

Wegleitung, 18. Dezember 2020

Vorschlag zur Einbindung leistungsvariabler Wärmepumpen in WPesti



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Manuel Prinzing, OST – Ostschweizer Fachhochschule

Matthias Berthold, OST – Ostschweizer Fachhochschule

Michael Uhlmann, OST – Ostschweizer Fachhochschule

Mick Eschmann, OST – Ostschweizer Fachhochschule

Stefan Bertsch, OST – Ostschweizer Fachhochschule

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen. Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Zusammenfassung

WPesti («WP» für Wärmepumpe und «esti» für Schätzung, engl. estimate, erste Ausgabe 2003) berechnet anhand der Bedarfsdaten des Gebäudes sowie der Leistungsdaten der Wärmepumpe und Hilfsparameter zur Berücksichtigung der hydraulischen Einbindung der Wärmepumpe die zu erwartende Jahresarbeitszahl (JAZ). Das Programm beruht auf einer Betrachtung der Temperaturhäufigkeit-Bins (Binbreite 1K, heutige Grundlage ist die Norm SIA 384/3:2013), es wird aber auf eine Simulationsrechnung im Stundenschritt verzichtet. Die Erfahrung bei Feldmessungen aus der FAWA Studie zeigte, dass die Resultate dieser einfachen Berechnung auf Basis Microsoft Excel die Realität sehr gut abbildet. Mit dem Abgleich der Daten aus den aktuell durchgeführten Feldmessungen von Wärmepumpen zeigt sich nun, dass die in den letzten Jahren auf den Markt gekommenen leistungsvariablen Wärmepumpen im kleinen Leistungsbereich (<20kW) eine etwa 10-15 % bessere Jahresarbeitszahl aufweisen als mit WPesti (Version 8.3.13) vorausgesagt wird.

Mit dieser Arbeit wird ein Weg vorgeschlagen, die leistungsvariablen Wärmepumpen in diesem einfachen Berechnungsverfahren besser abbilden zu können. Es zeigte sich, dass die zunehmenden Softwarefunktionen der Wärmepumpen nicht in der Einfachheit abbildbar sind, zudem unterliegen diese Funktionen ständiger Änderung. Des Weiteren ist eine generelle Berechnung mittels Gütegrad-Methode für sämtliche Wärmepumpen nicht stimmig und ein detaillierter Datensatz zu jedem Wärmepumpenmodell wird von Seiten der Hersteller nicht zur Verfügung stehen.

Aus diesen Gründen wird zur Sicherstellung einer verlässlichen Datengrundlage der Wärmepumpenmodelle die künftige Verwendung der Prüfdaten nach EN14825 vorgeschlagen. Die Verantwortung der Datengrundlage beim Hersteller ist dadurch sichergestellt. Der Benutzer bestimmt mit seiner Auswahl der Wärmepumpenleistung die Dimensionierung bei den leistungsgeregelten Wärmepumpen. Die Hauptstruktur von WPesti inkl. des Berechnungsvorganges u.a. durch Interpolation und Verwendung der BIN-Klimadaten kann unverändert bestehen bleiben.

Die Klimaerwärmung hat nur ca. 5% Einfluss auf die Effizienzberechnung mit den hinterlegten BIN-Klimadaten.

Eine Übernahme der SCOP-Bildung ist nicht vorgesehen. Die einfache Berechnung der JAZ mit dem Exceltool WPesti stellt eine gute Prognose für die JAZ im eingebauten Zustand dar. Da der Einbau einer Wärmepumpe, die hydraulischen Verhältnisse und die Gebäudevoraussetzungen (Wärmebedarf und Wärmeabgabesystem) für die Effizienz der Wärmepumpe sehr entscheidend sind, ist die so berechnete JAZ gegenüber einem SCOP bei Gerätenormbedingungen für die Endkundschaft wie auch für Planende und das Installationsgewerbe viel aussagekräftiger.

Inhalt

1	Ausgangslage	6
1.1	Verwendung von WPesti.....	6
2	Arbeitsumfang	6
2.1	Intention	6
2.2	Zielsetzung und Einschränkung.....	7
3	Vorgangsweise mit Begleitgruppe	7
4	Einfluss der Leistungsregelung auf die Effizienz von Wärmepumpenanlagen	8
5	Feldmessungen vs. WPesti-Berechnung	9
5.1	Feldmessungen von Wärmepumpen	9
5.2	Einfluss Klima(-erwärmung).....	10
5.3	Heizkurve	10
5.4	Heizwärmeanteil.....	11
6	Herstellerdaten (EN14511, EN14825)	11
7	Berechnungsvorschlag	12
7.1	Interpolation aus EN14825 Prüfpunkten	12
7.2	Sonderfall: Quelltemperatur – Gütegrad vs. %-Regel	12
7.3	Einbindung Drehzahlvarianz	13
7.4	Minderungsfaktoren	13
8	Schlussbemerkung	13
	Literaturverzeichnis	14
9	Anhang	15
9.1	Anteil Heizwärmebedarf am Gesamtwärmebedarf	15
9.2	Klimaerwärmung vs. BIN Klimadaten WPesti	16
9.3	Heizkurve Feldmessungen vs. WPesti	17
9.4	Feldmessungen vs. WPesti-Berechnung.....	18
9.4.1	Luft/Wasser-Wärmepumpen	18
9.4.2	Sole/Wasser-Wärmepumpen.....	19
9.5	EN14825 Datenpunkte.....	20

9.6	Betrachtung Gütegrad verschiedener Wärmepumpen	21
9.7	Vergleich Gütegrad, 2.5% und 3.0% Regel	26
9.8	Abgleich Feldmessenanlagen mit EN14825	28

1 Ausgangslage

1.1 Verwendung von WPesti

Das Berechnungsprogramm WPesti ist im Auftrag des AWEL / Abteilung Energie, FWS und des Vereins Minergie im Jahr 2003 entwickelt und fortlaufend aktualisiert bzw. nach neuen Vorschriften wie der SIA 384/3 angepasst. Das einfach zu bedienende Exceltool schätzt die Jahresarbeitszahl (JAZ) von Wärmepumpenanlagen anhand einiger Gerätedaten der Wärmepumpe (WPZ-Messung) und diversen weiteren Parametern (z.B. Vorlauftemperatur, Speicher, Zusatzheizung und Sondenlänge). Damit grenzt sich das Berechnungsprogramm von reinen Prüfstandsmessungen und den Ergebnissen nach Prüfnorm, insbesondere der heutigen Energieetikette, welche den SCOP in einem Standardgebäude darstellt, ab. Die Zielsetzung von WPesti ist es, alleine mit den in einem frühen Planungsstadium bekannten Kennwerten (basierend auf der Norm SIA 380/1 (EN 13790), Monatsmethode und auf den Prüfstellen-Messwerten) die Arbeitszahl einer Wärmepumpenanlage im Gebäude zu berechnen. Die Übereinstimmung der Berechnungswerte mit den tatsächlichen Betriebsdaten der Wärmepumpen im Feld ist mit der FAWA-Studie verifiziert. Dies betrifft jedoch nur die damals verfügbaren On/Off Wärmepumpen ohne Leistungsregulierung. Daten von neuen Wärmepumpenmodellen werden vom Hersteller via Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) aufgenommen und periodisch in der Datenbank aktualisiert [1].

2 Arbeitsumfang

2.1 Intention

Heute werden vermehrt leistungsvariable Wärmepumpen eingesetzt. Bei diesen Anlagen besteht der Eindruck, dass das etablierte Tool WPesti die Effizienzwerte der neuen leistungsvariablen Wärmepumpen etwas zu konservativ abschätzt. Die Höhe der tatsächlichen Abweichung zwischen den Werten von WPesti und den aktuellen im Feld gemessenen Betriebszahlen ist jedoch unklar. Zudem bestehen Unsicherheiten bei Planern und Installateuren bezüglich der korrekten Integration und Auslegung von leistungsvariablen Wärmepumpen. Von dieser Seite besteht der Wunsch einer besseren Abbildung der neuen Wärmepumpentechnologie im WPesti. Daraufhin hat die EnFK beim BFE ein Fördergesuch eingereicht, um leistungsregulierte Wärmepumpen auf dem Prüfstand auszumessen. Das WPZ könnte diese Forschungsarbeiten anbieten, erachtet diese jedoch aufgrund der Vielzahl an möglichen Szenarien als sehr aufwändig. Eine Kontrolle und Empfehlung basierend auf Daten aus den aktuellen Feldmessungen wird als zweckmässiger angesehen. Die Annahme ist, dass die Datengrundlage aus den Feldmessungen ausreicht, um die bestehende Methodik zu evaluieren und eine Methodik zur besseren Abbildung leistungsvariable Anlagen ableiten zu können.

2.2 Zielsetzung und Einschränkung

Im Rahmen dieses Projekts sollen die folgenden Ziele erreicht werden:

- Überprüfung der Effizienzberechnung mit WPesti mittels Daten aus den Feldmessungen (im Auftrag EnergieSchweiz) im Blindtest, siehe Kapitel 5
- Erarbeitung einer Methodik, um leistungsvariable Maschinen in WPesti zu integrieren
- Diskussion weiterer zukünftiger Anforderungen an WPesti mit der Begleitgruppe
- Einsatz der Begleitgruppe auch zur Diskussion zukünftiger Anforderungen an WPesti
- Erstellung einer Wegleitung (in Anlehnung an die Empfehlung des SVGW „Wärmeerzeugung mit gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen – Berechnungsmodell“)
- Vernehmlassung der Wegleitung in der Begleitgruppe

Mit diesem Aufgabenpaket wurde der Leistungsumfang klar abgegrenzt: Die Einbindung leistungsregulierten Wärmepumpen soll verbessert werden, damit entsprechend die erwartete Effizienz noch besser abgeschätzt werden kann. Ein genereller Vorschlag zur Überarbeitung des WPesti betreffend weiteren Einflussfaktoren (u.a. Softwarefunktionen wie reduzierter Nachtbetrieb aus Schallschutzgründen, die Art der hydraulischen Einbindung sowie Bivalentanlagen und Einbindung mit Solarthermie) ist nicht oder nur am Rande vorgesehen. Insbesondere die Softwarefunktionen (Regelung von Wärmepumpen) sind sehr variabel und nicht einfach für sämtliche Wärmepumpenmodelle und langfristig verlässlich abbildbar. Die tatsächlichen Einstellungen vor Ort sind kaum überprüfbar, zudem können die Funktionen durch Updates der Hersteller jederzeit verändert werden. Diese Problematik mit der tatsächlichen Reglereinstellungen im Feld zeigt sich auch bei der Hydraulik. Bei einer leistungsvariablen Wärmepumpe kann/wird im WPesti bereits jetzt die Überhöhung durch eine Hysterese auf 0K gesetzt, viele Wärmepumpen werden jedoch standardmässig noch mit einer 5 K Voreinstellung in Betrieb genommen.

Im Verlauf dieser Arbeit hat sich die Komplexität aufgrund der verschiedenen Varianten der Aufladung des Trinkwassers herausgestellt (sowohl für herkömmliche on/off Anlagen als auch für leistungsvariable Maschinen). Insbesondere die Legionellenschaltung erschwert den Abgleich zu den Feldmessungen, siehe Kapitel 5.4. Aus diesem Grund liegt der Fokus und Abgleich der Erarbeitung dieser Wegleitung auf dem Heizbetrieb der Wärmepumpenanlagen, welcher nach wie vor energetisch den Hauptteil darstellt. Der Berechnungsvorschlag in Kapitel 7 kann jedoch auch für die Aufladung angewendet werden.

