

MERKBLATT 8 | 2022

Wärmepumpen mit Invertern

Inverter-Wärmepumpen werden im Schweizer Wärmepumpenmarkt immer öfters eingesetzt. Für die Inbetriebnahme und den optimalen Betrieb dieser Inverter-Wärmepumpen sind spezifische Kenntnisse notwendig. In diesem Merkblatt sind die wichtigsten Voraussetzungen, Vorgaben und Informationen dokumentiert und erklärt.

Mit der Invertertechnologie wird die Heizleistung der Wärmepumpe automatisch an den individuellen Wärmebedarf des Gebäudes in Abhängigkeit zur Quelltemperatur angepasst. Im Zusammenspiel mit dem korrekt durchgeführten hydraulischen Abgleich und der optimalen Einstellung der Heizkurve wird der Komfort (das physiologische Empfinden) verbessert. Gleichzeitig sinkt der Stromverbrauch der Wärmepumpe massgeblich. Durch die geringere elektrische Antriebsleistung bei kleinerer Heizleistung (individuelle Bedarfsanpassung) können Inverter-Wärmepumpen besser mit einer Photovoltaikanlage betrieben werden als Wärmepumpen ohne Invertertechnologie. Damit wird die Eigenstromnutzung begünstigt.



So funktioniert die Invertertechnik

Die Netzfrequenz bestimmt die Drehzahl des Verdichters. Beim Versorgungsnetz ist diese Frequenz konstant 50 Hz. Mittels Inverter wird die Frequenz für den Verdichter variabel neu generiert, was eine Drehzahl und somit eine Leistungsanpassung zur Folge hat. Bei einer niedrigeren Frequenz dreht der Verdichter langsamer, was eine kleinere Leistung zur Folge hat.

Daher können die Betriebsstunden eines Verdichters mit Inverter nicht mehr für eine Leistungsberechnung herangezogen werden.

Planung und Voraussetzungen für die Auslegung

Für die Auslegung respektive Dimensionierung einer Inverter-Wärmepumpe genügt der normalerweise verfügbare Normpunkt (z. B. A2W35 oder B0W35) nicht.

Voraussetzung ist eine auf das Objekt bezogene optimale Planung durch einen Heizungsfachmann. Dabei ist zu vermeiden, dass die maximale Wärmeleistung der Inverter-Wärmepumpe

wesentlich grösser ist als die am Auslegungspunkt benötigte Heizleistung. Die maximale Leistung soll möglichst nahe dem Leistungsbedarf des Gebäudes sein.

Die optimale Effizienz der Inverter-Wärmepumpe wird nicht bei maximaler Drehzahl des Verdichters erreicht, sondern liegt je nach Produkt und Typ bei ca. 70 % der maximalen Verdichterdrehzahl. Diese Eigenschaft deckt sich mit der Gauss'schen Summenverteilung der Aussentemperatur, deren Maximum bei ca. +4 °C liegt.

Faustformel für Beurteilung der max. Wärmepumpenleistung

$Q_{\text{Gebäude}}$ soll im Leistungsbereich 75 bis 100 % der Wärmepumpenleistung $Q_{\text{WP max}}$ liegen.

