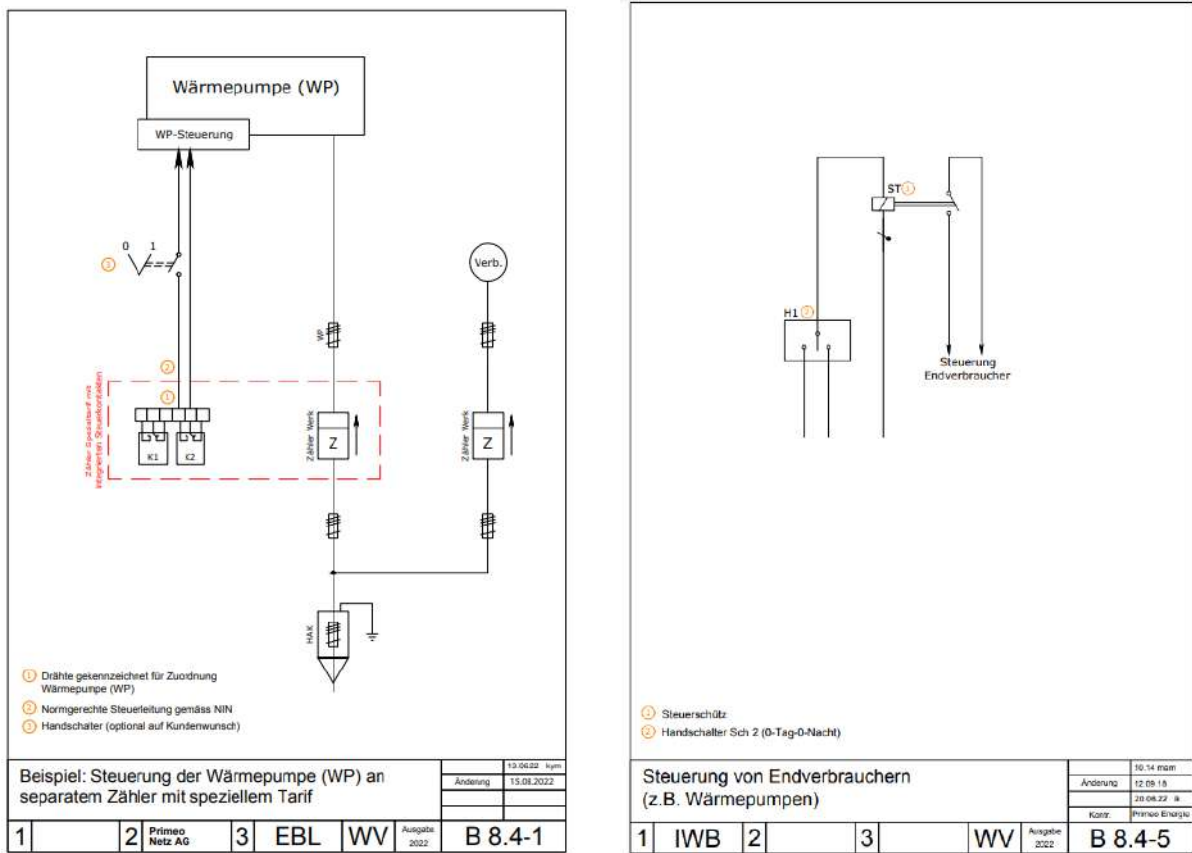


Abb. 4: Auszug aus den Regionalen Werkvorschriften der Verteilnetzbetreiber IWB, pPrimeo und EBL zur Steuerung von Wärmepumpenheizungen

4. Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Die Untersuchung der 53 Heizungsanlagen bzw. thermische Solaranlagen zeigt das weiterhin Potential zur **energetischen Betriebsoptimierung** besteht. Es wird empfohlen diese weiter zu führen. Insbesondere Wärmepumpen grösser als 15kW sind nicht von den Stichproben des WPSM betroffen und die energetischen Betriebsoptimierung innerhalb der ersten Betriebsjahre ist zu empfehlen.

Die vorliegende Untersuchung zur Steuerung des Heizstabs im Warmwasserspeicher von Wärmepumpenanlagen hat gezeigt, dass die meisten Probleme bei den Anlagen auftreten, bei denen der Heizstab manuell oder über einen Energiemanager für den PV-Eigenverbrauch gesteuert werden. Weniger Probleme treten bei den Anlagen auf bei denen der Heizstab über eine Zeitschaltuhr oder ein Zeitprogramm in der Wärmepumpe gesteuert werden. Es wäre deshalb zu empfehlen, eine einheitliche Empfehlung zur elektrischen Steuerung von Heizstäben über die Wärmepumpen vorzugeben.

Hinsichtlich der Umsetzung der Hygienevorgaben wäre die Steuerung des Heizstabes über die Wärmepumpe ebenso zu empfehlen, da nur über die Wärmepumpen-Regelung eine kontrollierte Nacherwärmung des Warmwassers über den Heizstab, ohne hydraulische Änderungen erreicht werden kann.

Um die Komplexität bei Wärmepumpen mit der vermehrten Nutzung von PV-Strom genauer zu untersuchen wird empfohlen bei ausgewählten Anlagen eine Betriebsoptimierung mit Messung des Heizstabbetriebs durchzuführen.