3 Vorgangsweise mit Begleitgruppe

Die Erarbeitung dieser Wegweisung zur Einbindung von leistungsgeregelten Wärmepumpen ist mit der Unterstützung einer Begleitgruppe erfolgt. Die Teilnehmenden waren:

- Marc Bäschmann, FWS, marc.baetschmann@fws.ch
- Andreas Genkinger, FHNW / FWS, andreas.genkinger@fhnw.ch

- Christoph Gmür, AWEL Abt. EnergieKanton Zürich, christoph.gmuer@bd.zh.ch
- Peter Hubacher, FWS, peter.hubacher@fws.ch
- Arthur Huber, Huber Energietechnik AG, arthur.huber@hetag.ch
- Rita Kobler, Bundesamt für Energie, rita.kobler@bfe.admin.ch
- Stephan Peterhans, FWS, stephan.peterhans@bluewin.ch
- Alfons de Stefani, Adapt GmbH Chur, alfons.de-stefani@adapt.swiss
- Désirée Stocker, Systemtechnik, desiree.stocker@g-t-a.ch

Innerhalb dieser Begleitgruppe sind die Erkenntnisse aus dem Abgleich der Feldmessdaten und die möglichen Berechnungsmethoden diskutiert und besprochen worden. Bedingt durch die epidemiologische Lage konnten keine persönlichen Treffen stattfinden. Der Austausch erfolgte per Microsoft Teams sowie bilateral per Telefon und Mail. Insgesamt sind vier Sitzungen durchgeführt worden.

4 Einfluss der Leistungsregelung auf die Effizienz von Wärmepumpenanlagen

Für beide Wärmepumpentypen (LW-WP und SW-WP) zeigt sich ein starkes Marktwachstum von leistungsvariablen Geräten. Mit den aktuellen Feldmessungen (Kapitel 5) können nun tatsächlich erreichte Effizienzsteigerungen bei LW-WP gegenüber einstufigen on/off Geräten von bis zu 20 % (typischerweise 10-15 %) im Niedertemperaturbereich bestätigt werden [2]. Im Gegensatz dazu zeigte eine frühere Feldmessung kaum eine Effizienzsteigerung gegenüber der herkömmlichen einstufigen on/off Technologie [3]. Dies führt zum Schluss, dass leistungsvariable Wärmepumpen in den letzten Jahren massive Fortschritte erzielt haben.

Folgende Einflussfaktoren der Leistungsregelung sind auf die Effizienz der Wärmepumpenanlage zu nennen (nicht abschliessend):

- Unterschiedliche Wärmebelastung der Wärmeübertrager (Wärmestromdichte)
- Geringere Temperaturüberhöhung durch Nachfahren der Heizkurve ohne Hysterese
- Modulationsverhalten, insbesondere beim Start und einer Soll-Ist Temperaturabweichung
- Vereisungsverhalten und Abtauhäufigkeit bei LW-WP
- Luftstromverteilung / Luftkurzschluss bei verringerter Luftwurfweite bei LW-WP
- Motorwirkungsgrad des Verdichters
- Funktionsweise und Verluste des Frequenzumformers
- Drehzahlanpassung der Quellenpumpe bei SW-WP, Ventilator bei LW-WP sowie der Senkenpumpe

5 Feldmessungen vs. WPEsti-Berechnung

5.1 Feldmessungen von Wärmepumpen

Mit den seit 2016 durchgeführten Feldmessungen von Wärmepumpen im Auftrag von EnergieSchweiz stehen insgesamt folgende Wärmepumpentypen für die Auswertungen zur Verfügung, der Schwerpunkt liegt dabei selbsterklärend bei den leistungsvariablen Geräten:

- Luft/Wasser-Wärmepumpen: vier on/off sowie sieben leistungsvariable Typen
- Sole/Wasser-Wärmepumpen: zwei on/off sowie fünf leistungsvariable Typen

Die gemessenen Betriebsdaten der Feldanlagen dienen zum Abgleich des Status Quo der WPEsti Berechnung sowie zur Verifikation einer neuen Berechnungsvorschrift. Bedingt durch die vergangenen sehr milden Winter sind bei den neu aufgenommenen Anlagen wenig Betriebszeiten im Frostbereich aufgetreten. Beachtet werden muss die unterschiedliche Betrachtung der Systemtemperaturen: Bei den Feldmessungen werden die Vor- und Rücklauftemperaturen direkt am WP-Abgang gemessen, im WPEsti wird die Heizkurve für das Wärmeabgabesystem eingegeben, siehe Kapitel 5.3. Die ermittelten JAZ Werte im WPEsti zu den Feldmessungen sind jedoch vergleichbar. Im WPEsti werden die tatsächlich von der Wärmepumpe gelieferten Vorlauftemperaturen eingegeben.

Der erste Abgleich der Feldmessdaten mit den Berechnungen im WPEsti (Version 8.3.13) hat für On/Off Luft/Wasser-Wärmepumpen sehr gute Übereinstimmungen bezüglich der Effizienz (JAZ) im Heizbetrieb gezeigt (durchschnittlich 2 % zu hoch berechnete Werte). Diese gute Übereinstimmung ist jedoch mit dem deutlich wärmeren Klima in der Feldmessung zu prüfen, siehe Kapitel 5.2. Leistungsvariable LW-WP werden hingegen deutlich zu konservativ, absolut bis -19% (durchschnittlich -10%) ohne Klimakorrektur, berechnet.

Bei On/Off Sole/Wasser-Wärmepumpen ergeben sich Abweichungen bis 14 %, hierbei liegen jedoch nur zwei identische Wärmepumpenmodelle vor. Die leistungsvariablen Sole/Wasser-Wärmepumpen weisen Abweichungen mit bis zu -15% (durchschnittlich -6%). Einen schnellen Überblick liefert die folgende Tabelle, Details sind im Anhang 9.4 abgebildet.

Anlage	on/off LW						n.-reg LW						
	F001	F001	F001	F008	F008	F003	F003	F012	F016	F016	F017	F023	
Jahr	HS 17/18 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	
ERGEBNISSE WPEsti													
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	JAZ _n =	3.50	3.49	3.48	3.74	3.75	3.37	3.28	2.74	2.88	2.90	4.22	3.35
MESSWERTE Feldmessung													
JAZ ₊ Heizten [-]	JAZ _{Heizen} =	3.51	3.55	3.7	3.61	3.76	3.72	3.73	3.37	3.34	3.43	3.94	3.75
ABWEICHUNGEN Feldmessung zu WPEsti													
JAZ ₊ Heizten [-]		4%	4%	1%	4%	0%	-9%	-12%	-19%	-14%	-11%	7%	-11%

Anlage	on/off SW			n.-reg SW						
	F007	F007	F019	F002	F002	F013	F013	F014	F014	F022
Jahr	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)
ERGEBNISSE WPEsti										
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	4.66	4.65	5.01	6.42	6.50	5.04	5.31	4.36	4.44	4.63
MESSWERTE Feldmessung										
JAZ ₊ Heizten [-]	5.38	5.39	5.35	6.22	6.31	5.93	6.17	4.7	4.79	4.95
ABWEICHUNGEN Feldmessung zu WPEsti										
JAZ ₊ Heizten [-]	-13%	-14%	-6%	3%	3%	-15%	-14%	-7%	-7%	-6%

Tabelle 1: Abgleich WPesti Berechnung mit den Messdaten aus den Feldmessungen, oben LW-WP und unten SW-WP

Somit kann mit zwölf drehzahlvariablen Wärmepumpen aus der Feldmessung die Notwendigkeit dieser Arbeit im Kapitel 2.1 bestätigt werden: Die neue Wärmepumpentechnologie wird im WPesti im Vergleich zu On/Off Maschinen zu konservativ berechnet.

5.2 Einfluss Klima(-erwärmung)

Mithilfe der Feldmessdaten ist eine Überprüfung der Klimaerwärmung auf die Effizienzberechnung des WPesti möglich. Im WPesti wird die BIN-Methode gemäss SIA 384/3 auf Basis der verfügbaren Meteostationen nach SIA Merkblatt 2028 verwendet. Diese Methode wird für (fast) sämtliche normanwendenden Berechnungen genutzt. Durch die hochaufgelösten Messdaten der Feldmessung sind die Meteo-BIN-Daten für eine zweite Analyse durch die tatsächlich gemessenen Temperaturen und deren Stundenverteilung ersetzt worden. Die Änderung der im WPesti berechneten Effizienz ist somit auf das mildere Klima zurückzuführen. Gründe dafür sind die geringeren Vorlauftemperaturen sowie bei Luft/Wasser-Wärmepumpen die höhere Quelltemperaturen und geringere Anzahl an nötigen Abtauungen. Der Abgleich mit verschiedenen Anlagen hat jedoch eine Effizienzverbesserung von lediglich 4 - 7 % gezeigt, gleichermassen für on/off und leistungsvariable Anlagen. Ein Vergleich ist im Anhang 9.2 dargestellt. Hierbei ist exemplarisch eine Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage in naher Umgebung zu der Meteostation Vaduz dargestellt.

Die im vorherigen Kapitel leicht zu hoch berechneten Effizienzwerte im WPesti werden somit u.a. durch die Klimaerwärmung kompensiert. Weitere Effekte sind eine höhere tatsächliche Raumtemperatur gegenüber der Auslegung nach SIA 380/1 und damit mehr Betriebsstunden bei wärmeren Aussentemperaturen und einer höheren Effizienz. In der Gesamtberechnung ist im WPesti keine Änderung nötig, da sich beide Effekte kompensieren. Anders formuliert, sollten im WPesti die BIN-Temperaturwerte aktualisiert werden ergeben sich zu hohe Effizienzwerte für on/off LW-WP.

5.3 Heizkurve

WPesti benötigt für die Berechnung die Eingabe der Vorlauf- und Rücklauftemperaturen bei -8°C gemäss Einstellung am Wärmepumpenregler. Aus den Feldmessungen sind diese Einstellungen an der Wärmepumpe jedoch nicht bekannt. Daher sind die gemessenen Temperaturen am WP-Vorlauf analysiert worden. Bedingt durch die warmen Winter ohne tiefe Tagesfrostwerte wurde die ermittelte Heizkurve auf -8°C extrapoliert. Insbesondere bei einer steilen Heizkurve mit wenigen Messdaten bei kalter Witterung ergibt sich dadurch eine höhere Unsicherheit, Auszüge sind im Anhang 9.3 dargestellt. Auffallend ist hierbei auch ein unterschiedliches Temperaturverhalten gegenüber der hinterlegten Berechnung im WPesti. Bei dieser werden deutlich höhere Vorlauftemperaturen in der Übergangszeit bei on/off Wärmepumpen verwendet. Die Feldmessung zeigt hingegen bei diesem Wärmepumpentyp ebenfalls einen linearen Verlauf der tatsächlich gemessenen Temperaturen am Abgang der Wärmepumpe

5.4 Heizwärmeanteil

In der Theorie wird vermehrt von einem immer grösseren Anteil des Trinkwarmwasserbedarfs am gesamten Wärmebedarf eines Objektes ausgegangen. Der tatsächlich geringere Bedarf an Trinkwarmwasser ist u.a. aufgrund der deutlich tieferen Belegung der Gebäude (weniger Personen je m²) zurückzuführen. In der aktuellen Feldmessstudie ist jedoch selbst in Neubauten der Anteil begrenzt. Der Heizwärmeanteil am Gesamtwärmebedarf variiert von mind. 65 % im Neubau mit überdurchschnittlichem Trinkwarmwasserbedarf bis max. 92 % im unsanierten Bestandsgebäude mit geringer Belegung. Details sind im Anhang 9.1 enthalten.