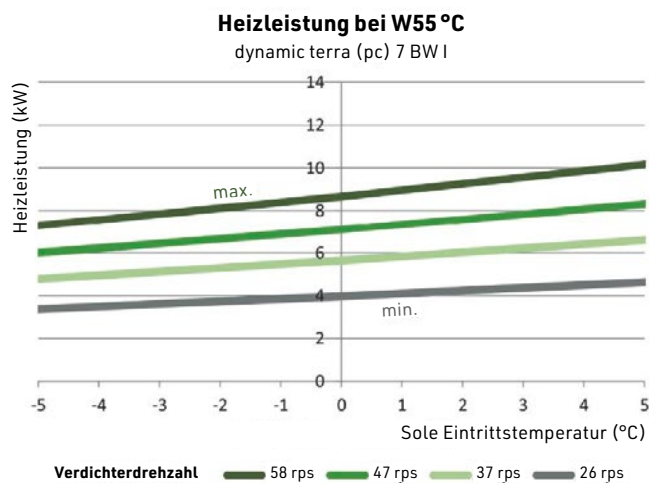
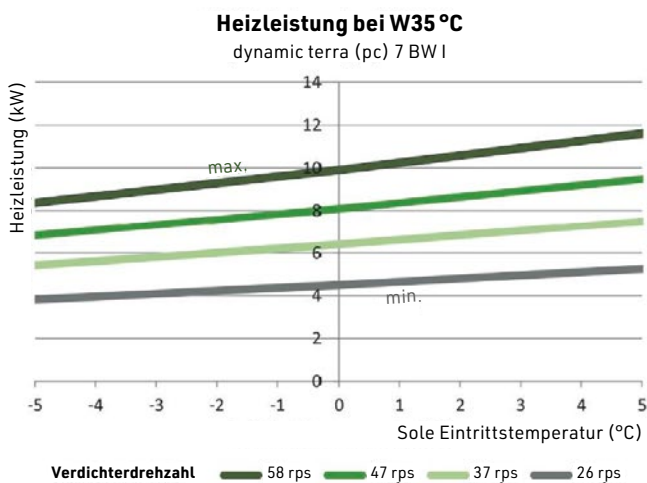
Dies ist das gleiche Vorgehen wie bei der Auslegung einer On-Off-Wärmepumpe. Mit dem Unterschied, dass ein Betriebsbereich berücksichtigt werden soll.

Der optimale Betrieb einer Wärmepumpe mit Inverter bedingt den Einsatz von drehzahlgeregelten Umwälzpumpen.

Sole/Wasser-Anwendung B0W35		
• Raumheizungs-Energieeffizienz «mittleres Klima» 35°C	ηs	209
• Raumheizungs-Energieeffizienz «mittleres Klima» 55°C	ηs	158
• Warmwasserbereitungs-Effizienz Verbrauchsprofil/ ηwh 35°C / 55°C	ηs	XL / 100
• Saisonale Leistungszahl «mittleres Klima» 35°C / 55°C	SCOP	5.4 / 4.2
Max./Min. Leistungsdaten Heizen nach SN EN 14511		
• Max. Heizleistung B0W35		7.9
• Min. Heizleistung B0W35		1.8
• Max. Heizleistung W10W35		10.0
• Min. Heizleistung W10W35	kW	2.6
Nennleistungsdaten Heizen nach SN EN 14511		
• Nennheizleistung B0W35	kW	4.1
• Leistungszahl B0W35	COP	4.7
• Nennheizleistung W10W35	kW	5.6
• Leistungszahl W10W35	COP	6.5

Unzureichende Angaben für eine korrekte Auslegung

[ABB. 1] Unzureichendes Beispiel aus technischen Unterlagen: Es fehlen die Leistungswerte für den Teillastbereich.



[ABB. 2] Weiteres Beispiel mit besseren Vorgaben: Die Leistungswerte für den Teillastbereich sind ersichtlich (Quelle: Heim AG Heizsysteme). Realitätsnahe Quellentemperaturen berücksichtigen. Quellentemperatur bei Erdwärmesonden gemäss Norm SIA 384/6.

Beim Beispiel in **[ABB. 2]** sind Angaben zu vier Leistungsbereichen (26, 37, 47 und 58 Hz) bei verschiedenen Heiztemperaturen zu finden. Damit kann der Betrieb mit einer Inverter-Wärmepumpe bereits besser geplant werden.

Wenn nebst den tabellarischen Angaben eine Grafik vorliegt, können für alle Bereiche die richtigen Leistungswerte ermittelt werden. Die benötigte Heizleistung für die Gebäudeheizung und den Trinkwarmwasserbedarf muss vorab möglichst genau ermittelt werden. Längere Sperrzeiten der Energieversorgungsunternehmen (EVU) sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Für die Dimensionierung einer Wärmepumpenanlage am Auslegepunkt ist auch bei der Inverter-Wärmepumpe die maximal benötigte Heizleistung für die Raumheizung und die Trinkwarmwasserbereitung massgebend.