6 Herstellerdaten (EN14511, EN14825)

In der derzeitigen WPesti Berechnungsgrundlage der verschiedenen Wärmepumpenmodelle werden von den Herstellern Daten nach Prüfnorm EN14511 sowie erweiterte Prüfpunkte bei A20W35 und A20W55 benötigt. Diese langjährige Prüfnorm ist für on/off Wärmepumpen konzipiert. Die Senkenvorlauftemperaturen sind stets konstant bei 35 bzw. 55°C.

Mit der nach EN14825 durchgeführten Prüfung und Leistungsbemessung unter Teillastbedingungen (siehe Tabelle 2) und Berechnung der saisonalen Arbeitszahl von Wärmepumpen werden heute und vor allem zukünftig nur noch diese Prüfpunkte als Berechnungsgrundlage vorliegen. Viele Hersteller lassen ihre Geräte nur noch nach dieser Norm am Wärmepumpentestzentrum in Buchs vermessen. Nach EN14825 werden die Wärmepumpen für den hiesigen Markt nach dem mittleren Klimamodell mit der Temperaturanwendung low (35°C) oder medium (55°C) bei verschiedenen Teillastbedingungen und unterschiedlicher Vorlauftemperatur gemessen und deklariert. Eine Übersicht der neuen Prüfpunkte ist im Anhang 9.5 ersichtlich. Bei den Prüfpunkten nach EN14825 definiert der Hersteller die Leistung bzw. Drehzahl der Wärmepumpe im Auslegepunkt (P_{rated}) wodurch das Regelverhalten (die Software der Wärmepumpe) bei Prüfbedingungen abgebildet wird. In der Praxis kann sich jedoch ein anderes Regelverhalten darstellen (nach Start Volldrehzahl, schnell auf Minimum, Abschaltung; statt Modulation vermehrt Taktbetrieb).

Bei den Rechercharbeiten zum Abgleich der WPesti Berechnung mit den Feldmessungen konnte bei einigen Anlagen eine Unstimmigkeit mit den hinterlegten Berechnungsdaten und den Katalogdaten festgestellt werden. Dieser Eindruck ist auch von der Begleitgruppe bestätigt worden: Bei der Angabe der Gerätedaten wird heute zwischen den Prüfnormen EN14511 und EN14825 vermischt. Bei der Datenbeschaffung war es jedoch eindeutig feststellbar, dass Daten gemäss EN14825 einfacher erhältlich sind.

Als Besonderheit hat sich die Deklaration bei Wärmepumpenmodellen mit identischer Hardware bei unterschiedlichen Leistungsklassen (Softwarelimitierung) herausgestellt. Diese Modelle weisen eine gleiche Energieetikette aus, die maximale Heizleistungen unterscheiden sich jedoch entsprechend der Modellnamen. Dies konnte u.a. bei drei aktuellen Modellen namhafter Hersteller festgestellt

werden. Diese Thematik wird durch Mick Eschmann in die Gütesiegelkommission zur Überprüfung eingereicht.

7 Berechnungsvorschlag

7.1 Interpolation aus EN14825 Prüfpunkten

Unter Berücksichtigung der Änderung der Prüfbedingungen wird für zukünftige neue Wärmepumpenmodelle im WPesti die Anpassung der Eingabedaten empfohlen. Diese Daten werden von zertifizierten Prüflaboren ermittelt und stellen damit eine unabhängige und verlässliche Datenquelle dar. Die Hersteller benötigen diese Daten für die verpflichtenden Deklaration der Energieetikette und sollten somit verfügbar sein. Die Möglichkeit weitere (freiwillige) Messpunkte wie bisher aufzunehmen, z.B. A20W55, bleibt selbstverständlich bestehen.

Mit der Verwendung der EN14825 Prüfpunkte für low und medium Temperaturanwendung sollen nur Messdaten bei verschiedenen Betriebs- und Teillastbedingungen verwendet werden. Es stehen somit insgesamt 10 Stützstellen je Wärmepumpe zur Verfügung (Anhang 9.5). Bei der bisherigen EN14511 waren es 8 Stützstellen. Es soll nicht die in der Norm enthaltene Berechnung der saisonalen Arbeitszahl (SCOP) übernommen werden. Die Berechnung der JAZ wird nach wie vor im WPesti durchgeführt.

Im Anhang 9.6 ist als Ergänzung eine Betrachtung der Gütegrade von verschiedenen Wärmepumpenmodellen, drei LW-WP und zwei SW-WP in den gleichen Arbeitspunkten dargestellt. Es ist ersichtlich, dass jedes Wärmepumpenmodell einen eigenen charakteristischen Gütegradverlauf aufweist. Mit dieser Erkenntnis ist eine mögliche Berechnungsvorschrift unter Verwendung der Gütegradberechnung verworfen worden. Für jedes Wärmepumpenmodell würde eine eigene detaillierte Messdatenmatrix benötigt werden. Mit solch einer umfangreichen Matrix kann jede einzelne Wärmepumpe zwar genauer abbilden. Dafür müssten jedoch umfangreiche Daten zu den Arbeitspunkten eingefordert werden. Dies kann hinsichtlich EU-Recht eine Marktbehinderung darstellen. Ausserdem besteht mit der reinen Verwendung der EN14825 Datenpunkte eine Vollzugsfähigkeit mit welcher der Hersteller haftbar gemacht werden kann. Daher ist nach Absprache der Begleitgruppe eine Wegleitung unter Verwendung von Normprüfpunkten nach der EN14825 entschieden worden.

Wie bereits in der jetzigen Berechnungsmethodik im WPesti soll die für das Gebäude spezifisch benötigte Vorlauftemperatur aus den vorhandenen Prüfdaten interpoliert werden. Neu sind dabei die Prüfdaten nach EN14825 mit den beiden Temperaturanwendungen low und medium zu verwenden. Positiv ist hierbei der geringere Temperaturabstand zur Heizkurve bei den EN14825 Prüfdaten zu nennen. Im Anhang 9.8 ist ein Vergleich der Messdaten mit den Prüfdaten dargestellt.

7.2 Sonderfall: Quelltemperatur – Gütegrad vs. %-Regel

Die Prüfung von Sole/Wasser-Wärmepumpen nach EN14825 erfolgt ausschliesslich bei 0°C Soleeintrittstemperatur (B0). Für die Berechnung im WPesti nach den tatsächlichen

Sondentemperaturen ist eine Korrekturberechnung der Effizienz notwendig. Im Anhang 9.7 sind die verschiedenen Möglichkeiten (Gütegrad oder %-Regel) zur Umrechnung der Effizienz ausgehend von dem vorhandenen Prüfpunkt bei Soletemperatur B0 anhand der Katalogdaten der Hoval UltraSource (8) durchgerechnet. Die farbigen Kurven sind Berechnungswerte je nach Methode mit Gütegrad, 2.5% oder 3.0% Rechenformel, grau gepunktet die vom Hersteller angegebenen Messwerte zur Überprüfung der Übereinstimmung. Es ist zu erkennen, dass die Gütegradmethode bei der Temperaturanwendung low (35°C) gut übereinstimmt. Bei der Temperaturanwendung medium (55°C) noch ausreichend genau. Die derzeitige Berechnung der Quelltemperatur im WPesti erfolgt ebenfalls nach der Gütegradmethode. Mit dieser Überprüfung kann an dieser Methode festgehalten werden.

7.3 Einbindung Drehzahlvarianz

Den Herstellern bzw. Inverkehrbringer der Wärmepumpen wird die Möglichkeit der Eingabe weiterer Datenpunkte des gleichen Wärmepumpenmodells bei geringerer Drehzahl / Leistung angeboten. Diese zusätzlichen Modelle sollten dann in der Eingabemaske für den Anwender des WPesti auswählbar sein. Damit bestimmt der Anwender die Leistungsdimensionierung. Eine zu geringe Leistung führt dabei zu einer Unterdeckung bei kalter Witterung und die Kompensation durch den elektrischen Heizstab. Alternativ besteht auch die Einbindung von bivalenten Anlagen. Da diese Wärmepumpen bereits bei leicht kälteren Aussentemperaturen auf einer höheren Teillastprozentzahl arbeiten, wären hierfür Daten des Herstellers bei höherer Drehzahl hilfreich. Eine massive Überdimensionierung hat die Anwendung der Minderungsfaktoren zur Folge. Mit dieser Umsetzung bleibt die Aufgabenverteilung für das WPesti klar: Der Hersteller ist für korrekte WP Daten zuständig, der Anwender bestimmt im Tool die Dimensionierung der WP für das Gebäude.

7.4 Minderungsfaktoren

In der Übergangszeit bzw. bei einer wesentlichen Überdimensionierung von leistungsvariablen Wärmepumpen tritt aufgrund einer zu grossen Heizleistung gegenüber dem Heizwärmebedarf ein Taktbetrieb der Wärmepumpe auf. Hierfür sieht die EN14825 in den Kapiteln 8.4.2 und 8.4.3 einen Minderungsfaktor (Cdh) vor. Dieser darf gemessen werden, ansonsten wird der Standardwert 0.9 verwendet. In der Berechnungsmethode von WPesti muss dieser zusätzliche Verminderungsfaktor berücksichtigt werden, da derzeit im Tool bereits ein eigener Minderungsfaktor beim Takten angewendet wird. Es gilt eine doppelte Verwendung der Faktoren zu vermeiden.

8 Schlussbemerkung

Mit dieser Arbeit konnte insbesondere mit dem Abgleich der Messdaten aus der aktuellen Feldmessung von Wärmepumpen eine tatsächliche verminderte Effizienzberechnung von leistungsvariablen Wärmepumpen im WPesti festgestellt werden. Des Weiteren ist eine Unklarheit über die korrekte Datenlieferung der Hersteller für die WPesti Datenbank vorhanden. In diesem

Bericht wird eine mögliche Methode zur Anpassung des WPesti vorgestellt. Mit der Verwendung der Prüfdaten nach EN14825 besteht eine klare Verantwortungsteilung. Der Grundgedanke und Umsetzung des Tools bleibt mit diesem Vorschlag unverändert erhalten, es findet keine Übernahme der SCOP Berechnung statt.

Literaturverzeichnis

[1] Huber, A. & Stalder, M., 24. August 2018. Rechenmethode WPesti, Handbuch mit Beispielen Version 8.3.

[2] Prinzing, M., Berthold, M., Bertsch, S., 29. November 2019. Ausblick auf mögliche Entwicklungen von Wärmepumpen-Anlagen bis 2050, Bern: Bundesamt für Energie.

[3] Hubacher, P. & Bernal, C., 2015. Feldmessungen an leistungsgeregelten Wärmepumpen und Warmwasser-Wärmepumpen, Bern: Bundesamt für Energie.

9 Anhang

9.1 Anteil Heizwärmebedarf am Gesamtwärmebedarf

Für die Verknüpfung ("N") bei Besten Objekt-ID	HGT_Aus	Eth_Gesamt		Eth_Heizen		Eth_AL		WNG		WNG_Heizen		WNG_Aufladung		Anteil_Heizenergie		HWB		TWWB		JAZ+		JAZ+ Heizen	
		51	52	53	202	203	204	205	210	211	221	222											
1	HGT_20_12	12'924	8'444	4'480	3.07	3.44	2.55	65%	30.48	16.17	3.31	3.7											
15	HGT_20_16	9'030	7'060	1'970	4.12	4.42	3.32	78%	31.52	8.8	4.37	4.77											
2	HGT_20_12	18'560	14'451	4'108	4.82	5.76	3.06	78%	34.51	9.81	4.97	6.33											
5	HGT_20_12	15'212	11'978	3'234	3.07	3.17	2.77	79%	47.45	12.81	3.2	3.3											
17	HGT_20_16	11'452	8'943	2'508	3.26	3.71	2.28	78%	47.83	13.41	3.7	3.94											
22	HGT_20_16	41'667	28'949	12'718	3.33	4.72	2.	69%	62.12	27.29	4.42	4.95											
14	HGT_20_16	-	10'347	-	-	4.67	-	-	63.48	-	4.73	4.8											
7	HGT_20_16	18'458	15'493	2'965	4.41	5.05	2.64	84%	65.93	12.62	4.7	5.39											
11	HGT_20_16	18'621	15'742	2'879	3.07	3.31	2.2	85%	71.55	13.09	3.2	3.6											
4	HGT_20_16	18'874	16'506	2'368	4.36	4.44	3.87	87%	71.77	10.29	4.58	4.67											
13	HGT_20_16	16'245	14'326	1'918	5.07	5.78	2.66	88%	75.4	10.1	5.63	6.17											
8	HGT_20_16	-	17'945	-	-	3.66	-	-	78.57	-	3.69	3.76											
19	HGT_20_16	-	16'763	-	-	4.99	-	-	85.97	-	5.14	5.35											
16	HGT_20_16	22'573	19'742	2'830	3.25	3.28	3.05	87%	87.74	12.58	3.26	3.43											
6	HGT_20_16	23'585	21'790	1'795	3.14	3.51	1.37	92%	90.79	7.48	3.31	3.57											
20	HGT_20_16	16'984	14'414	2'570	3.27	3.48	2.43	85%	102.96	18.36	3.39	3.58											
3	HGT_20_16	23'153	19'145	4'008	3.4	3.45	3.18	83%	106.36	22.27	3.55	3.73											
23	HGT_20_16	-	27'991	-	-	3.68	-	-	116.63	-	-	3.75											
12	HGT_20_16	25'050	22'984	2'066	2.97	3.18	1.73	92%	191.54	17.22	3.19	3.38											

Abbildung 1: Bild

9.2 Klimaerwärmung vs. BIN Klimadaten WPEsti

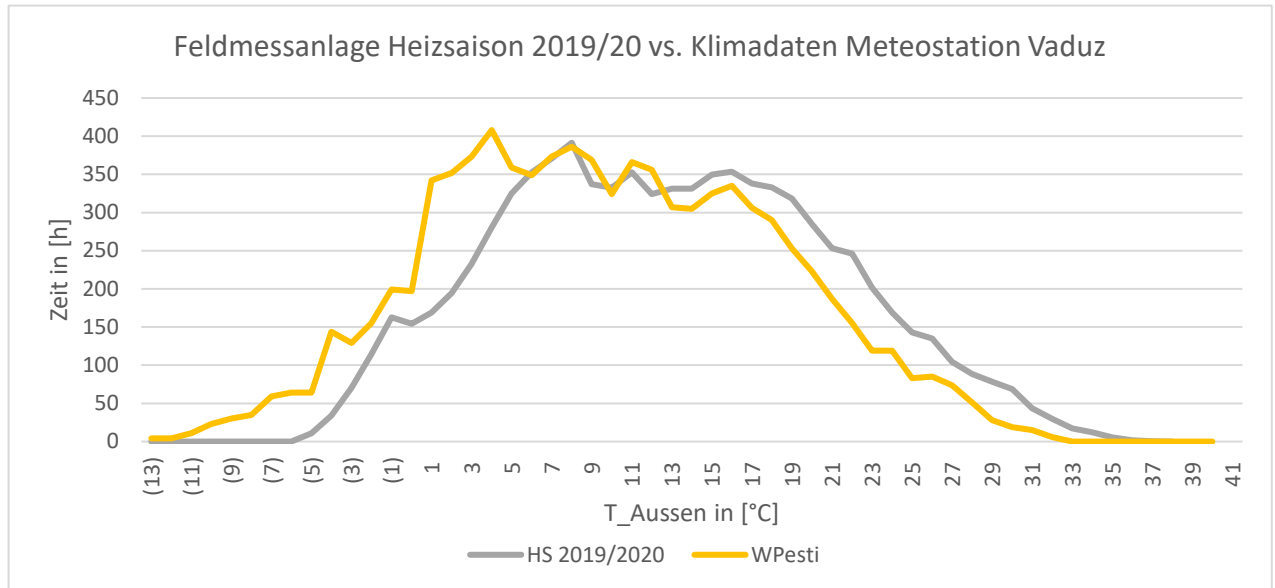


Abbildung 2: Zeitliche Verteilung der Temperaturverteilung einer Feldmessanlage im Jahr 2019/20 in der Nähe von Vaduz im Vergleich zu den Bin Klimadaten von der Meteostation in Vaduz. Deutlich zu erkennen ist der letztjährige deutlich mildere Winter mit weniger strengen Frosttemperaturen. Der wärmere Sommer ist ebenfalls ersichtlich, dieser hat jedoch keinen Einfluss auf die WPEsti Berechnung (SIA Merkblatt 2028, hier MeteoStation Vaduz. Diese Methode wird für (fast) sämtliche normanwendenden Berechnungen verwendet.

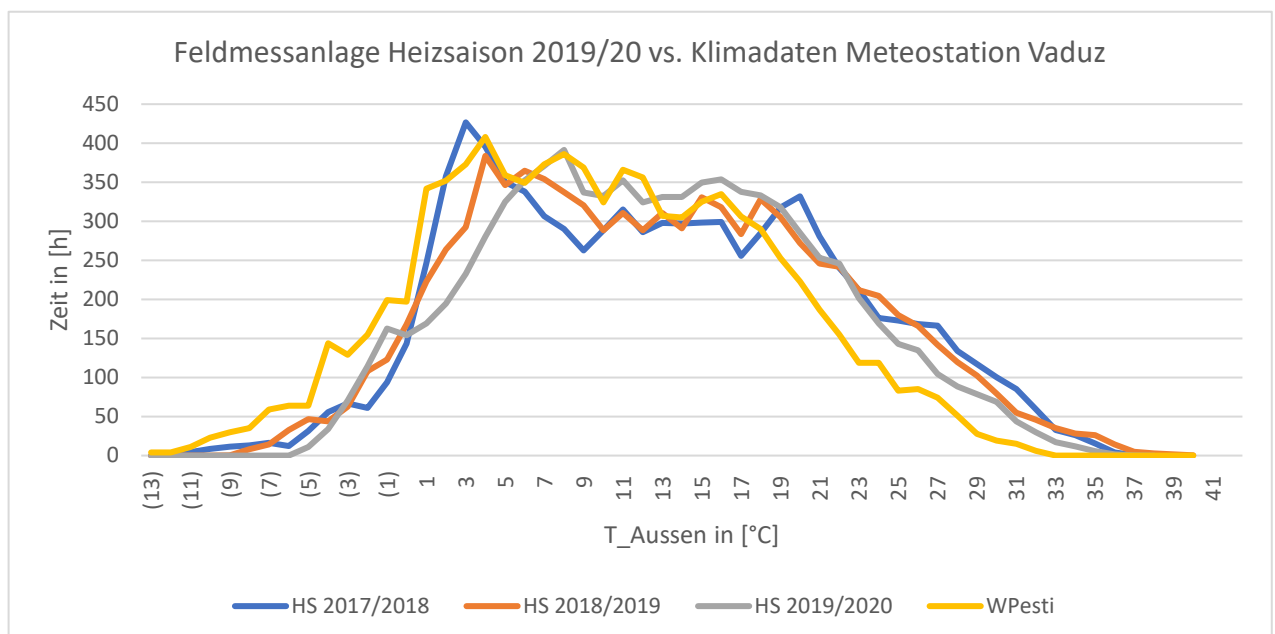


Abbildung 3: Ergänzung zur obigen Abbildung mit drei vollständig gemessenen Heizsaisonen. Die Klimaerwärmung ist eindeutig erkennbar.

Anlage	on/off LW			n.-reg LW		
	F001 HS 17/18 (ab 1.9.)	F001 HS 18/19 (ab 1.9.)	F001 HS 19/20 (ab 1.9.)	F012 HS 19/20 (ab 1.9.)	F016 HS 19/20 (ab 1.9.)	
ERGEBNISSE WPEsti						
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	JAZ _h =	3.50	3.49	3.48	2.74	2.90
Korrektur Klimadaten aus FM	JAZ _h =	3.65	3.68	3.74	2.90	3.06
		104%	105%	107%	106%	106%
MESSWERTE Feldmessung						
JAZ+_Heizen [-]	JAZ _{heizen} =	3.51	3.55	3.7	3.37	3.43

Abbildung 4: Ermittlung der Klimaerwärmung auf die Berechnungswerte von WPEsti. Bei der Korrektur der Klimadaten sind die tatsächlichen Temperaturwerte der Feldmessanlage anstatt der BIN-Klimadaten der Meteostation verwendet worden. Durch die wärmeren Quellentemperaturen ergeben sich Effizienzverbesserungen von 4 bis 7% bei den drei betrachteten Luft/Wasser-Wärmepumpen

9.3 Heizkurve Feldmessungen vs. WPEsti

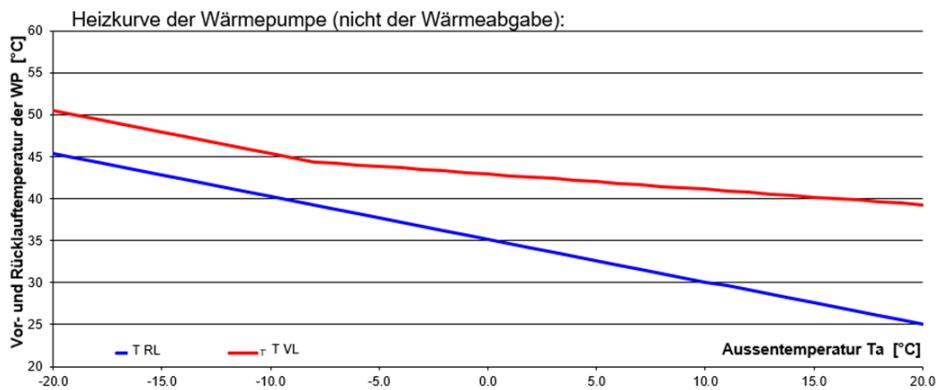


Abbildung 5: Berechnete Heizkurve der Wärmepumpe Feldmessanlage F007 (on/off SWWP) im WPEsti, Blatt Grafik