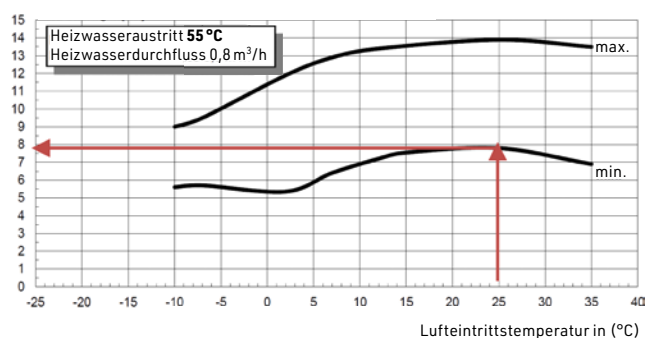
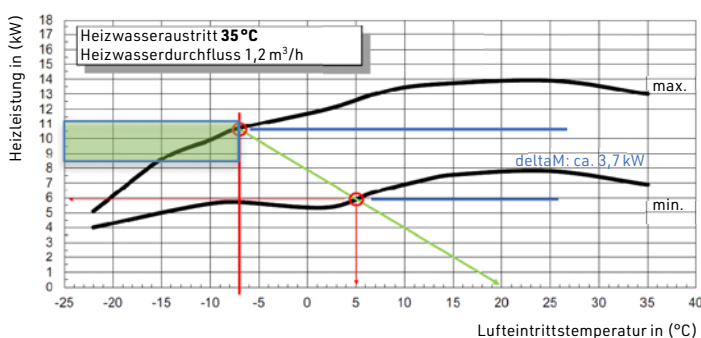
Wird eine Luft/Wasser-Wärmepumpe im Nachtbetrieb mit dem Silentmodus betrieben, bedeutet dies, dass in der Nacht die verfügbare Heizleistung kleiner ist und sich deshalb ein anderes Bild für den Betrieb ergibt. Je nach Heizleistung im Silentmodus

braucht es eine Leistungsreserve, damit am Morgen diese Energie nachgeliefert werden kann. Aus den nachstehenden Grafiken (vgl. **[ABB. 3]** und **[ABB. 4]**) können die benötigten Leistungswerte ermittelt werden:

Luft/Wasser-Wärmepumpe

Bei einer benötigten Heizleistung (ca. 11,0 kW) am Auslegepunkt (hier -7 °C) ergibt sich die zugehörige Heizkurve (grüne Linie). Gemäss der Grafik in **[ABB. 3]** kann die Wärmepumpe im Bereich von -7 °C bis +5 °C die benötigte Heizleistung anpassen (modulierender Betrieb), unter der Minimallast-Kennlinie bei höheren Aussentemperaturen läuft sie im On-Off-Betrieb.

Benötigte Leistungswerte: Für die Warmwasserladung im Sommerbetrieb ist die minimale Leistung bei +20 °C Aussentemperatur ersichtlich. Dieser Wert wird für die Wärmetauscherfläche im Warmwasserspeicher benötigt.



[ABB. 3] Linke Abbildung: Auslegung Winterfall «heizen», rechte Abbildung: Warmwassererzeugung Sommer. Grüne Fläche: idealer Auslegebereich (Quelle: Meier Tobler AG).

Erdwärmesonden-Wärmepumpe

Gemäss der Grafik in **[ABB. 4]** kann die Wärmepumpe bei einer Quellentemperatur von 0°C in einem Leistungsbereich von 5.5kW bis 19kW modulieren (rote Linie). Sind die Leistungen kleiner, läuft die Wärmepumpe im On-Off-Betrieb. Somit könnte diese Maschine eine Norm-Heizleistung von ca. 17 bis 19 kW abdecken. Ist die Erdreichtemperatur höher, steigt auch der Leistungsbereich und die Wärmepumpe taktet früher.

Je nach Hersteller/Lieferant bestehen allerdings unterschiedliche Vorgehensweisen für die Auslegung der jeweiligen Maschinen.

SCOP (Seasonal Coefficient of Performance)

Ermittelt die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe innerhalb verschiedener Betriebszustände, die nach Klimazonen gewichtet sind. Dabei werden für den Heizbetrieb die Aussentemperaturen 12°, 7°, 2° und - 7° Celsius für die Messung herangezogen. Der SCOP wird in der Schweiz von den Lieferfirmen für die Inverkehrbringung angegeben.