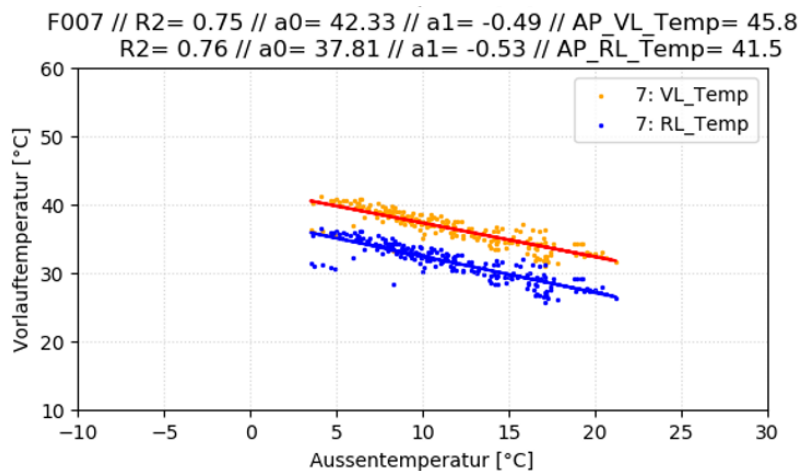


Abbildung 6: Tatsächlich gemessene Heizkurve am Abgang der Wärmepumpe. Die Vorlauftemperatur bei -8°C Auslegepunkt ist 45.8°C

9.4 Feldmessungen vs. WPesti-Berechnung

9.4.1 Luft/Wasser-Wärmepumpen

Anlage	on/off LW				n.-reg LW				
	F001 HS 17/18 (ab 1.9.)	F001 HS 18/19 (ab 1.9.)	F001 HS 19/20 (ab 1.9.)	F001 HS 19/20 (ab 1.9.)	F003 HS 18/19 (ab 1.9.)	F012 HS 19/20 (ab 1.9.)	F016 HS 18/19 (ab 1.9.)	F017 HS 19/20 (ab 1.9.)	F023 HS 19/20 (ab 1.9.)
Jahr									
EINGABEWERTE WPesti									
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Vorlauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)	33.1	33.6	33.1	38.4	45.5	54.8	47.4	32.3	37.8
Rücklauftemperatur der Heizung: (Tb = -8°C)	29.3	31.6	29.3	36.2	41.3	50.2	43.9	27.2	31.7
garantierte Wärmewassertemperatur ohne Elektroheizstab:	49.6	48.8	50.7	51	55.1	54.2	49.2		
Wärmwasserbedarf nach SIA 380/1	17.8	16	16	-	26	16.5	18.6	13	
Auslegungs-Sondentemperatur (-2K zum Durchschnitt)									
ERGEBNISSE WPesti									
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	116	103	100	1452	1061		170	86	1116
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser			158			245		668	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	3.50	3.49	3.48	3.74	3.75	3.28	2.74	2.90	3.35
Korrektur Klimadaten aus FM	3.65	3.68	3.74			2.90	3.06		
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	2.71	2.74	2.69	WP-Boller		3.15	2.83	3.04	3.10
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZH+ww:	3.13	3.14	3.20			3.33	2.75	2.92	3.98
MESSWERTE Feldmessung									
HWB [kWh / m2]	37.33	35.43	30.47	83.8	78.05	105	190	94	117
TWWB [kWh / m2]	17.71	15.99	15.72			26	21	19	13
T_TWW [°C]	49.56	48.81	50.07	51.02	50.62	55.05	52.04	49.22	47.68
T_VL_Heizen [°C]	30.98	30.82	30.5	34.13	33.86	39.02	39.3	42.42	40.14
T_RL_Heizen [°C]	28.51	28.02	26.23	30.37	29.96	35.25	35.65	38.81	35.28
T_Aussen [°C]	12.92	12.88	12.65	14.24	14.24	12.67	12.43	13.04	11.41
HGT_20_16 [HGT]	2832	2821	2570	2377	2045	2857	2640	3224	2991
HGT_20_12 [HGT]	2505	2579	2219	2075	1716	2611	2239	2170	2938
L_EW_Sperre [h]	-	-	-	-	-	260	249	-	248
Eel_HS_TWW [kWh]	-	-	-	-	-	1	13	-	414
Eel_HS_WP_Aufladung [kWh]	-	-	239.41	-	-	-	666	132	-
JAZ+ Heizen [-]	3.51	3.55	3.7	3.61	3.76	3.72	3.73	3.34	3.94
JAZ+ Aufladung [-]	2.77	2.81	2.85			2.99	3.25	2.8	3.13
JAZ+ [-]	3.2	3.23	3.32	3.55	3.69	3.47	3.55	3.2	3.12
WNG_Heizen [-]	3.21	3.25	3.45	3.51	3.66	3.42	3.45	3.18	3.21
WNG_Aufladung [-]	2.73	2.77	2.55	-	-	2.93	3.16	1.74	2.52
WNG [-]	3.04	3.08	3.08	-	-	3.31	3.4	2.99	3.07
data_days	364.98	363.65	346.95	364.5	340.89	364.99	346.7	346.87	347.15
ABWEICHUNGEN Feldmessung zu WPesti									
JAZ+ Heizen [-]	4%	4%	1%	4%	0%	-9%	-12%	-14%	7%
									-11%

Abbildung 7: Übersicht der Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Vergleich Berechnungswerte nach WPesti und Messwerte aus den Feldmessungen

9.4.2 Sole/Wasser-Wärmepumpen

Anlage	on/off SW				n.-reg SW			
	F007	F019	F002	F013	F014	F014	F014	F022
Jahr	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)	HS 18/19 (ab 1.9.)	HS 19/20 (ab 1.9.)
EINGABEWERTE WPesti								
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)	23	23	23	23	23	23	23	23
Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)	45.4	45.8	31.8	30.6	36.2	34.7	41.5	40.8
Vorklauftemperatur der Heizung: (Ta = -9°C)	41.2	41.5	27.3	25.8	32	30.4	37.4	36.7
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:	55.2	55.45			47.6	48.2	55.8	53.4
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	12.8	12.1			9.4	9.7		26.4
Auslegungs-Sondentemperatur (-2K zum Durchschnitt)	7.62	7.83	6.94	6.98	5.89	6.08	2.70	2.79
ERGEBNISSE WPesti								
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	45	42	4	32	262	110		
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser								
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	4.66	4.65	6.42	6.50	5.04	5.31	4.36	4.44
Korrektur Klimadaten aus FII								
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	3.42	3.40	3.80	3.79	3.65	3.60	4.36	4.63
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZ++-ww:	4.44	4.42	5.53	5.64	4.85	5.04		
MESSWERTE Feldmessung								
HWB [kWh / m2]	75	66	32	34	82	75	68	62
TWWB [kWh / m2]	13	12	10	9	9	10		27
T_TWW [°C]	55.26	55.45	45.97	46.11	47.63	48.2	55.83	53.4
T_VL_Heizen [°C]	37.55	37.48	30.3	29.96	31.04	30.63	35.59	34.95
T_RL_Heizen [°C]	32.73	32.64	25.86	25.44	27.03	26.61	31.83	31.18
T_Aussen [°C]	15.77	15.67	12.26	12.07	11.78	11.67	11.9	11.84
HGT_20_16 [HGT]	1978	1714	3022	2834	2998	2810	3065	2817
HGT_20_12 [HGT]	1569	1482	2794	2496	2695	2330	2773	2409
L_EW_Sperre [h]	371	347	401	384	-	-		3887
Eel_HS_TWW [kWh]	282	242	21	-	141	213	1498	427
Eel_HS_WP_Aufladung [kWh]								
Eel_UQu [kWh]	111	98	204	195	91	68	49	60
tBh_WUP_Quelle [h]	1711	1526	4314	4231	4910	4805	3975	5071
Leistung_WUP_Quelle [W]	65	64	47	46	18	14	12	12
T_Quin_Heizen [°C]	9.62	9.83	8.94	8.98	7.89	8.08	5.12	5.42
JAZ+_Heizen [-]	5.38	5.39	6.22	6.31	5.93	6.17	4.7	4.95
JAZ+_Aufladung [-]	3.24	3.21	3.07	3.19	3.39	3.44	4.66	4.73
JAZ+ [-]	4.77	4.72	4.83	4.98	5.47	5.64	4.61	4.68
WNG_Heizen [-]	5.07	5.06	5.7	5.75	5.53	5.79	4.61	4.72
WNG_Aufladung [-]	2.63	2.65	2.9	3.04	2.84	2.67		2
WNG [-]	4.47	4.43	4.66	4.85	5.04	5.11		3.33
data_days	364.95	346.26	364.69	346.69	364.99	343.99	362.45	364.67
ABWEICHUNGEN Feldmessung zu WPesti								
JAZ+_Heizen [-]	-13%	-14%	3%	3%	-15%	-14%	-7%	-6%

Abbildung 8: Übersicht der Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Vergleich Berechnungswerte nach WPesti und Messwerte aus den Feldmessungen

9.5 EN14825 Datenpunkte

Niedertemperatur ($T_{VL}=35^{\circ}\text{C}$)

Condition	Outdoor air T°C	Part load ratio %	Water outlet temperature	Water inlet temperature
A	-7	88	34	29
B	2	54	30	25
C	7	35	27	22
D	12	15	24	19
E	-10	100	35	30
F	0	62	31	26

Mitteltemperatur ($T_{VL}=55^{\circ}\text{C}$)

Condition	Outdoor air T°C	Part load ratio %	Water outlet temperature	Water inlet temperature
A	-7	88	52	44
B	2	54	42	34
C	7	35	36	28
D	12	15	30	22
E	-10	100	55	47
F	-5	81	50	42

Tabelle 2: Beispielhafte Darstellung für beide Temperaturanwendungen bei mittlerem Klima und Auslegebedingung bei -10°C für eine LW-WP. Bei SW-WP wird stets B0 angewendet.