COP (Coefficient of Performance)

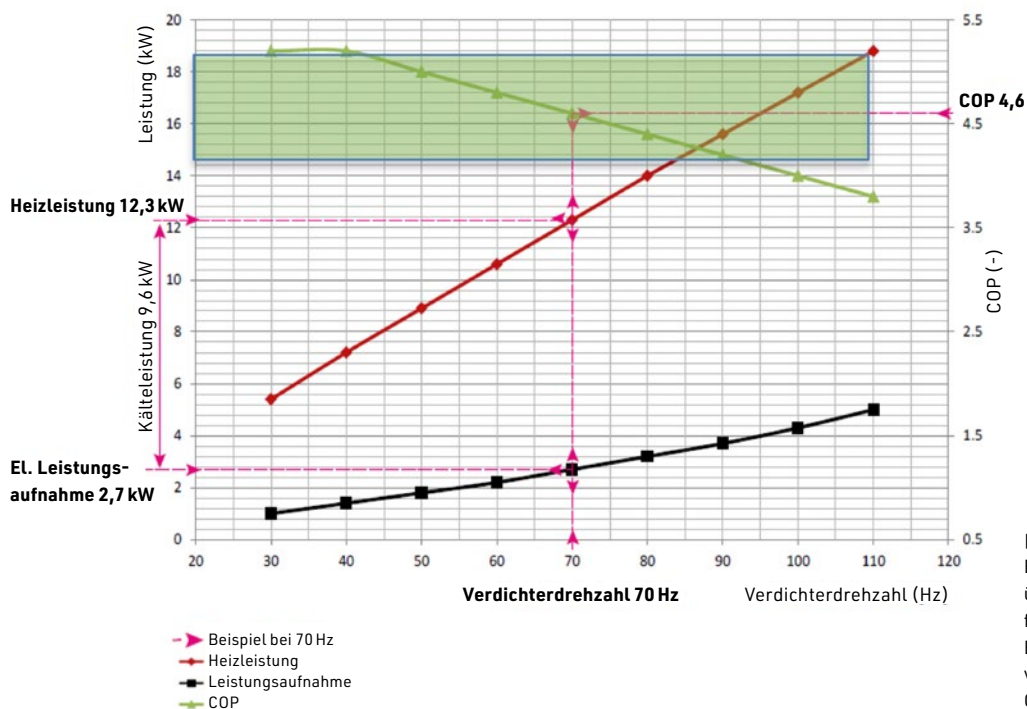
Der COP ist das Verhältnis von nutzbarer Wärmeleistung zu eingesetzter Leistung einer Wärmepumpe unter definierten Betriebsbedingungen.

JAZ (Jahresarbeitszahl)

Verhältnis zwischen erzeugter Wärmeenergie und der eingesetzten elektrischen Energie, bezogen auf ein Jahr.

Leistungsangaben nach EN 14511

Heizleistung in kW bei B0/W35



[ABB. 4] Leistungsangaben nach EN 14511: Gutes Beispiel mit Angaben über den gesamten Leistungsbereich für B0W35. Gleiche Angaben für B0W45 und B0W55 sind ebenfalls vorhanden (Quelle: CTC AG). Grüne Fläche: idealer Auslegebereich.

Voraussetzungen für die Inbetriebnahme und den Betrieb

Anmerkung

Gemäss heutiger Energieoptimierungsstrategie sollten bei der Heizkurve keine Überhöhungen eingestellt sein. Pro 1 K Überhöhung verschlechtert sich die Effizienz der Wärmepumpe um 2,0 - 2,5 %.

Die Inbetriebnahme einer Inverter-Wärmepumpe ist mit leicht grösserem Aufwand verbunden als bei einer On-Off-Wärmepumpe. Je nach Hersteller/Lieferant müssen für die benötigten Leistungsbereiche die Betriebspunkte ermittelt und im Zusammenhang mit der eingesetzten Wärmepumpe geprüft werden. Bei der Inbetriebnahme sind die Parameter richtig einzustellen.