9.6 Betrachtung Gütegrad verschiedener Wärmepumpen

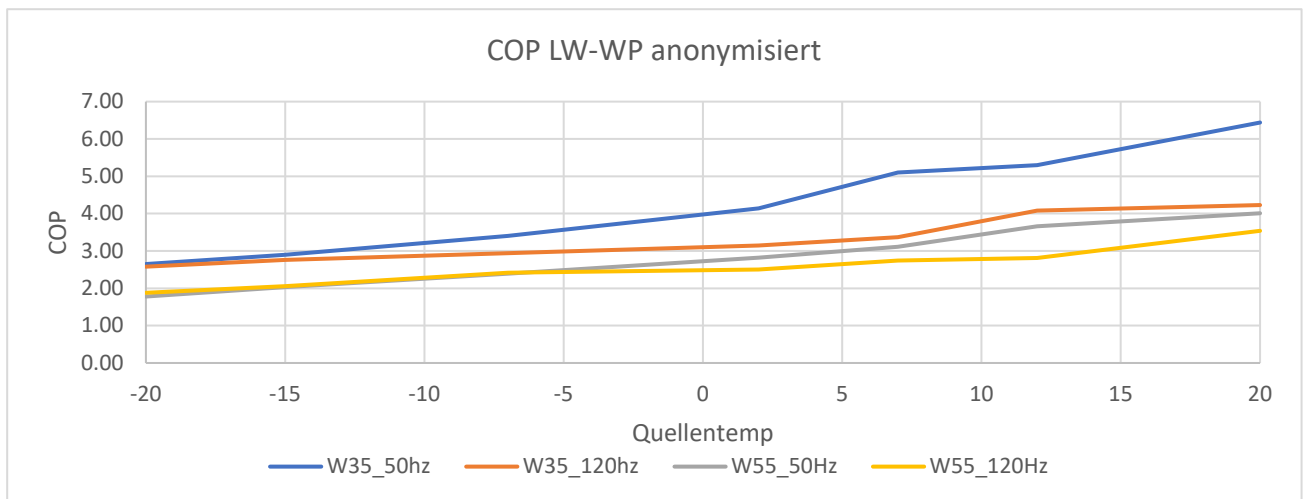
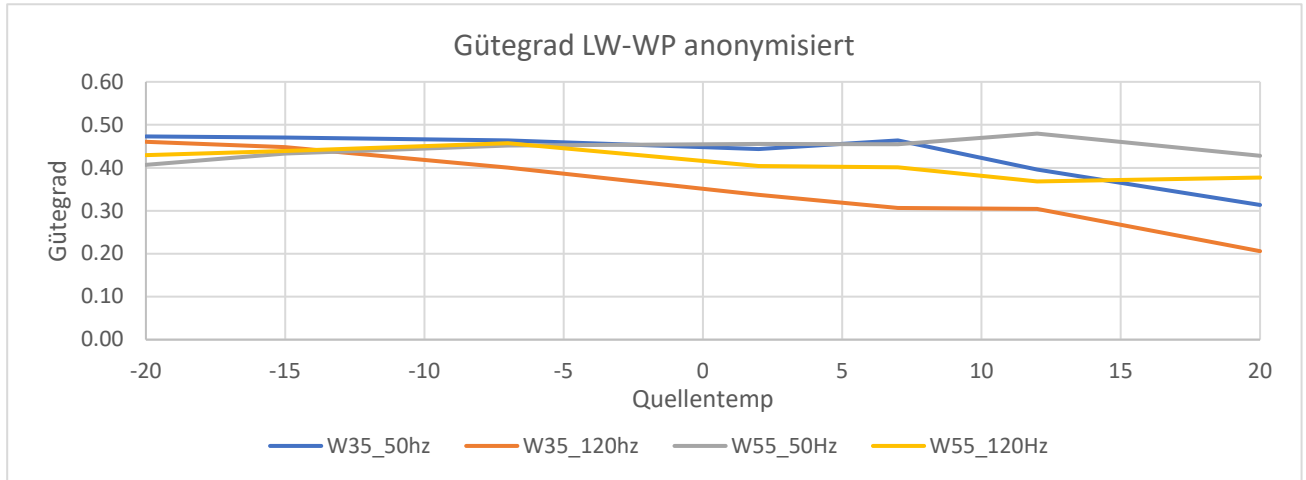


Abbildung 9: Anonymisierte Darstellung aus Katalogdaten einer LW-WP aus der Feldmessung, oben der Gütegrad und unten die Effizienz, jeweils auf der Quelltemperatur bei verschiedenen Drehzahlen und Vorlauftemperaturen

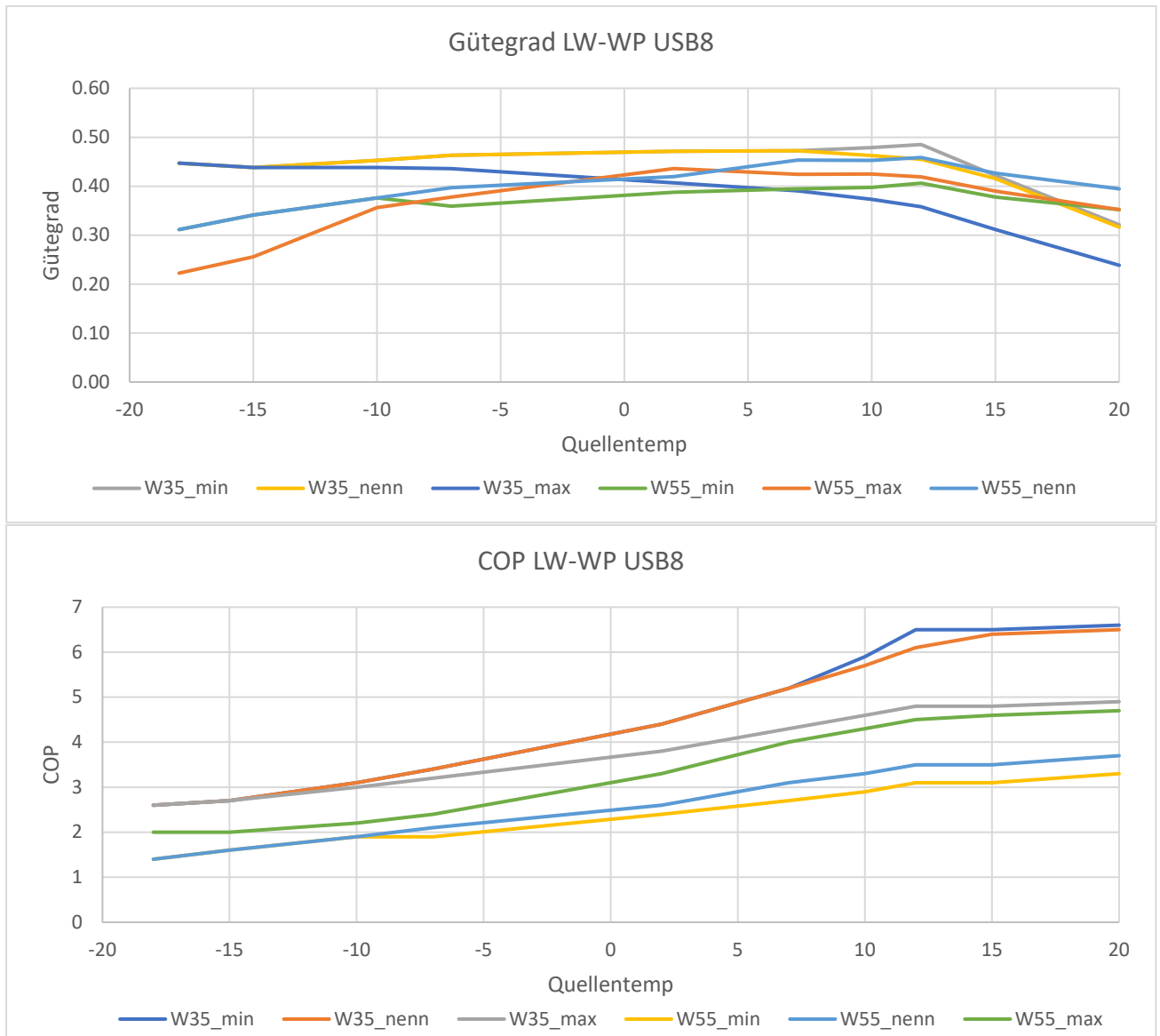


Abbildung 10: Darstellung aus Katalogdaten leistungsvariablen LW-WP Hoval UltraSource B (8), oben der Gütegrad und unten die Effizienz, jeweils auf der Quelltemperatur bei verschiedenen Drehzahlen (min, nenn, max) und Vorlauftemperaturen.

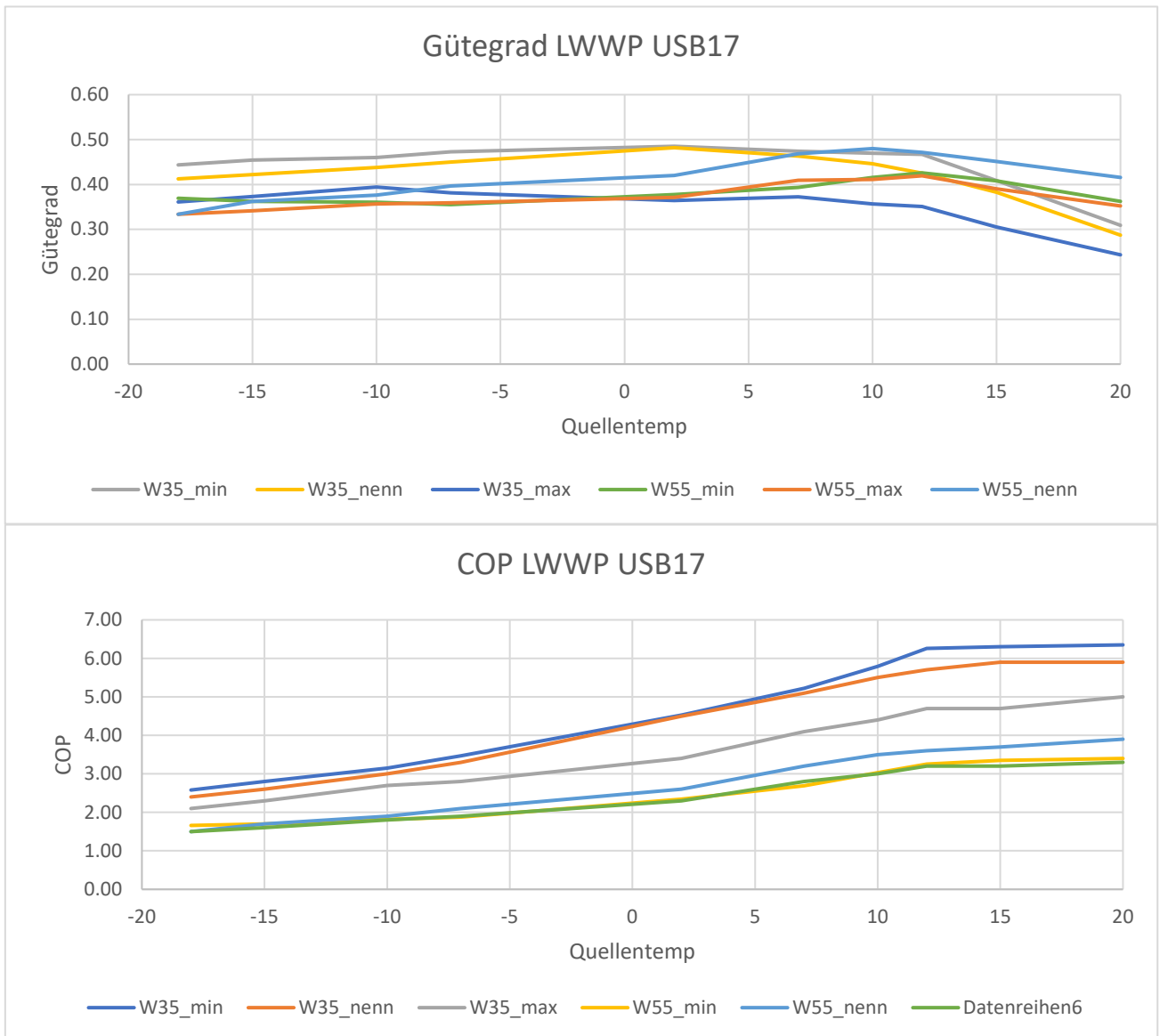


Abbildung 11: Darstellung aus Katalogdaten leistungsvariablen LW-WP Hoval UltraSource B (17), oben der Gütegrad und unten die Effizienz, jeweils auf der Quelltemperatur bei verschiedenen Drehzahlen (min, nenn, max) und Vorlauftemperaturen.