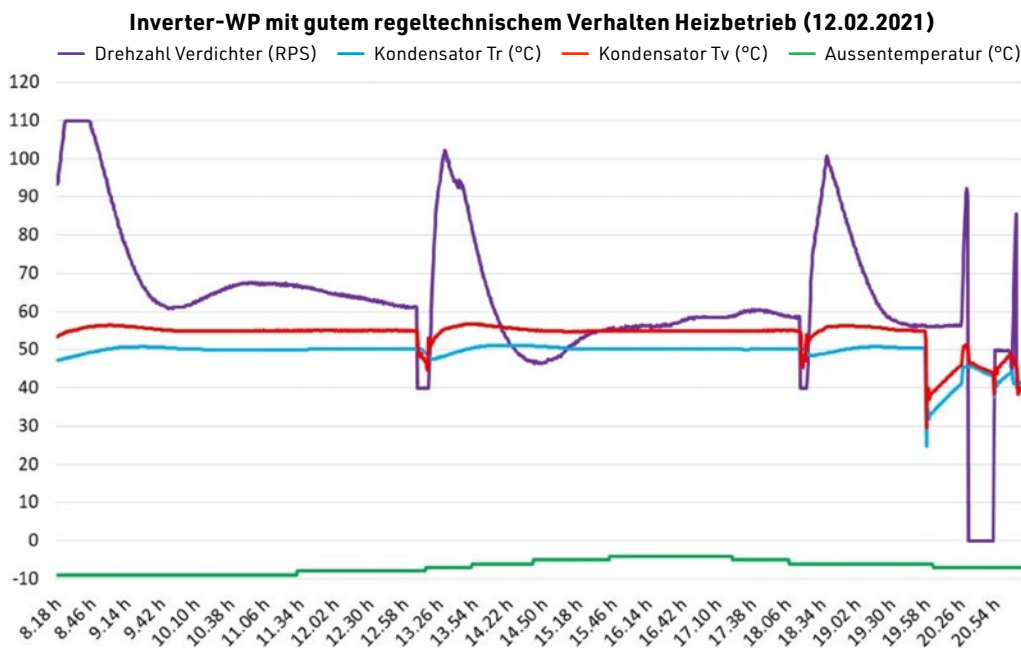
Es muss geprüft werden, mit welcher Leistung (Minimum - Maximum) die Warmwasserladung im Endladezustand

betrieben werden kann. Je nach Warmwasserspeicher, eventuell wird auch ein Kombispeicher eingesetzt, müssen die Betriebsparameter für die Inbetriebnahme bekannt sein und entsprechend eingestellt werden. Das Elektroregister ist nur für die Notheizung beim Ausfall der Wärmepumpe zur Warmwassererzeugung zulässig (siehe auch kantonale Energiegesetze).

Voraussetzung sind die vorangehenden Arbeiten der Installationsfirma, wie hydraulische Einbindung (nach Schemavorgaben → 3-Punkt, Thermosiphon etc.) der Lieferfirmen, Einregulierung respektive Abgleich der Massenströme inklusive Protokollierung, Vorgaben der Einstellparameter (durch Installateur) Heizkurve (Neubau: FBH < 35°; HK < 50 °C), Warmwasserladung (= < 60 °C), Heizgrenze (Neubau 14 - 16 °C).