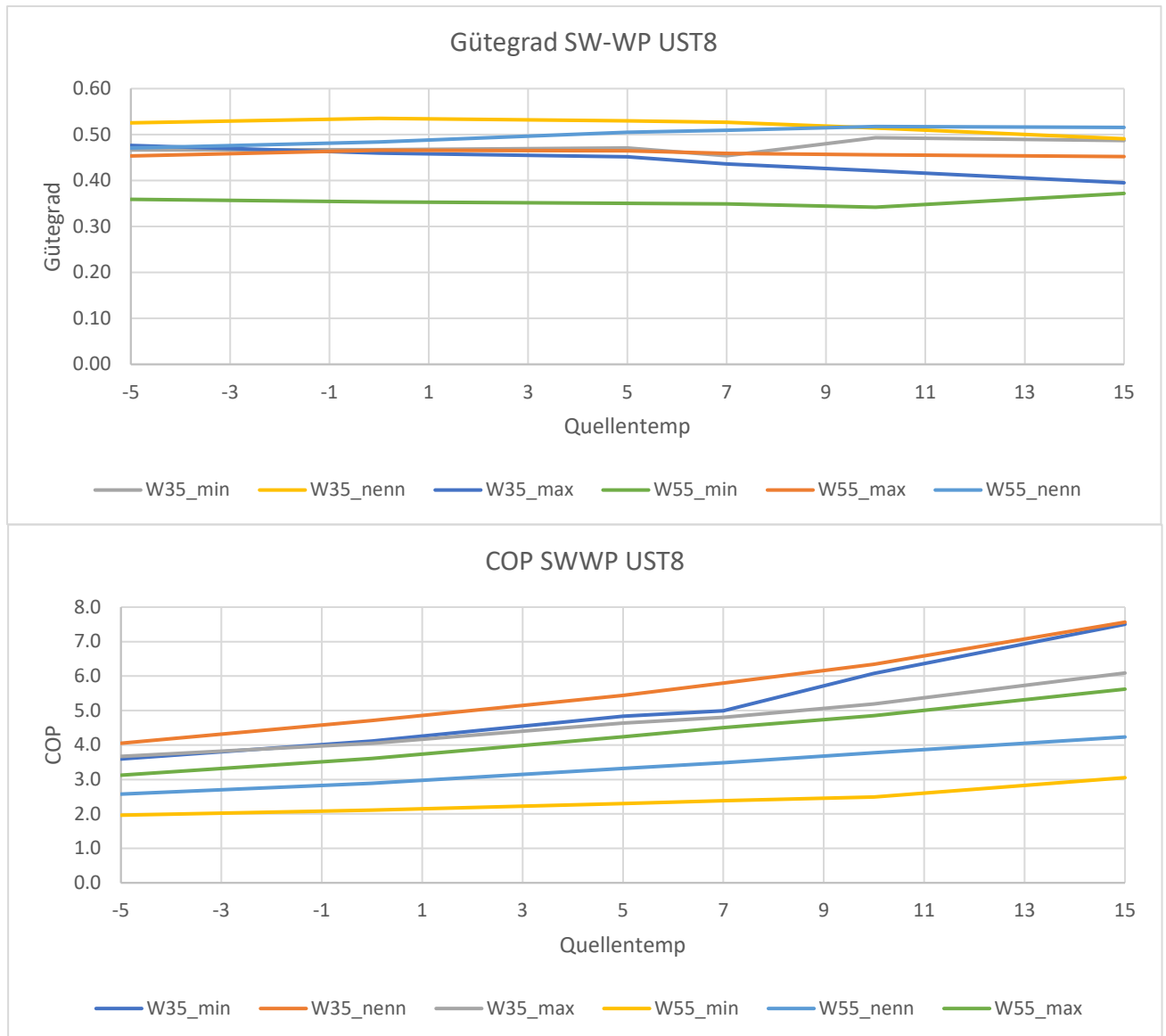


Abbildung 12: Darstellung aus Katalogdaten leistungsvariablen SW-WP Hoval UltraSource T (8), oben der Gütegrad und unten die Effizienz, jeweils auf der Quelltemperatur bei verschiedenen Drehzahlen (min, nenn, max) und Vorlauftemperaturen.

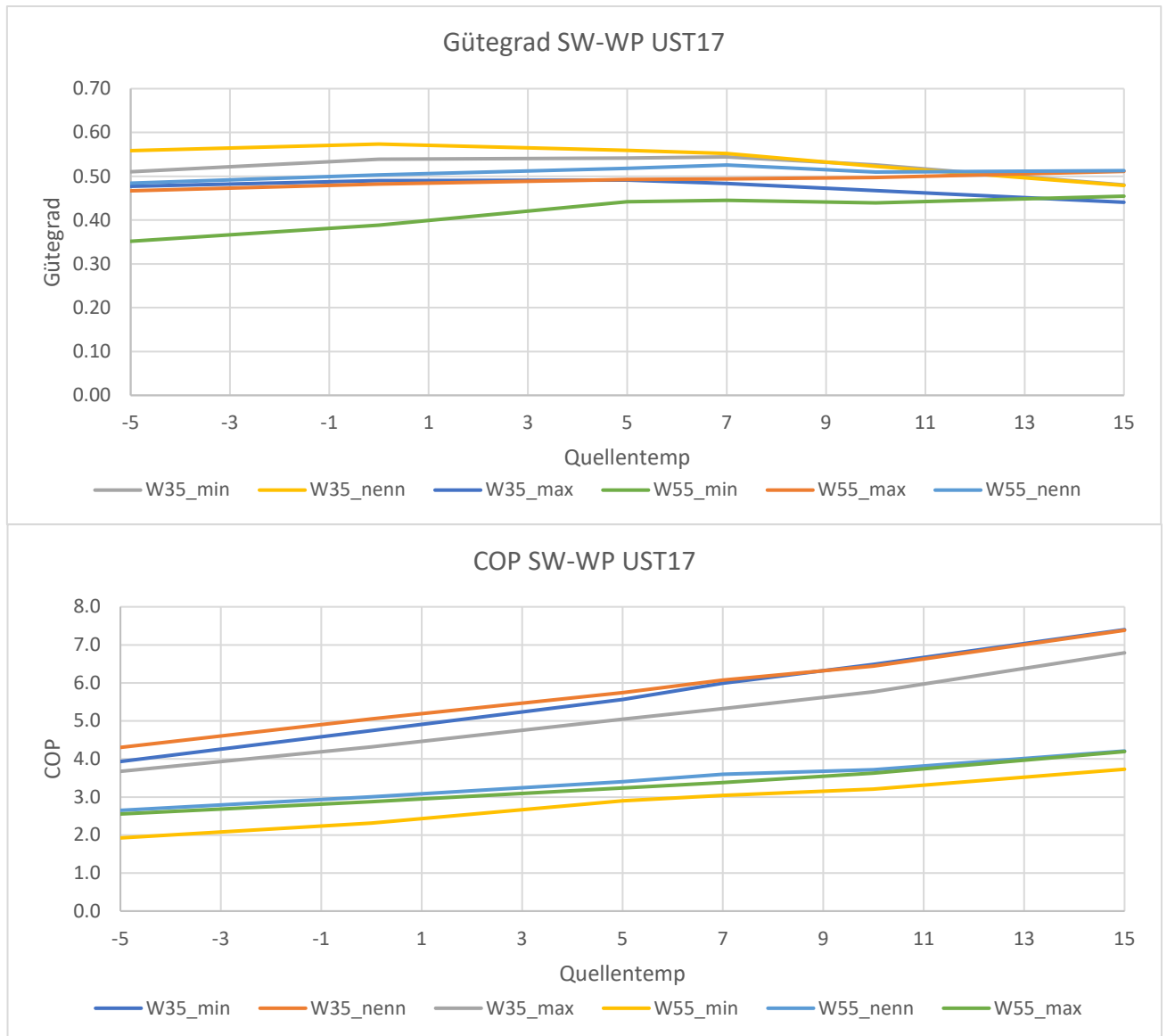


Abbildung 13: Darstellung aus Katalogdaten leistungsvariablen SW-WP Hoval UltraSource T (17), oben der Gütegrad und unten die Effizienz, jeweils auf der Quelltemperatur bei verschiedenen Drehzahlen (min, nenn, max) und Vorlauftemperaturen.

9.7 Vergleich Gütegrad, 2.5% und 3.0% Regel

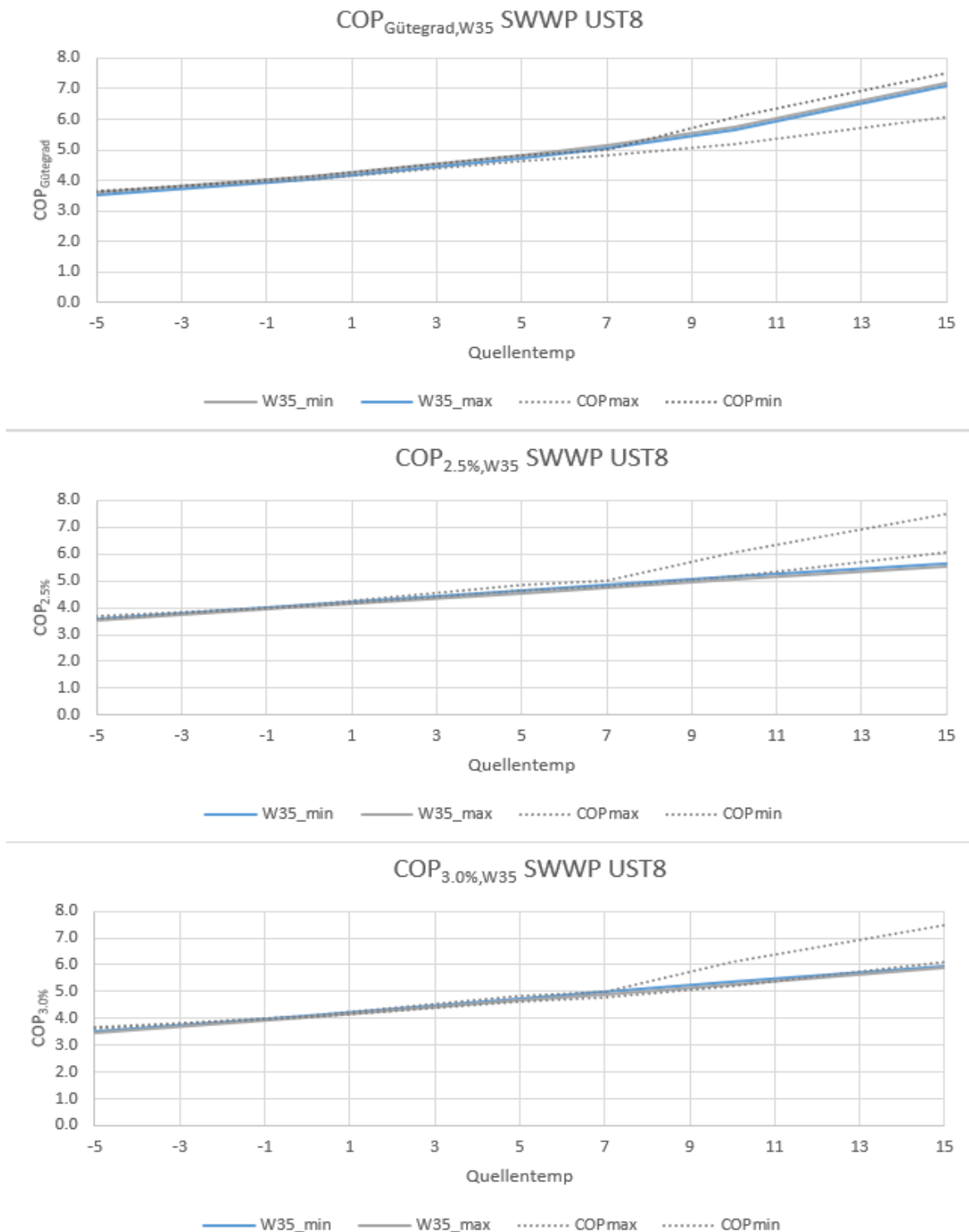


Abbildung 14: Vergleich der Berechnungsmethoden für wärmere Quellentemperaturen ausgehend von B0. Oben die Berechnung mittels Gütegrad, dann 2.5% sowie 3% Regel bei Vorlauftemperatur von 35°C. Als Datengrundlage dienen die Katalogangaben der Hoval UltraSource T. Die Bezeichnung _min bzw. _max beziehen sich auf die Drehzahl. Die gepunkteten COP-Katalogangaben als Vergleich sind ebenfalls auf diese beiden Drehzahlbereiche angewendet. Die Gütegradmethode erreicht die beste Übereinstimmung. Die %-Regel weist zu tiefe COP Werte bei hohen Quellentemperaturen auf.