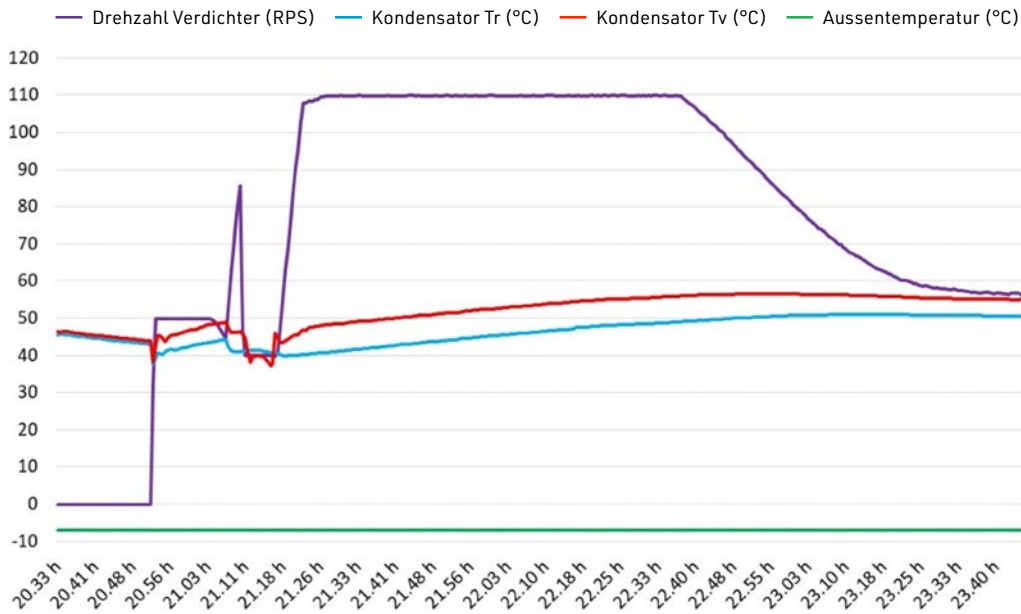
Im Unterschied zur bisher eingesetzten On-Off-Wärmepumpe kann mit der Inverter-Wärmepumpe die Heizleistung dem Wärmebedarf des Gebäudes angepasst werden. Auf diese Weise lassen sich häufige Starts der Wärmepumpe reduzieren. Die Geräte laufen länger unter Teillast und erreichen in der Regel damit auch eine höhere Effizienz.

Beispiele Betriebsphasen und Regelverhalten von Inverter-Wärmepumpen



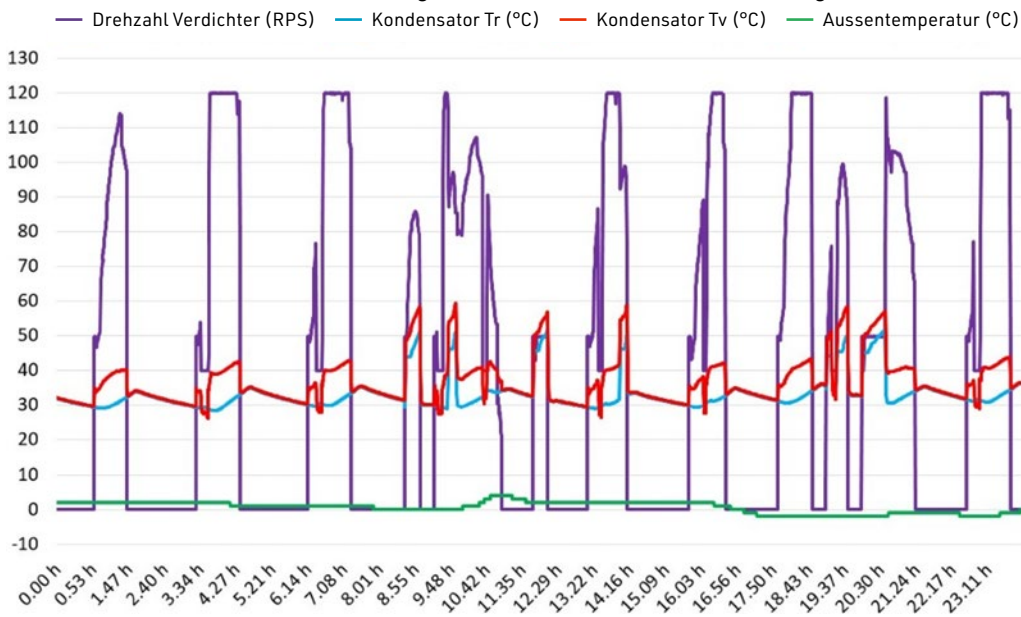
[ABB. 5] Inverter mit gutem regeltechnischem Verhalten: Diese Maschine läuft im Heizbetrieb gut. Die Leistung wird nach dem Hochfahren der Drehzahl zurückgeregelt und bleibt dann bei ca. 60 Hz. Die Wärmepumpe hat an diesem Tag nur einmal kurz ausgeschaltet (20.30 Uhr). Das Hochfahren nach dem Wiedereinschalten ist evtl. durch den Regler bedingt (Quelle: CTC AG).

Inverter-WP mit gutem regeltechnischem Verhalten WW-Ladung (12.02.2021)



[ABB. 6] Inverter mit gutem regeltechnischem Verhalten: Gutes Betriebsverhalten für die Warmwasserladung. Die Leistung steigt sofort auf 110 Hz und sinkt erst im Endladezustand kontinuierlich auf ca. 60 Hz ab (Quelle: CTC AG).

Inverter-WP mit schlechtem regeltechnischem Verhalten WW-Ladung (24.01.2021)



[ABB. 7] Inverter mit schlechtem regeltechnischem Verhalten: Anstatt dass die Wärmepumpe mehr oder weniger durchläuft, hat sie an diesem Tag total 12 Anläufe. Es ist erkennbar, dass die Wärmepumpe die Leistung nicht zurückregelt, sondern jeweils abstellt (Quelle: CTC AG).

Bei praktisch allen Wärmepumpen kann im Regler die Laufzeit und die Schalzhäufigkeit ermittelt werden. Bei Inverter-Wärmepumpen sollten die mittleren Laufzeiten (abgelesene Laufzeit/Schaltintervalle) länger als 1-2 Stunden betragen. Ansonsten wurde die Maschine nicht optimal einreguliert oder sie wurde zu gross dimensioniert.

Vor- und Nachteile von Inverter-Wärmepumpen

Die Regelbarkeit einer Inverter-Wärmepumpe bietet im Vergleich zu einer On-Off-Wärmepumpe diverse Vorteile.

Höhere Lebensdauer

Normale Wärmepumpen müssen zur Regelung der Heizmenge oft in kurzen Abständen ein- und ausgeschaltet werden, was ihren Stromverbrauch gegenüber Inverter-Wärmepumpen deutlich erhöht. Ausserdem laufen On-Off-Wärmepumpen immer mit Vollast. Dieser maximalen Belastung sind Wärmepumpen mit Invertertechnologie nur selten ausgesetzt, daher erhöht sich auch die Lebensdauer tendenziell. Die Maximalleistung wird nur wenige Stunden pro Jahr benötigt (bei der tiefsten Aussentemperatur gemäss Heizlastberechnung).

Ausgeklügelte Betriebsparameter

Eine Wärmepumpe mit Invertertechnologie kann sehr differenziert eingestellt werden. Dabei kann z. B. die Drehzahl der Verdichter optimal zur Aussentemperatur eingestellt werden, sowohl beim Heizbetrieb als auch für die Warmwassererzeugung.

Aus diesem Grund schränken die Hersteller und Lieferanten die Eingriffstiefe bei der Regulierung stark ein. Die falsche Einstellung der Parameter kann wegen der zahllosen Verknüpfungen zu Störungen, Effizienzverlusten und gar zum Defekt der Wärmepumpe führen. Deshalb sind Einstellungen der Regulierung, die über den Standard hinaus gehen, immer mit dem Hersteller/Lieferanten abzusprechen.