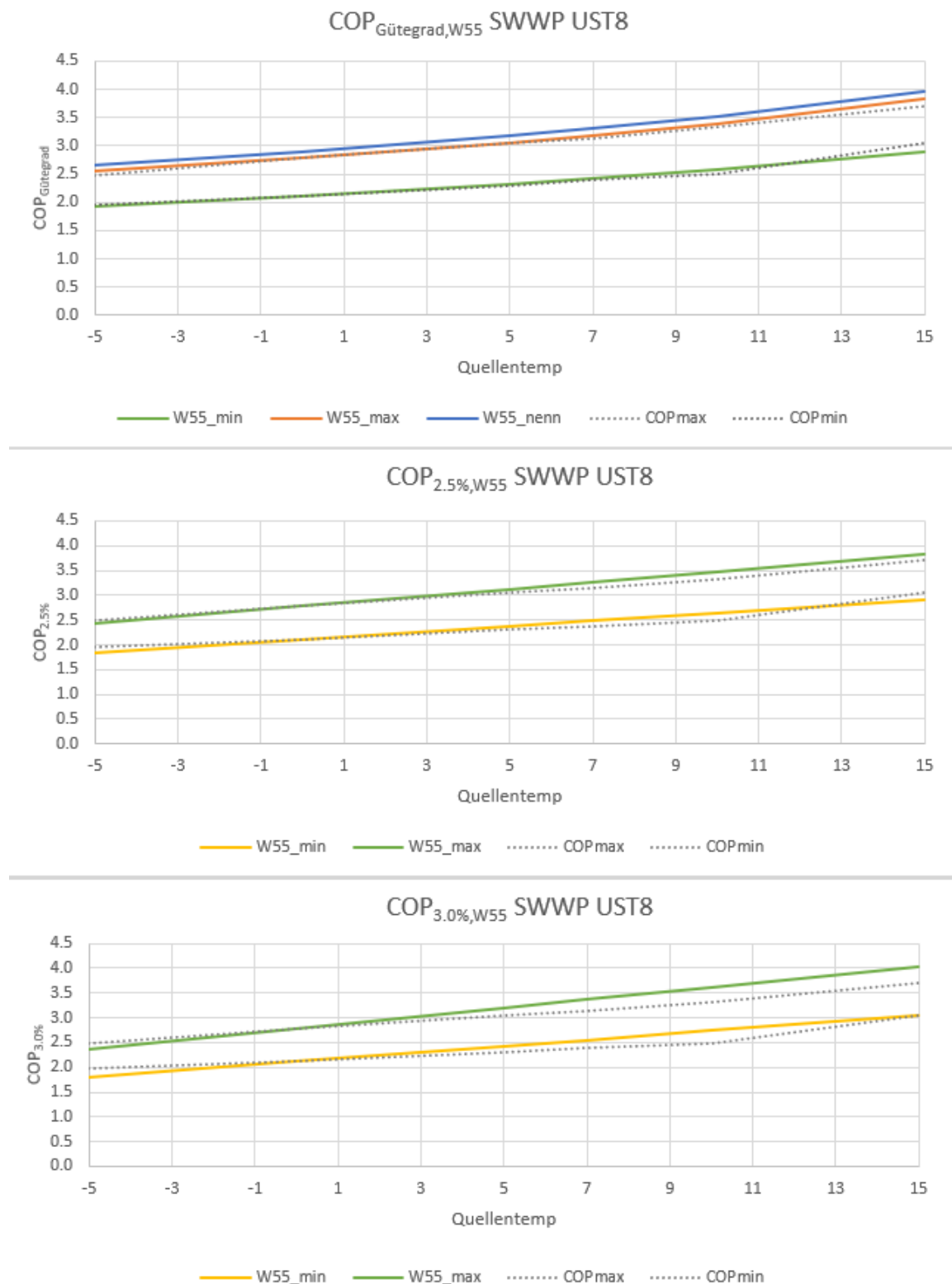


Abbildung 15: Identische Darstellung zur vorherigen Abbildung, Vorlauftemperatur 55°C. Die Gütegradmethode erreicht wieder die beste Übereinstimmung, wobei nun bei höherer Quellentemperatur die Berechnung zu hohe Werte liefert.

9.8 Abgleich Feldmessenanlagen mit EN14825

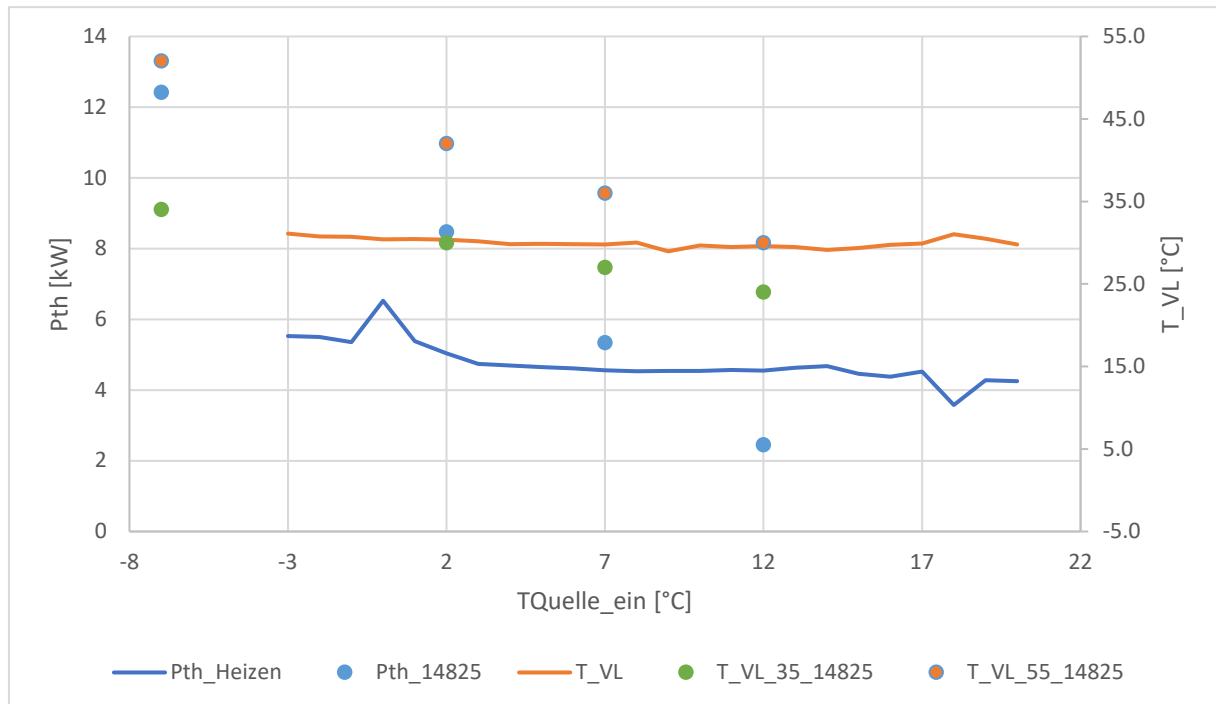


Abbildung 16: Anlage F002 (SW-WP) mit den Messdaten aus der Feldmessung P_{th_Heizen} und T_{VL} (Linien) im Vergleich zu den Herstellerangaben nach EN14825 (Punkte). Erkennbar ist die sehr flache gemessene Heizkurve. Somit bietet sich in der Übergangszeit eine Interpolation zwischen den beiden Temperaturanwendungen low und medium der EN14825 an.

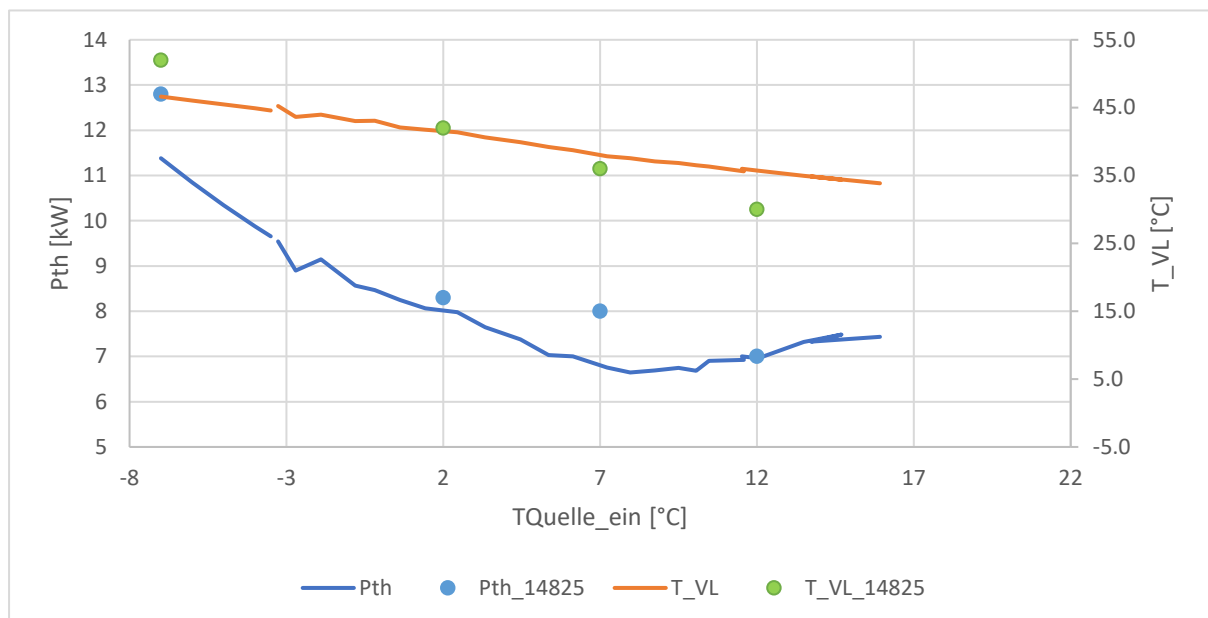


Abbildung 17: Anlage F003 (LW-WP) mit den Messdaten der Feldmessung. Ebenfalls erkennbar die höhere Heizkurve in der Übergangszeit. Bei dieser Anlage stimmt die Leistungsdimensionierung zur EN14825 Prüfung ziemlich gut überein.