Auslegung der Anlage

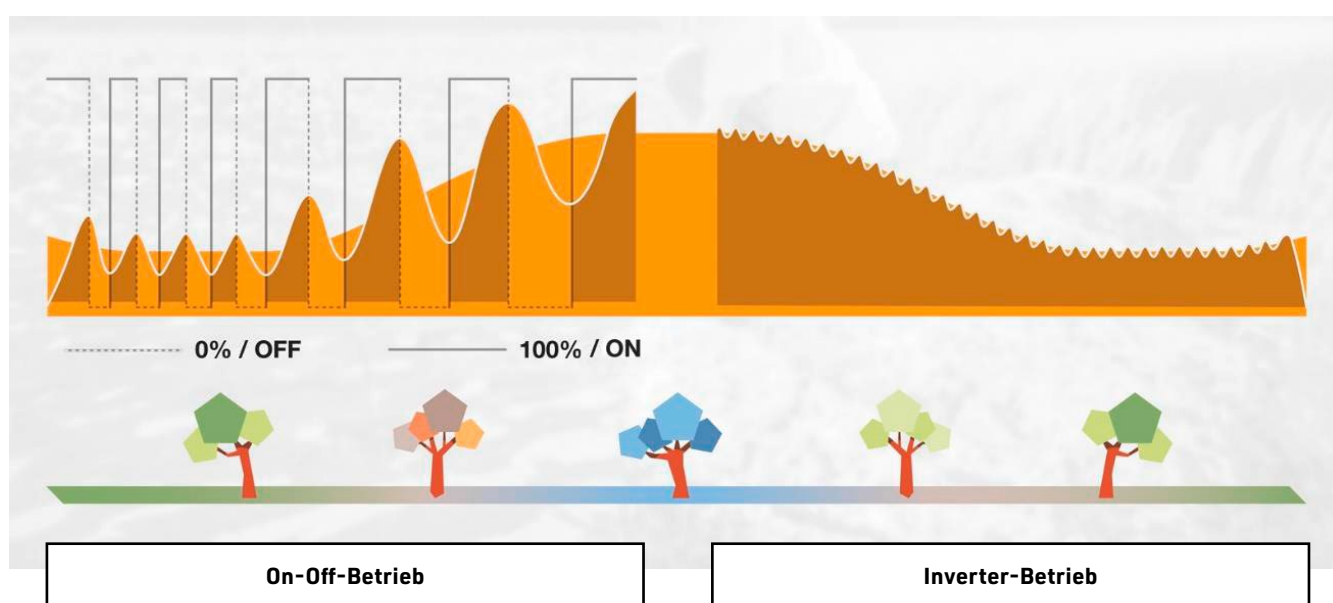
Die korrekte Auslegung der Heizleistung und der Anlagekomponenten sowie die Durchführung des hydraulischen Abgleichs sind bei jeder Wärmepumpe wichtig. Die negativen Auswirkungen spürt man jedoch bei einer Wärmepumpe mit Inverter wesentlich stärker. Die genauen Regelparameter führen bei zu grosser Leistung der Wärmepumpe und falschen Durchflüssen zur Minderung der Effizienz.

Effizienzsteigerung und Kostenersparnis

Eine Inverter-Wärmepumpe wird manchmal auch modulierende oder leistungsvariable Wärmepumpe genannt, da ihre Leistung kontinuierlich auf die notwendige Leistung moduliert wird. Das heisst, bei hohem Heizbedarf wird die Wärmepumpe eine grössere Heizleistung erbringen als bei geringer Heizlast.

Somit werden keine zu hohen oder niedrigen Vorlauftemperaturen erreicht, die ein Aus- oder Einschalten der Wärmepumpe notwendig machen würden, weswegen die Effizienz der Wärmepumpe ansteigt. Auf diese Weise erreichen Wärmepumpen mit Invertertechnologie höhere Jahresarbeitszahlen. Dadurch sinken auch die Energiekosten.

Inverter-Wärmepumpen sind besser geeignet für die Kombination mit einer Photovoltaikanlage als normale On-Off-Wärmepumpen, denn Inverter-Wärmepumpen benötigen in der Schwachlastzeit für die Wärmeproduktion weniger Antriebsleistung als eine On-Off-Maschine und laufen dafür gleichmässig und länger.



[ABB. 8] Vergleich On-Off-Betrieb mit Inverter-Betrieb (Quelle: CTA AG).

Weitere Informationen

- Kantonale Energiegesetze (www.endk.ch)
- Wärmepumpen-System-Modul (www.wp-systemmodul.ch)
- SNV, Norm SN EN 14511 «Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen für die Raumbeheizung und -kühlung und Prozess-Kühler mit elektrisch angetriebenen Verdichtern» (www.snv.ch)
- SNV, Norm EN 14825 «Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumbeheizung und -kühlung - Prüfung und Leistungsbemessung unter Teillastbedingungen und Berechnung der jahreszeitbedingten Leistungszahl» (www.snv.ch)

Hinweis

Bei der Anwendung dieses Merkblatts sind die konkreten Umstände sowie das Fachwissen zu berücksichtigen. Eine Haftung ist ausgeschlossen.

Auskünfte

Für Fragen oder weitere Informationen steht Ihnen der Fachbereichsleiter Heizung von suissetec gerne zur Verfügung: +41 43 244 73 33, info@suissetec.ch

Autoren

Dieses Merkblatt (Text und Grafiken) wurde durch die Technische Kommission Heizung von suissetec erstellt.

Folgende Organisationen waren bei der Erarbeitung beteiligt:



GebäudeKlima
Schweiz



Fachvereinigung
Wärmepumpen Schweiz FWS

Dieses Merkblatt wurde überreicht durch: