



**NRW.ENERGY
4CLIMATE**

Landesgesellschaft
für Energie und Klimaschutz



Betrieb von Wärmepumpen

Optimierungspotenziale erkennen und nutzen

Inhalt

1

Einleitung

4

2

Grundlegende Voraussetzungen für einen effizienten Betrieb

5



3

Überwachen, bewerten und verbessern des Betriebs mithilfe der Jahresarbeitszahl

9



- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Wie wird die JAZ berechnet? | 10 |
| 3.2 | Reale Jahresarbeitszahlen zur Einordnung eigener Messwerte | 10 |
| 3.3 | Mögliche Einflussfaktoren auf die JAZ | 12 |

4 Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

13



4.1	Vorlauftemperatur	14
4.2	Quellentemperatur	14
4.3	Heizstabeinsatz	15
4.4	Anschalthäufigkeit bzw. Taktung	16
4.5	Hydraulik	17
4.6	Hystereseverhalten	18

5 Möglichkeiten zur Effizienz- und Betriebsüberwachung von Wärmepumpen

19



5.1	Effizienzüberwachung via App oder Web-Dashboard	20
5.2	Effizienzüberwachung durch den Hersteller im Rahmen von Fernwartung und Serviceverträgen	22
5.3	Effizienzüberwachung durch Dritte	23
5.4	Manuelle/Nachträgliche Messungen mittels zusätzlicher Messtechnik	24

6 Fazit

30



1 Einleitung

Wärmepumpen arbeiten effizienter als jedes andere Heizsystem, punkten durch niedrige Betriebskosten und bieten dabei eine zuverlässige Wärmeversorgung. Um diese Vorteile voll ausschöpfen zu können, ist eine optimale Einstellung der Wärmepumpe entscheidend. Bereits die Planung und die Installation beeinflussen die spätere Effizienz, entscheidend ist aber vor allem auch der richtige Betrieb. Dieser hängt von vielen Einflussgrößen ab. Welche das sind und wie sie sich prüfen und anpassen lassen, beschreibt diese Arbeitshilfe.

Sie richtet sich an das Fachhandwerk, Energieberatende und weitere Beratungsstellen, wie z. B. Verbraucherzentralen oder regionale Energieagenturen, und soll dabei helfen, typische Fehlerquellen zu vermeiden, Optimierungspotenziale zu erkennen, die Betriebskosten möglichst gering zu halten sowie die Anlagenbetreibenden dahingehend zu beraten.

Info!

Der Fokus dieser Arbeitshilfe liegt auf der Optimierung von Wärmepumpen im Betrieb. Ergänzend dazu gibt die Arbeitshilfe „[Wärmepumpen effizient nutzen. Praxistipps für Planung, Installation und Betrieb](#)“ einen allgemeinen Überblick über die Einflussfaktoren auf die Effizienz von Wärmepumpen in allen Projektphasen.

A technician wearing an orange safety helmet and a high-visibility orange and black jacket is shown in profile, holding a black tablet and using a stylus to interact with the screen. He is standing next to a large, white industrial heat pump unit. The background is slightly blurred, showing more of the unit and some outdoor lighting.

2 Grundlegende Voraussetzungen für einen effizienten Betrieb

Auch nach einer erfolgreichen Inbetriebnahme einer Wärmepumpe ist der Betrieb häufig noch nicht optimal abgestimmt, da sich die realen Begebenheiten nicht exakt vorhersagen lassen oder es zu Fehlern kommen kann. Eindeutige Anzeichen für einen fehlerhaften oder suboptimalen Betrieb sind beispielsweise zu niedrige Raumtemperaturen oder ein erhöhter Stromverbrauch. Bereits ohne eine gezielte Messung und Analyse von Effizienzkennwerten und weiteren Faktoren können mögliche Ursachen für den ineffizienten Betrieb überprüft und bei Bedarf Anpassungen durchgeführt werden.

Rahmenbedingungen für einen effizienten Betrieb:

Rohrleitungen dämmen

Lückenlos gedämmte Rohrleitungen verringern Wärmeverluste und steigern so die Gesamteffizienz des Systems. An leicht zugänglichen Stellen können Isolierungen einfach nachgerüstet werden, falls dies nicht schon vor Inbetriebnahme erfolgt ist.

Außeneinheit vor Verschmutzungen schützen

Durch Schutz der Außeneinheit vor Bewuchs und Verschmutzung können Verschleiß und Ineffizienzen vermindert werden.

Hydraulischen Abgleich durchführen

Bei der Installation einer neuen Wärmepumpe sollte immer ein hydraulischer Abgleich des Heizsystems nach Verfahren B gemäß DIN EN 12821 durchgeführt worden sein (u. a. Fördervoraussetzung). Dabei werden die Voreinstellwerte jedes Heizkörpers an die Vorlauftemperatur und Heizlast des Raums angepasst. Nähere Informationen dazu finden sich beispielsweise auf der Webseite der Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e. V. – [Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand](#). [1]

Ändern sich Randbedingungen, beispielsweise durch eine geringere Heizlast wegen zusätzlicher Dämmung oder geringere Vorlauftemperaturen durch einen Austausch des Wärmeerzeugers, kann ein erneuter hydraulischer Abgleich vorteilhaft sein. Ebenso kann es trotz korrekter Berechnung und Umsetzung des Verfahrens im Betrieb zu Komforteinbußen kommen, unter anderem da solare Gewinne im Verfahren nicht berücksichtigt werden und der Wärmeschutzstandard der Gebäudebauteile im Bestand in der Regel nur geschätzt werden kann. Sind einzelne Räume in einer Wohnung dauerhaft zu kalt, während andere dauerhaft zu warm sind, kann dies darauf hinweisen, dass die Voreinstellung der Heizkörper angepasst werden sollte. Eine Anpassung des hydraulischen Abgleiches kann auch hier Abhilfe schaffen.

Info!

Referenzwerte für den Komfortbereich:

Zur Bewertung des Komfortbereiches in Räumen dienen u. a. die in der DIN EN 12831 genannten Auslegungsräumtemperaturen: zirka 20 Grad Celsius für Wohn- und Aufenthaltsräume, 16 bis 18 Grad Celsius für Schlafzimmer und 22 bis 24 Grad Celsius für Badezimmer. Zusätzlich sind weitere raumklimatische Parameter zu berücksichtigen: Eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 bis 60 Prozent wird als optimal angesehen, während eine Raumluchtwechselrate von etwa 0,5 Luftwechseln pro Stunde empfohlen wird, um hygienische und bauphysikalische Anforderungen zu erfüllen. Erst das Zusammenspiel dieser Faktoren definiert den tatsächlichen Komfortbereich.

Heizkurve anpassen

Die Heizkurve ist ein zentrales Steuerungselement für Wärmepumpensysteme. Sie regelt die Vorlauftemperatur abhängig von der Außentemperatur und beeinflusst damit die Effizienz und den Komfort maßgeblich. Bei der Installation einer Wärmepumpe wird die Heizkurve basierend auf den erwarteten Rahmenbedingungen (Wetter, Nutzerverhalten, ...) eingestellt. Je detaillierter diese Rahmenbedingungen im Voraus bekannt sind, desto besser lässt sich die Heizkurve einstellen. Wird durch das Empfinden der Bewohnerinnen und Bewohner oder im Rahmen einer Messung bzw. Überprüfung jedoch festgestellt, dass die Raumtemperaturen vom gewünschten Komfortbereich abweichen oder ein unerwartet hoher Stromverbrauch auftritt, kann eine gezielte Anpassung der Heizkurve die Probleme beheben. Die Bewertung einer geänderten Heizkurve sollte über einen längeren Zeitraum mit unterschiedlichen Außentemperaturen erfolgen. Neben der Raumtemperaturmessung geben Verbrauchsdaten, etwa aus einem Wärmemengenzähler oder der Anlagensoftware, Aufschluss über die Energieeffizienz. Ein stabiler thermischer Komfort ohne Überheizung oder Auskühlung und ein unveränderter oder reduzierter Energieverbrauch sind Indikatoren für eine erfolgreiche Anpassung.

Anpassen der Heizkurve:

Je kälter es draußen ist, desto höher muss die Vorlauftemperatur sein, um ein Gebäude ausreichend zu beheizen. Eine korrekt eingestellte Heizkurve sorgt dafür, dass die Wärmepumpe genau die Wärme liefert, die benötigt wird. Ist die Heizkurve zu steil oder zu hoch eingestellt, führt dies zu erhöhtem Stromverbrauch und reduzierter Effizienz.

Die Heizkurve wird über zwei Stellgrößen beeinflusst: die Steigung, welche die Reaktion der Vorlauftemperatur auf sinkende Außentemperaturen festlegt, und die Parallelverschiebung, mit der das gesamte Temperaturniveau angehoben oder abgesenkt wird.

Typische Korrekturmaßnahmen bei festgestellten Abweichungen sind:

- **Dauerhaft zu niedrige Raumtemperaturen (unabhängig von der Jahreszeit):** Die Parallelverschiebung der Heizkurve sollte erhöht werden, um die gesamte Heizkurve auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen.
- **Zu niedrige Temperaturen an kalten Wintertagen:** Die Steigung der Heizkurve sollte erhöht werden, damit bei niedrigen Außentemperaturen eine höhere Vorlauftemperatur bereitgestellt wird.
- **Kälteempfinden im Frühling oder Herbst bei milden Außentemperaturen:** Die Parallelverschiebung sollte erhöht und gleichzeitig die Steigung etwas reduziert werden, um milde Tage besser abzudecken, ohne den Energieverbrauch im Winter unnötig zu steigern.
- **Raumtemperatur in der Übergangszeit zu hoch, an kalten Tagen aber ausreichend:** Die Parallelverschiebung sollte gesenkt und die Steigung erhöht werden.

Der konkrete Anpassungsbedarf hängt auch vom energetischen Standard des Gebäudes und vom eingesetzten Heizsystem ab. Neubauten mit hohem Wärmeschutz und großflächigen Heizflächen (Fußboden- oder Wandheizungen) benötigen in der Regel sehr flache Heizkurven (Steigung 0,2 bis 0,5). Bestandsgebäude mit mittlerem Wärmeschutz und Heizkörpern arbeiten oft mit Steigungen zwischen 0,6 und 1,2. Unsanierte Altbauten erfordern häufig noch höhere Werte (>1,4).

Ein geeignetes Monitoring hilft bei der korrekten Einstellung der Heizkurve und erhöht die Erfolgschancen. Weitere Informationen dazu folgen in Kapitel 3 und 4.

Anlagenbetreibende können die aktuell eingestellte Heizkurve meist direkt an der Wärmepumpenregelung ablesen oder über digitale Steuerungen und Apps einsehen. Moderne Systeme ermöglichen auch die Anpassung der Steilheit (Reaktion auf Außentemperaturänderungen) und der Parallelverschiebung (grundlegende Anhebung oder Absenkung der Kurve). Die Kontrolle der Raumtemperaturen und des Energieverbrauchs gibt ebenfalls Hinweise auf die optimale Einstellung der Heizkurve.

Solltemperatur zur Trinkwassererwärmung anpassen

Eine schrittweise Absenkung der Solltemperatur zur Trinkwassererwärmung kann den Energieverbrauch und damit verbunden die Heizkosten senken. Dabei sind geltende Vorschriften und Regeln der Technik zur Erhaltung der Trinkwasserhygiene einzuhalten. Ausführende Informationen zu dem Punkt „Temperaturen zur Trinkwassererwärmung“ finden sich in der Arbeitshilfe „Effizienz von Wärmepumpen von der Planung bis zum Betrieb: Darauf kommt es in der Praxis an“, sowie in [Abschnitt 3.3](#).

Weitere grundsätzliche Voraussetzungen

Es wirkt sich außerdem positiv auf den Betrieb der Wärmepumpe aus, wenn Sommer- und Wintermodus genutzt und Wartungszyklen eingehalten werden. Darüber hinaus sollten Endkundinnen und -kunden darauf aufmerksam gemacht werden, dass sie bei Auffälligkeiten oder Schäden das Fachhandwerk kontaktieren, das dann im Zweifelsfall den Kundendienst einbeziehen kann.

Werden die grundlegenden Voraussetzungen für den Betrieb der Wärmepumpe eingehalten, lassen sich Komfort sowie Effizienz der Anlage bereits spürbar steigern. Eine kontinuierliche Überwachung des Betriebs ermöglicht es darüber hinaus, Anpassungen gezielter umzusetzen. Während sich der Komfort subjektiv beurteilen lässt, gestaltet sich die Einschätzung der Effizienz ohne ein geeignetes Monitoring deutlich schwieriger.





3 Überwachen, bewerten und verbessern des Betriebs mithilfe der Jahresarbeitszahl

Durch die systematische Erfassung, Überwachung und Auswertung von Effizienzkennwerten und Betriebsparametern können Optimierungspotenziale oder ein möglicher Fehlbetrieb von Wärmepumpen frühzeitig erkannt und gezielt behoben werden.

Für die Überwachung der Effizienz im realen Betrieb eignet sich insbesondere die gemessene Jahresarbeitszahl (JAZ), die **als äquivalent zum Jahresnutzungsgrad bei Brennstoffkesseln gesehen werden kann**.

Um die Qualität des Betriebs der Wärmepumpe anhand der JAZ zu überwachen, zu bewerten und zu verbessern, ist es wichtig zu verstehen, was eine „gute“ JAZ ist, und welche Faktoren die JAZ erhöhen bzw. verringern. Dabei spricht eine niedrige JAZ nicht automatisch für einen schlechten Betrieb.

3.1 Wie wird die JAZ berechnet?

Für die Berechnung der JAZ werden regelmäßige Messungen von der eingesetzten Strommenge und der erzeugten Wärmemenge benötigt. Letztere ergibt sich aus den Vor- und Rücklauftemperaturen des Heizkreises, sowie dem Massenstrom und wird häufig über einen Wärmemengenzähler erfasst. Moderne Wärmepumpen geben die JAZ oder zumindest die dafür notwendigen Verbrauchs- und Wärmemengendaten meist direkt über ihr Display oder zugehörige Apps aus.

Die Normleistungszahl (COP) beschreibt die Effizienz einer Wärmepumpe unter standardisierten Bedingungen und ermöglicht den Vergleich verschiedener Modelle.

Die JAZ ergibt sich hingegen aus dem tatsächlichen Betrieb und hängt stark von den Einsatzbedingungen ab. Daher kann eine Wärmepumpe mit hohem COP bei ungünstigen Bedingungen eine schlechtere JAZ erreichen als ein weniger effizientes Gerät unter günstigen Bedingungen.

Weitere Informationen und Berechnungsgrundlagen der JAZ bietet die Arbeitshilfe „Wärmepumpen effizient nutzen. Praxistipps für Planung, Installation und Betrieb“ (siehe Abschnitt 2.1).

3.2 Reale Jahresarbeitszahlen zur Einordnung eigener Messwerte

Feldtestergebnisse des Fraunhofer ISE können Orientierung bei der Einordnung von Effizienzwerten und weiteren Wärmepumpengrößen geben [2], [3]. Abbildung 1 fasst die Ergebnisse für die Gesamt-JAZ zusammen. Einen guten Anhaltspunkt bieten die Mittelwerte und Bandbreiten der JAZ des Projektes „WP-QS im Bestand“ [3], innerhalb dessen Wärmepumpen in unsanierten bis umfassend sanierten Gebäuden messtechnisch untersucht wurden. Letztere hatten in Bezug auf die Betriebsbedingungen für die Wärmepumpen weitgehend Neubaustandard. Die Bandbreiten der ermittelten JAZ-Werte waren folgende:

- 2,6 bis 4,3 bei Außenluftwärmepumpen
- 3,6 bis 5,4 bei Erdreichwärmepumpe mit Erdwärmesonden

Die Ergebnisse stellen keine starren Referenzwerte dar, sondern bieten die Möglichkeit, die Ergebnisse der eigenen Wärmepumpen einzusortieren. Eine geringe Temperatur zur Raumheizung garantiert beispielsweise keine vergleichsweise hohe JAZ, wenn sich die Normleistungszahl im unteren Bereich marktverfügbarer Wärmepumpen einsortiert oder der energetische Anteil zur Trinkwassererwärmung infolge sehr geringer Heizlasten bei 50 Prozent liegt.

Wenn die mittleren Temperaturen für RH und TWW für ein ganzes Jahr bekannt sind, lässt sich die Anlageneffizienz mithilfe der Abbildung 2 einordnen. Liegt die Anlage eher im unteren Bereich gegenüber anderen Anlagen bei ähnlicher Senkentemperatur, kann dies darauf hindeuten, dass die Güte der Anlage eher gering ist. Der Gütegrad beschreibt, wie nah die Wärmepumpe an den theoretisch maximal möglichen Wirkungsgrad (den idealen Carnot-Prozess) herankommt und lässt sich aus den Hersteller-

daten zum COP des eingebauten Geräts ableiten. Effiziente Geräte erreichen Gütegrade bis zu 65 Prozent, wohingegen weniger effiziente Geräte Werte von 40 Prozent erzielen.

Wird trotz eines hohen Gütegrads des installieren Gerätes nur eine mäßige JAZ erreicht, ist dies ein Indikator für einen nicht ausgereizte Effizienz und somit Optimierungspotenzial bei der Parametrierung sein. In diesem Fall ist eine genauere Analyse sinnvoll.

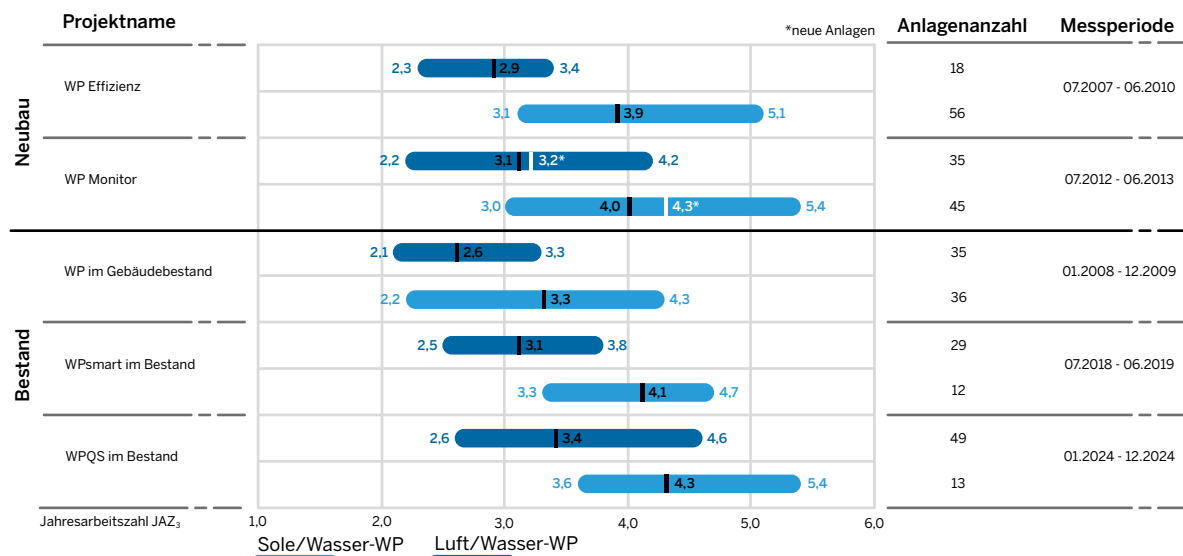


Abb. 1: Bandbreiten der vermessenen Gesamt-JAZ der verschiedenen Monitoringprojekte des Fraunhofer ISE

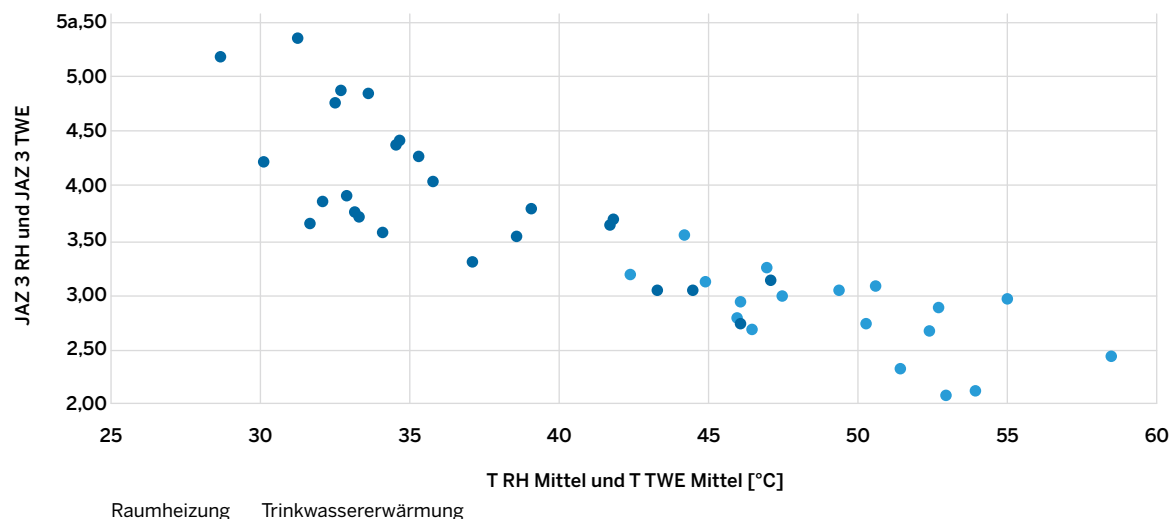


Abb. 2: Differenzierte RH-JAZ und TWW-JAZ jeweils über mittlerer Senkentemperatur für RH und TWW für Außenluft-Wärmepumpen aus dem Monitoring-Projekte WP QS [3]

3.3 Mögliche Einflussfaktoren auf die JAZ

Die im Betrieb auftretende Anlageneffizienz und damit auch die Jahresarbeitszahl (JAZ) werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Einige, wie Dimensionierung und Normleistungszahl der Wärmepumpe, sind bereits in der Planungsphase festgelegt und im Betrieb nicht mehr änderbar. Andere Randbedingungen, etwa ein erhöhter PV-Eigenverbrauch, können die JAZ zwar verringern, wirken sich dennoch positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Witterungseinflüsse verändern die JAZ ebenfalls, sind aber nicht steuerbar.

Das Verständnis dieser Einflussfaktoren ist entscheidend, um die JAZ richtig zu bewerten und Optimierungspotenziale zu erkennen. Denn einige Einflussfaktoren wie beispielsweise die Vorlauftemperatur der Heizung lassen sich im Betrieb anpassen und verbessern.

Eine ausführliche Darstellung der Einflussfaktoren findet sich in der Arbeitshilfe „Wärmepumpen effizient nutzen. Praxistipps für Planung, Installation und Betrieb“. Fast alle Faktoren wirken direkt oder indirekt auf die Güte der Wärmepumpe, die Senken- oder Quellentemperatur.

Da viele dieser Randbedingungen vor der Installation unbekannt sind, werden JAZ-Berechnungen häufig mit Standardwerten durchgeführt, was den Vergleich zwischen an Anlagen gemessenen und theoretisch berechneten Werten erschwert. Bei unerwarteten Abweichungen der Effizienz im Betrieb sollte überprüft werden, ob die Ursache in veränderten Randbedingungen liegt. Dafür ist ein kontinuierliches Monitoring erforderlich, dessen Möglichkeiten in Kapitel 5 beschrieben sind. Mögliche Ursachen für eine Abweichung der Effizienz und entsprechende Optimierungsmöglichkeiten werden im Folgenden erläutert.

4 Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

Neben der JAZ geben verschiedene weitere Kennwerte Auskunft darüber, wie effizient die Anlage läuft. Diese werden in der Arbeitshilfe „Wärmepumpen effizient nutzen. Praxistipps für Planung, Installation und Betrieb“ (siehe Abschnitt 2.1) umfassend beschrieben. Ein gutes Monitoring hilft dabei, diese Werte transparent zu machen und den Anlagenbetrieb besser zu verstehen. Wurden die Kennwerte ermittelt, lassen sich gezielt Optimierungsmöglichkeiten ableiten, um den Energieverbrauch zu senken und den Anlagenbetrieb zu verbessern. Die Optimierung und Nachrüstung wird meist vom Fachbetrieb oder Energieberater durchgeführt, im laufenden Betrieb können versierte Betreiber per Steuerung, zum Beispiel über eine App, einzelne Parameter auch selbst einstellen (zum Beispiel Heizphasen anpassen).



4.1 Vorlauftemperatur

Die Vorlauftemperatur bezeichnet die Temperatur des Heizungswassers, mit der es von der Wärmepumpe in das Heizsystem strömt und ist ein zentraler Parameter für die Effizienz von Wärmepumpensystemen. Eine niedrige Vorlauftemperatur erhöht die Effizienz der Wärmepumpe deutlich, da der Verdichter weniger arbeiten muss und somit weniger Strom verbraucht wird. Jede Senkung um ein Grad Celsius kann die Effizienz bezogen auf die JAZ um zirka 2,5 Prozent steigern. Effizient arbeiten Wärmepumpen typischerweise mit Vorlauftemperaturen zwischen 30 und 50 Grad Celsius. Werte über 55 Grad Celsius sind möglich, gehen jedoch deutlichen Effizienz-einbußen einher. Optimal sind möglichst niedrige Temperaturen. Der Gebäudestandard und das Wärmeabgabesystem setzen jedoch in der Praxis Grenzen.

Die Vorlauftemperatur lässt sich meist direkt an der Regelung der Wärmepumpe oder des Heizsystems ablesen oder mittels Temperaturfühler im Vorlauf messen. Die eingestellte Vorlauftemperatur kann je nach Gebäudedämmung, Heizkörpertyp und Außentemperatur variieren. Viele moderne Wärmepumpen regeln die Vorlauftemperatur automatisch anhand einer Heizkurve.

Optimierungsmöglichkeiten:

- **Anpassung der Heizkurve:** Eine flachere beziehungsweise niedrigere Kennlinie reduziert das Temperaturniveau im System.
- **Regelmäßige Inspektionen und hydraulischer Abgleich:** Eine gleichmäßige Verteilung der Heizleistung durch einen hydraulischen Abgleich vermeidet Temperaturspitzen.
- **Austausch alter Heizkörper gegen Niedertemperaturheizkörper:** Niedertemperaturheizkörper sind speziell für den Betrieb mit niedrigen Temperaturen (typischerweise 35 bis 45°C) ausgelegt.
- **Einsatz von Flächenheizungen (Fußboden, Wand):** Großflächige Heizkörper verringern die benötigte Vorlauftemperatur bei gleicher Heizleistung.

4.2 Quellentemperatur

Als Quellentemperatur wird die Temperatur des Mediums, aus dem die Wärmepumpe ihre Wärme entnimmt (z. B. Außentemperatur) bezeichnet. Je höher die Quellentemperatur, desto weniger Energie muss aufgewendet werden, um die gewünschte Vorlauftemperatur zu erreichen. Ein hoher Wert steigert somit die Effizienz deutlich. Ist die Quellentemperatur dagegen niedrig, muss die Wärmepumpe mehr elektrische Energie einsetzen, um Wärme bereitzustellen und die Effizienz sinkt.

Die Quellentemperatur lässt sich häufig über die digitale Steuerung der Wärmepumpe, Temperaturfühler oder entsprechende Sensoren einsehen. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen entspricht die Quellentemperatur annähernd der aktuellen Außentemperatur; bei Erd- und Wasserwärmepumpen wird sie über Sonden oder Brunnen direkt gemessen und im System angezeigt.

Optimierungsmöglichkeiten:

- **Verbesserung der Entzugsleistung und Anpassung von Betriebszeiten:** Bevorzugte Heizphasen bei höherer Quelltemperatur oder der Einsatz eines thermischen Speichers überbrücken kalte Stunden.
- **Vorwärmung des Mediums durch Solarkollektoren:** Die [Vorwärmung](#) des Quellmediums (z. B. Sole oder Wasser) durch [Solarthermie](#) hebt das Temperaturniveau am Eintritt der [Wärmepumpe](#) an.
- **Verbesserung oder Erweiterung von Erdsondenfeld und Kollektoren (Erdwärme):** Eine Verbesserung des Wärmeübergangs kann z.B. mittels effizienterer Füllmaterialien und Sondenkonfigurationen sowie durch die Erweiterung des Erdsondenfeldes oder der Kollektoren erreicht werden.

4.3 Heizstabeinsatz

Ein Heizstab dient als elektrisch betriebenes Zusatzelement in vielen Wärmepumpensystemen. Es kommt zum Einsatz, wenn eine Wärmepumpe allein den Wärmebedarf nicht decken kann oder hohe Systemtemperaturen (z. B. Legionellenschutz bei Trinkwassererwärmung) benötigt werden. Der Anteil des Heizstabs gibt an, wie viel Prozent der jährlichen Wärmebereitstellung durch den Heizstab statt durch die Wärmepumpe erfolgt. Da der Heizstab Strom direkt in Wärme umwandelt (Effizienz: 1), ist er deutlich weniger effizient als die Wärmepumpe, die mit derselben Strommenge drei- bis fünfmal mehr Wärme produzieren kann. Der Anteil des Heizstabes kann im Zweifelsfall also Auswirkungen auf die Anlageneffizienz haben. Dafür schont er die Wärmepumpe in ungünstigen Betriebspunkten. Ein zu hoher Heizstabeinsatz (> drei bis fünf Prozent der Jahresarbeit) weist meistens auf Optimierungspotenzial hin.

Der Heizstabeinsatz lässt sich meist an der zentralen Steuerung (Display, App) ablesen. Einige Systeme bieten explizite Zähler für den Heizstabbetrieb oder entsprechende Stromzähler zur Auswertung. Für eine genaue Ermittlung des Anteils werden die vom Heizstab verbrauchten Kilowattstunden im Verhältnis zur gesamten jährlich erzeugten Wärme betrachtet (oft als Prozentsatz angegeben). Moderne Monitoringsysteme integrieren diese Messwerte automatisch und stellen sie übersichtlich dar. Ergebnisse sind nach einem kurzen Zeitraum oder zumindest einer Heizsaison bereits aussagekräftig.

Optimierungsmöglichkeiten:

- **Einstellung des Bivalenzpunktes:** Der Bivalenzpunkt bestimmt die Quellentemperatur, ab welcher der Heizstab eingeschaltet wird. Ein niedriger Bivalenzpunkt verringert den Heizstabeinsatz.
- **Regelmäßige Wartung und fehlerfreie Steuerung:** Eine regelmäßige Wartung und fehlerfreie Steuerung vermeiden unnötige Heizstabeinsätze zum Beispiel bei Defekten. Die Regelung erfolgt grundsätzlich automatisch über das zentrale Steuergerät der Wärmepumpe oder ein externes Energiemanagementsystem. Bei Fehlern wird eine Anpassung des Steuergeräts, des Energiemanagementsystems oder beim Heizstab selbst angestrebt.

- **Anpassung der Systemhydraulik:** Durch eine hydraulisch optimierte Anlage, etwa mit korrekt abgeglichenen Volumenströmen und geeigneten Pufferspeichern, lässt sich der Heizstabeinsatz reduzieren, da die Wärmepumpe unter stabileren Betriebsbedingungen arbeiten kann. Für mehr Informationen siehe [Abschnitt 4.5](#).

○ Studienergebnisse

In den Feldtests des Fraunhofer ISE zeigt sich, dass der Heizstab in der Praxis in den meisten Fällen wegen seines geringen Anteils an der elektrischen Gesamtenergie eine untergeordnete Rolle bei der Wärmeerzeugung spielt. Folgende mittlere Werte ergaben sich über alle untersuchten Anlagen in der Messperiode von einem Jahr in den beiden neuesten Monitoringprojekten:

- Projekt WP-QS [3]: Außenluft-WP: 1,1 Prozent, Erdreich-WP: 0,1 Prozent
- Projekt WPsmart [4]: Außenluft-WP: 1,9 Prozent, Erdreich-WP: 0,3 Prozent
- Projekt WP-QS [3]: Außenluft-WP: 17 Prozent, Erdreich-WP: 1,0 Prozent
- Projekt WPsmart [4]: Außenluft-WP: 23,2 Prozent, Erdreich-WP: 3,9 Prozent

Dies führte bei den einzelnen Anlagen zu einem deutlich erhöhten Stromverbrauch und zeigt die Bedeutung der Betriebsüberwachung.

4.4 Anschalthäufigkeit bzw. Taktung

Die Anschalthäufigkeit beschreibt, wie oft sich eine Wärmepumpe innerhalb eines bestimmten Zeitraums ein- und ausschaltet. Sie ist ein zentraler Indikator für die Effizienz und Langlebigkeit der Anlage. Eine zu hohe Taktfrequenz führt zu häufigen Verdichterstarts, die den Verschleiß erhöhen und den Stromverbrauch ansteigen lassen. Optimal ist eine gleichmäßige, ruhige Betriebsweise mit langen Laufphasen. Viele Hersteller von Verdichtern, die in Wärmepumpen verbaut sind, geben in ihren Datenblättern minimale Laufzeiten an. Jeder Startvorgang des Verdichters erfordert kurzfristig eine höhere elektrische Leistung. Bei häufigem An- und Ausschalten steigt daher der spezifische Energieverbrauch und der Wirkungsgrad beziehungsweise die JAZ verschlechtern sich. Besonders ineffizient wird der Betrieb, wenn die Wärmepumpe zu klein dimensioniert oder Regelparameter ungünstig eingestellt sind. Moderne Inverterwärmepumpen reduzieren Taktungen durch modulierende Leistung automatisch und arbeiten dadurch effizienter sowie verschleißärmer.

Die Taktung lässt sich meist einfach über die Steuerung oder das Monitoringsystem der Wärmepumpe auslesen. Viele Wärmepumpen geben im Anzeigemenü direkt an, wie oft der Verdichter gestartet wurde. Digitale Systeme wie Monitoring- oder Smart-Home-Systeme erfassen Startvorgänge laufend und visualisieren sie in

Diagrammen. Bei älteren Anlagen lässt sich anhand von manuellen Strommessungen und Temperaturverläufen eine Taktfrequenz abschätzen.

Optimierungsmöglichkeiten:

- **Anpassung der Heizkurve:** Eine flachere Kennlinie reduziert das Temperaturniveau im System und verhindert häufige Starts.
- **Anpassung der Regelung für Warmwasserbereitung:** Zeitgesteuerte Aufheizzyklen oder geringere Solltemperaturen reduzieren Starts.
- **Anpassung der Hysterese:** Temperaturdifferenz zwischen dem Ein- und Ausschaltpunkt der Wärmepumpe siehe Abschnitt 4.6.
- **Hydraulischer Abgleich:** Die gleichmäßige Verteilung der Heizleistung vermeidet Temperaturspitzen und Schalthäufigkeit.
- **Vergrößerung oder Einbau eines Pufferspeichers:** Stabilisiert die Wärmenachfrage zwischen Start und Stillstand.
- **Studienergebnisse**

Abbildung 4 stellt eine Häufigkeitsverteilung der gemessenen Verdichterstarts aus dem Feldtest des WP-QS-Projekts [3] dar.

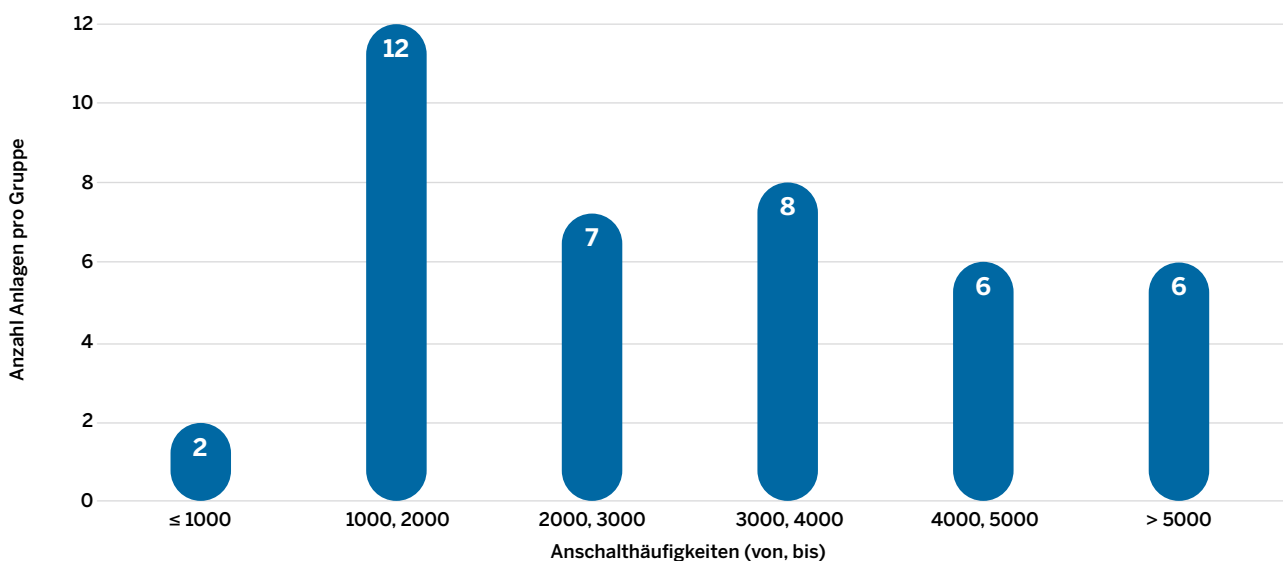


Abb. 3: Gruppierte Häufigkeitsverteilung der Verdichterstarts aus dem Feldtest des WP-QS-Projekts [3]

4.5 Hydraulik

Die Hydraulik in Wärmepumpensystemen beschreibt den Weg und die Steuerung des Heizmediums (meist Wasser) durch Rohrleitungen, Pumpen, Ventile und Speicher, um Wärme vom Wärmeerzeuger zu den Wärmeabgabestellen zu transportieren. Sie ist ein entscheidender Faktor für die Effizienz der Anlage, da eine korrekt ausgelegte und eingestellte Hydraulik sicherstellt, dass die Wärme optimal verteilt und der Energieverbrauch minimiert werden.

Hydraulische Systeme müssen Volumenströme zwischen Wärmeerzeugerkreis (Wärmepumpe) und Heizkreis optimal aufeinander abstimmen, zum Beispiel mit hydraulischen Weichen, um Druckunterschiede auszugleichen und Flüsse zu regulieren. Ist die Hydraulik nicht gut ausgelegt oder eingestellt, kommt es z.B. zu Strömungsdysbalancen oder unnötigem Mischen der Vor- und Rückläufe, was zu Effizienzverlusten und einem höheren Energieverbrauch führt. Eine ineffiziente Hydraulik kann auch häufiges Takten der Wärmepumpe und höhere Vorlauftemperaturen verursachen, was den COP negativ beeinflusst.

Schwierigkeiten bei der Hydraulik lassen sich oft indirekt an Symptomen wie häufigem Takten, ungleichmäßiger Wärmeverteilung oder ungewöhnlichen Temperaturen im Vor- und Rücklauf erkennen. Zur genauen Analyse bedarf es genauerer Messungen der Druckverhältnisse, Volumenströme und Temperaturdifferenzen. Moderne Monitoringsysteme können erste Hinweise geben, indem sie Parameter wie Vor- und Rücklauftemperaturen oder Pumpenlaufzeiten erfassen und auswerten.

Optimierungsmöglichkeiten:

- **Hydraulische Weichen:** Der Einbau oder die Anpassung hydraulischer Weichen wird zur Trennung der Kreise umgesetzt. Hydraulische Weichen dienen in einem Wärmepumpensystem z.B. dazu, den Erzeugerkreis (Wärmepumpe) vom Verbraucherkreis (Heizkörper oder Fußbodenheizung) hydraulisch zu entkoppeln. Beide Kreisläufe können mit ihren jeweils optimalen Volumenströmen betrieben werden, ohne dass sich die integrierte Pumpe der Wärmepumpe und die Heizkreispumpen gegenseitig beeinflussen
- **Pumpenleistung optimieren:** Die Pumpenleistung sollte passend zum Bedarf eingestellt werden. Moderne Pumpen bieten z.B. verschiedene Betriebsmodi, die je nach Anlagenhydraulik gewählt werden sollten.
- **Ventilregelung:** Für einen hydraulischen Abgleich zur optimalen Wärmeverteilung gilt es, die Ventile zu regeln. Für den hydraulischen Abgleich werden die Ventile so reguliert, dass jeder Heizkörper exakt die berechnete Wassermenge erhält.
- **Hydraulische Kopplung:** Durch eine passgenaue hydraulische Kopplung wird eine Anhebung des Rücklaufs vermieden.
- **Hydraulik-Schemata berücksichtigen:** Für komplexe Systeme mit mehreren Heizkreisen oder Wärmequellen müssen passende Hydraulik-Schemata umgesetzt werden.

4.6 Hystereseverhalten

Die Hysterese bezeichnet die Temperaturdifferenz zwischen dem Einschaltpunkt und dem Ausschaltpunkt der Wärmepumpe. Praktisch bedeutet das: Die Wärmepumpe schaltet sich ein, wenn die Temperatur unter eine bestimmte Schwelle fällt, und erst wieder aus, wenn eine etwas höhere Temperatur erreicht ist. Diese Differenz sorgt dafür, dass die Anlage nicht ständig an- und ausschaltet. Eine zu geringe Hysterese führt zu häufigem Takten, mehr Energieverbrauch und schnellerem Verschleiß. Eine zu große Hysterese kann dagegen in unangenehmen Temperaturschwankungen resultieren.

Die Hysterese kann oft anhand der Regelungs- oder Steuerungssysteme der Wärmepumpe eingesehen und eingestellt werden. Moderne Steuerungen zeigen Ein- und Ausschaltpunkte oder erlauben die Konfiguration der Hysteresewerte. Meist kann man das Takten der Anlage beobachten oder protokollieren, um Rückschlüsse auf die Hysterese zu ziehen. Eine zu hohe Takt-rate ist ein Indikator für eine zu kleine Hysterese.

Optimierungsmöglichkeit:

- Gleichgewicht zwischen Regelgenauigkeit und Laufzeit: Die Hysterese sollte so eingestellt werden, dass sie ein gutes Gleichgewicht zwischen Regelgenauigkeit und Laufzeit der Wärmepumpe bietet. Für Wärmepumpen werden häufig Werte von ffl 2 bis 3 Grad Celsius empfohlen.
- Optimierung der Schalthysterese: Ist die Hysterese zu klein, kann eine leichte Erhöhung die Laufzeiten verlängern und Takten reduzieren, was Energie spart und den Verschleiß mindert. Eine zu große Hysterese hingegen sollte vermieden werden, um Komfortverluste durch Temperaturschwankungen zu verhindern.

5 Möglichkeiten zur Effizienz- und Betriebsüberwachung von Wärmepumpen

Moderne Wärmepumpensysteme bieten eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Überwachung und Steuerung des Anlagenbetriebs. Im Rahmen der Anfertigung dieser Arbeitshilfe hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme insgesamt 13 Wärmepumpenhersteller dahingehend analysiert, darunter die größten deutschen sowie internationale Anbieter.



Untersucht wurde unter anderem, ob sich grundlegende Einstellungen wie Raumtemperatur, Warmwassertemperatur, Heizungsdruck oder Vorlauftemperatur einsehen und anpassen lassen. Darüber hinaus wurde geprüft, ob erweiterte Funktionen wie die Anpassung der Heizkurve oder die Einsicht in den historischen Energieverbrauch verfügbar sind. Für die Analyse konnten bei den meisten Herstellern Demoversionen der zugehörigen Apps bzw. Web-Dashboards genutzt werden. Fehlende Informationen oder Unklarheiten wurden in der Regel im direkten Austausch mit den Herstellern geklärt.

5.1 Effizienzüberwachung via App oder Web-Dashboard

Viele relevante Betriebsparameter lassen sich häufig direkt am Gerät oder bequem aus der Ferne über Apps ablesen. Nahezu alle untersuchten Hersteller stellen entsprechende Anwendungen zur Verfügung, die dem Nutzer Zugriff auf zentrale Einstellungen und Verbrauchsdaten ermöglichen. Der Funktionsumfang dieser Apps variiert zwischen den Anbietern. Grundfunktionen wie die Einstellung von Raum- und Trinkwarmwassertemperaturen sind bei allen untersuchten Systemen über die App realisierbar. Diese Temperaturen können vom Fachbetrieb oder nach Absprache mit diesem durch den Endkunden leicht auf ein sinnvolles Minimum reduziert und bei Bedarf angepasst werden, ein wichtiger Beitrag zur Energieeinsparung ohne Komfortverlust. Zudem lassen sich bei allen Herstellern Zeitprogramme konfigurieren, mit denen der Heizzyklus auf den individuellen Tagesablauf abgestimmt werden kann.

Auch Energiemonitoring wird zunehmend zum Standard. Eine grafische Historie des Energieverbrauchs, getrennt nach Stromaufnahme und erzeugter Wärmemenge, ist herstellerübergreifend verfügbar. Damit erhalten Nutzerinnen und Nutzer einen transparenten Überblick über den Betrieb ihrer Wärmepumpe. In Bezug auf die Detailtiefe bestehen jedoch Unterschiede. Während einige Systeme sowohl Vorlauftemperatur als auch Heizungsdruck remote anzeigen können, bieten andere nur eine der beiden Informationen.

Überwachung der JAZ

Etwa die Hälfte der untersuchten Hersteller stellt die JAZ direkt in der App dar. Häufig ist sie monats- oder jahresweise abrufbar, seltener auch tagesaktuell oder für die gesamte Betriebsdauer, wie in Abbildung 5 zu sehen. Der Differenzierungsgrad variiert: Einige Hersteller geben separate Werte für Heizung und Warmwasserbereitung an, andere nur einen Gesamtwert für das System. Teilweise werden auch Diagramme mit historischen JAZ-Werten angeboten, die Vergleiche über mehrere Jahre hinweg ermöglichen.

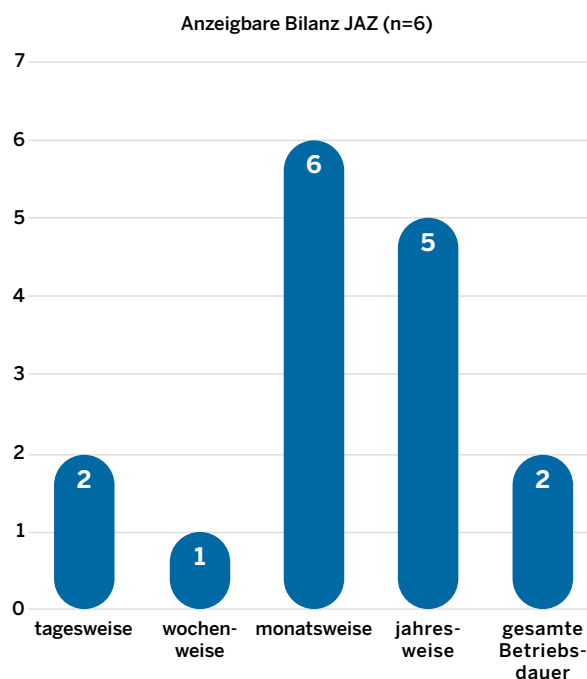


Abb. 4: Bilanzierungszeitraum der JAZ in der App der Hersteller (mit n=6 Hersteller, die eine JAZ-Anzeige in der App anbieten)



Abb. 5: Exemplarische Anzeigen zur Einstellung der Heizkurve bei verschiedenen Herstellern [5], [6], [7]

Überwachung und Einstellung der Heizkurve

Auch die Heizkurve ist nicht bei allen Herstellern über die App einstellbar. Wenn die Heizkurve per App oder am Gerät einstellbar ist, sollte die Einstellung immer mit dem Fachbetrieb abgestimmt werden, um sicherzustellen, dass keine Gewährleistungsansprüche gegenüber dem Hersteller durch die Anpassung entfallen. Bei etwa der Hälfte der untersuchten Geräte ist eine Fernanpassung möglich, bei den übrigen nur direkt am Gerät. Dabei kann die Einstellung der Heizkurve je nach Hersteller und Gerät visuell sehr unterschiedlich sein, wie Abbildung 6 beispielhaft zeigt. Teilweise kann direkt die Steilheit/Neigung eingestellt werden, teilweise aber auch nur durch die Einstellung einzelner Temperaturpaare (meist Vorlauftemperaturen und Spreizungen bei Heizgrenztemperatur und Normaußentemperatur sowie ggf. weiteren Parametern).

Überwachung weiterer Kennzahlen

Zur Erfassung und Darstellung weiterer potenziell interessanter Kennzahlen, wie die Anzahl der Betriebsstunden, die Taktung oder der Stromverbrauch von Verdichter und Heizstab, gibt es verschiedene Herangehensweisen: Während einige Hersteller detaillierte Angaben über Laufzeiten, Energieanteile und Einschaltfrequenzen bereitstellen, fehlen diese Informationen bei anderen oder sind dort nur stark vereinfacht zugänglich.

Insgesamt zeigt sich: In den letzten Jahren haben Hersteller große Anstrengungen unternommen, den Funktionsumfang der Geräte und Steuerungen zu erweitern und so bietet die digitale Effizienzanzeige von Wärmepumpen vielfältige Möglichkeiten, den Betrieb zu überwachen und zu optimieren. Der tatsächliche Nutzen für Endkunden hängt stark vom Hersteller, der Nutzerfreundlichkeit der App und der Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit den verfügbaren Daten ab.

5.2 Effizienzüberwachung durch den Hersteller im Rahmen von Fernwartung und Serviceverträgen

Die zunehmende Digitalisierung von Wärmepumpensystemen ermöglicht heute eine komfortable Fernwartung, bei der aus der Ferne auf die Anlagen zugegriffen und Diagnosen gestellt werden können. Nahezu alle untersuchten Hersteller bieten die Möglichkeit, über eine Fernverbindung detaillierte Informationen zu potenziellen Fehlermeldungen abzurufen. Diese Funktion erlaubt es Servicetechnikern, Fehlerquellen bereits im Vorfeld besser einzuschätzen und gezielt Maßnahmen zu planen. In vielen Fällen kann so ein Vor-Ort-Termin vermieden oder deutlich effizienter gestaltet werden, da benötigte Ersatzteile und Werkzeuge schon im Vorfeld bestimmt werden können.

Auch grundlegende Einstellungen, wie die Anpassung der Heizkurve oder die Kontrolle von Heizungsdruck und Vorlauftemperaturen, lassen sich bei vielen Systemen aus der Ferne vornehmen. Die Fernzugriffe ermöglichen damit nicht nur eine effizientere Wartung, sondern auch eine bessere Kontrolle und Bedienbarkeit der Systeme.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den Herstellern zeigt sich bei der systematischen Effizienzüberprüfung. Klassische Serviceverträge konzentrieren sich häufig auf die regelmäßige Wartung vor Ort, beinhalten jedoch nicht zwangsläufig eine gezielte Analyse der Energieeffizienz. Etwa die Hälfte der betrachteten Hersteller bietet zusätzlich zu den klassischen Serviceverträgen spezielle Servicemodelle an, die auf einen energieoptimalen Betrieb der Wärmepumpe ausgerichtet sind.

Ein Beispiel dafür ist das Angebot, die Wärmepumpenanlage zu Beginn der Heizperiode über mehrere Wochen hinweg intensiv zu monitoren. Dabei werden Betriebsdaten wie der Energieverbrauch, die Laufzeitverteilung zwischen Verdichter und Elektroheizstab sowie Temperaturverläufe im Vorlauf und Rücklauf systematisch erfasst und ausgewertet. Der Hersteller fasst die Analyseergebnisse anschließend in einem Monitoringbericht zusammen. Auf diese Weise lassen sich ineffiziente Betriebszustände oder technische Unregelmäßigkeiten bereits in der frühen Nutzungsphase identifizieren und gezielt beheben.

Andere Hersteller setzen auf regelmäßige, automatisierte Effizienzchecks, die beispielsweise durch automatisch erstellte Energiereports erfolgen. Diese Auswertungen geben Hinweise auf mögliche Optimierungspotenziale, wie etwa eine Anpassung der Heizkurve oder den früh-

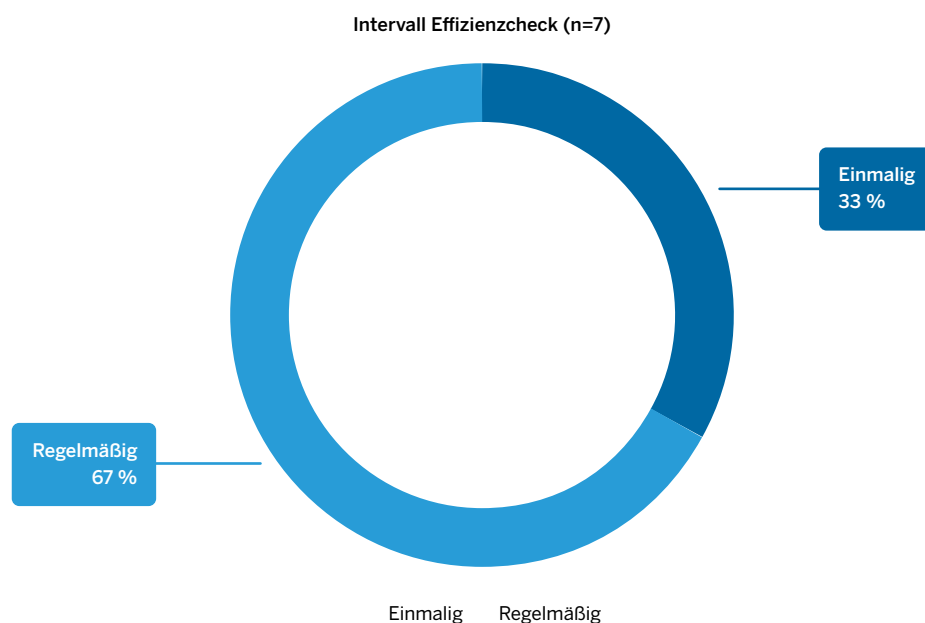


Abb. 6: Intervall des Effizienzchecks

zeitigen Hinweis auf einen Fehlbetrieb. Alternativ kann die Effizienzüberwachung auch durch eine Fachhandwerkerin oder einen Fachhandwerker erfolgen, der die Systemparameter, teils in Echtzeit, einsehen und bewerten kann. In bestimmten Fällen werden auch jährliche Qualitätschecks angeboten, die auf Wunsch mit einem Vor-Ort-Termin kombiniert werden.

Je nach Anbieter (insgesamt 7) erfolgt der Effizienzcheck entweder durch den Hersteller selbst (4), durch den zuständigen Installateur (1) oder vollständig automatisiert durch die Systemsoftware (2). Die Intervalle dieser Überprüfungen reichen von einmaligen Angeboten bis hin zu kontinuierlichen, regelmäßigen Analysen. Auch beim Umfang und den Kosten bestehen Unterschiede: Das Spektrum reicht von umfassenden Servicepaketen, die Vor-Ort-Wartung mit Qualitätsprüfung und Fernüberwachung kombinieren, bis hin zu rein digitalisierten Lösungen, bei denen die Datenauswertung automatisiert erfolgt, ohne zusätzliche Kontrolle durch Fachpersonal. Die rein digitalen Angebote sind entsprechend deutlich günstiger, bilden die Komplexität des Heizsystems unter Umständen aber nicht vollständig ab.

Diese Vielfalt an Serviceangeboten zeigt, dass die digitale Betriebsüberwachung und Effizienzoptimierung von Wärmepumpensystemen zunehmend zentrale Elemente moderner Gebäudetechnik werden, sowohl zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebs als auch zur Maximierung der Energieeinsparpotenziale.

5.3 Effizienzüberwachung durch Dritte

In Fällen, in denen eine Wärmepumpe keinen Fernzugriff ermöglicht oder der Hersteller kein eigenes Effizienzmonitoring anbietet, kann die Überwachung der Systemeffizienz durch externe Dienstleister erfolgen. Es existieren Anbieter, die herstellerunabhängige Effizienz-Monitoring-Systeme bereitstellen. Der Fokus liegt im Folgenden, wie auch in den vorangegangenen Kapiteln, auf der JAZ.

Zur Bestimmung der JAZ werden sowohl der Stromverbrauch als auch die erzeugte Wärme erfasst. Hierfür kommen Sensorensätze zum Einsatz, die beispielsweise aus Wärmemengenzählern sowie Stromzählern bestehen und direkt an der Heizungsanlage installiert werden. Einzelne Hersteller werben mit besonders einfacher Installation, die ohne fachliche Vorkenntnisse in unter einer Stunde möglich sein soll („Plug & Play“).

Allerdings stellt sich die Frage, inwieweit komplexere Systeme mit solchen Standardlösungen adäquat überwacht werden können. So kann beispielsweise ein elektrisch betriebener Heizstab, der anteilig zur Wärmebereitstellung beiträgt, das Messergebnis verfälschen, wenn sein Stromverbrauch nicht separat erfasst wird, sondern gemeinsam mit dem der Wärmepumpe. Ähnliche Herausforderungen ergeben sich bei Hybridanlagen, in denen etwa ein Gaskessel in Reihe mit der Wärmepumpe geschaltet ist. Um die Effizienz der Wärmepumpe korrekt bewerten zu können, müsste in diesem Fall die Wärmeabgabe der beiden Komponenten separat gemessen werden.

Messtechnik

Während der Stromverbrauch einzelner Komponenten der Heizungsanlage mit Clamp-On (Anlege-Sensoren) Messtechnik relativ exakt bestimmt werden kann, stellen sich bei der Wärmemessung deutlich größere Herausforderungen. Für die Wärmemessung müssen sowohl die Vor- als auch die Rücklauftemperatur, sowie der Volumenstrom des jeweiligen Kreises möglichst exakt gemessen werden. Erfahrungsgemäß kann die Fehleranfälligkeit bei der Messung mit Clamp-On Messtechnik groß sein. Die Ergebnisse, die mit dieser Methode gewonnen werden, unterliegen somit einer gewissen Unsicherheit.

Im Vergleich dazu erfassen wissenschaftliche Monitoringsysteme eine deutlich größere Anzahl an Parametern und nutzen Sensoren, die in die hydraulischen und elektrischen Leitungen eingebaut werden. Darüber hinaus werden speziell angepasste Algorithmen zur Analyse der Messergebnisse eingesetzt. Externe Monitoringlösungen im nicht-wissenschaftlichen Kontext stellen daher lediglich eine Annäherung an die tatsächliche Energieeffizienz der Wärmepumpe dar.

5.4 Manuelle/Nachträgliche Messungen mittels zusätzlicher Messtechnik

Statt einer Effizienzüberwachung durch eine externe Stelle kann dem Endkunden angeboten werden, die benötigte Messtechnik für ein eigenständiges Monitoring zu installieren. Anlagenbetreibende erhalten damit die Möglichkeit, die Effizienz ihrer Wärmepumpenanlage selbst zu überwachen, unabhängig von den Anzeigen der Wärmepumpenhersteller auf dem Bedienpanel der Wärmepumpe oder einer App.

Vorgehen zur Nachrüstung von Messtechnik

In den folgenden Abschnitten werden neben der bereits definierten **JAZ** noch die **Arbeitszahl (AZ)** und die **Erzeugerarbeitszahl (EAZ)** genannt. Die **AZ** misst die Effizienz einer Wärmepumpe als Momentaufnahme unter bestimmten Bedingungen, während die **JAZ** den tatsächlichen Durchschnittswert über ein ganzes Jahr inklusive aller Systemverluste abbildet. Die **EAZ** betrachtet ebenfalls das gesamte Jahr, klammert jedoch periphere Verluste sowie Nebenaggregate aus, um rein die technische Effizienz der Wärmepumpe und ihrer Wärmequelle zu bewerten.

Bei der Nachrüstung der Wärmepumpenanlagen mit Messtechnik sind folgende Schritte erforderlich:

- **Ziel der Messung definieren:** Klären, ob ein einfaches Mess- bzw. Auswertkonzept nur die Effizienz überwachen soll oder der Betrieb tiefgreifend analysiert und optimiert werden soll.
- **Messstellen anhand hydraulischen und elektrischen Schemas definieren:** Positionen anhand der vorliegenden Anlagenpläne bestimmen. Dabei nicht vergessen, eventuelle Elektroheizstäbe zu berücksichtigen.
- **Messtechnik einbauen:** Einbau von Fachpersonal durchführen lassen. Zuvor prüfen, ob dadurch Gewährleistungen erlöschen können.
- **Funktionen prüfen:** Den ordnungsgemäßen Betrieb der Sensoren kontrollieren und dokumentieren.
- **Daten regelmäßig erfassen und dokumentieren:** Die Messwerte exakt aufzeichnen – manuell durch Ablesen (z. B. monatlich) oder automatisiert (z. B. via M-Bus für Minutenwerte). Dabei ist eine automatisierte Messdatenerfassung vorteilhaft. Der Zeitpunkt der Aufnahme ist zu dokumentieren.
- **Daten auswerten:** Die aufgezeichneten Messwerte nutzen, um die Anlage entsprechend Ihrem Ziel zu analysieren.

Installation der Messtechnik in Abhängigkeit von der Anlagenkonfiguration

Es eignen sich nicht alle Anlagenkonfigurationen gleich gut, um mit einfachen Messkonzepten Arbeitszahlen zu ermitteln. Während Stromzähler an den geeigneten Stellen häufig noch mit überschaubarem Aufwand installiert werden können, stellt die Messung thermischer Größen meist höhere Herausforderungen an Planung und Umsetzung. Mit dem Ziel, die Erzeugerarbeitszahl (für Raumheizung und Trinkwassererwärmung) zu ermitteln, müssen die Wärmemengenzähler vor den etwaigen Speichern positioniert werden. Die Erzeugerarbeitszahl fokussiert sich rein auf den Wärmeerzeuger (die Wärmepumpe selbst). Bei kompakten Bauformen mit Speichern innerhalb der Gehäuse der WP ist dies nicht möglich. Die meisten kompakten Bauformen enthalten den Trinkwasserspeicher, manche auch zusätzlich einen Pufferspeicher zur Raumheizung. Nachfolgend werden vereinfachte Messkonzepte für typische Anlagenkonfigurationen vorgestellt.

Anlagen- und Messkonzept 1: Wärmepumpenheizungsanlage, monoenergetisch mit Heizungsspeicher und Brauchwarmwasserspeicher, Heizstab innerhalb der WP

Abbildung 7 zeigt den schematischen Aufbau einer Wärmepumpenheizungsanlage mit Monoblock-WP (inkl. Heizstab), einem Heizungs- und einem Brauchwarmwasserspeicher. Bei diesem Aufbau können die von der Wärmepumpe und dem Heizstab an die beiden Speicher gelieferte Wärmemenge mit einem Wärmemengenzähler und der Strombezug der Wärmepumpe, inklusive des Heizstabes, mit einem Stromzähler erfasst werden. Oftmals ist es aufgrund der elektrischen Verschaltung möglich oder gar notwendig, den Heizstab separat mit einem Stromzähler zu messen. Daraus ergeben sich die Wärme- und Strommengen, die zur Berechnung der Arbeitszahlen inkl. Heizstab nötig sind. Wenn der Heizstab elektrisch separat vermessen werden kann, ist es zudem möglich, die Anlage wie im Messkonzept 2 beschrieben auszuwerten; also die Arbeitszahl ohne Heizstab zu ermitteln und den Deckungsbeitrag des Heizstabes auszuweisen. Hierzu wird die gemessene elektrische Energie des Heizstabes aufgrund des sehr hohen Wirkungsgrades vereinfacht als thermische Energie angesetzt und vom Wert des Wärmemengenzählers abgezogen.

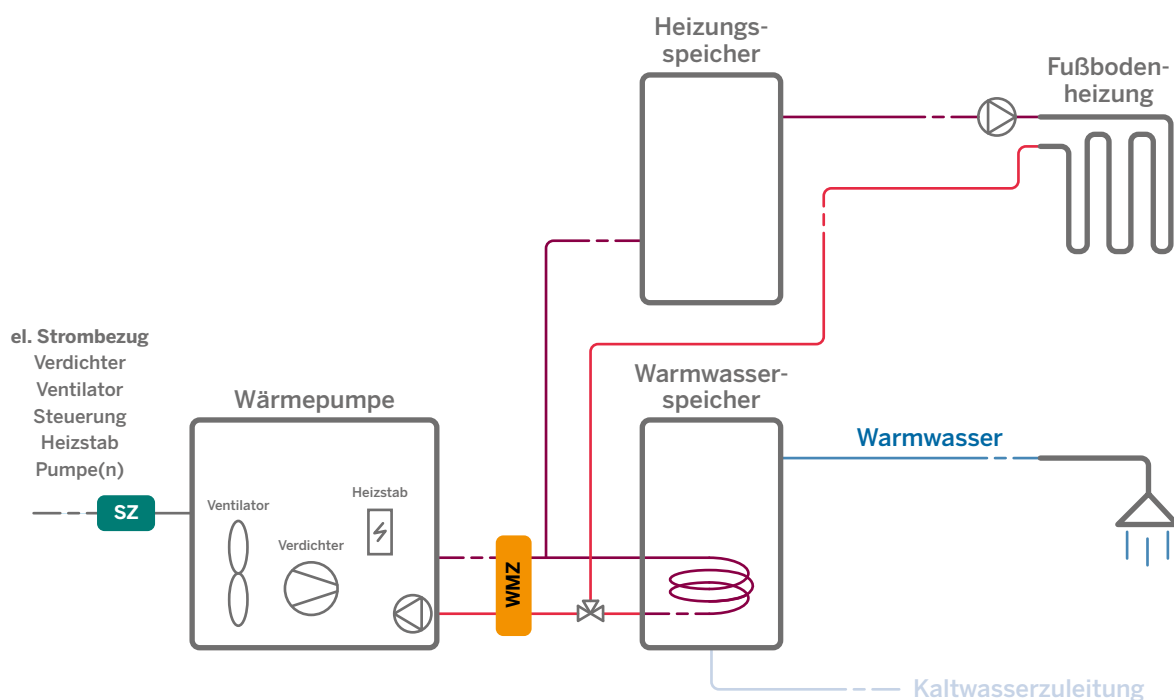


Abb. 7: Exemplarisches Anlagenschema für Wärmepumpenheizungsanlage, monoenergetisch mit Heizungsspeicher und Brauchwarmwasserspeicher, Heizstab innerhalb der WP (Anlagen- und Messkonzept 1)

Anlagen- und Messkonzept 2: Wärmepumpenheizungsanlage, monoenergetisch mit Heizungsspeicher und Brauchwarmwasserspeicher, Heizstäbe in den Speichern

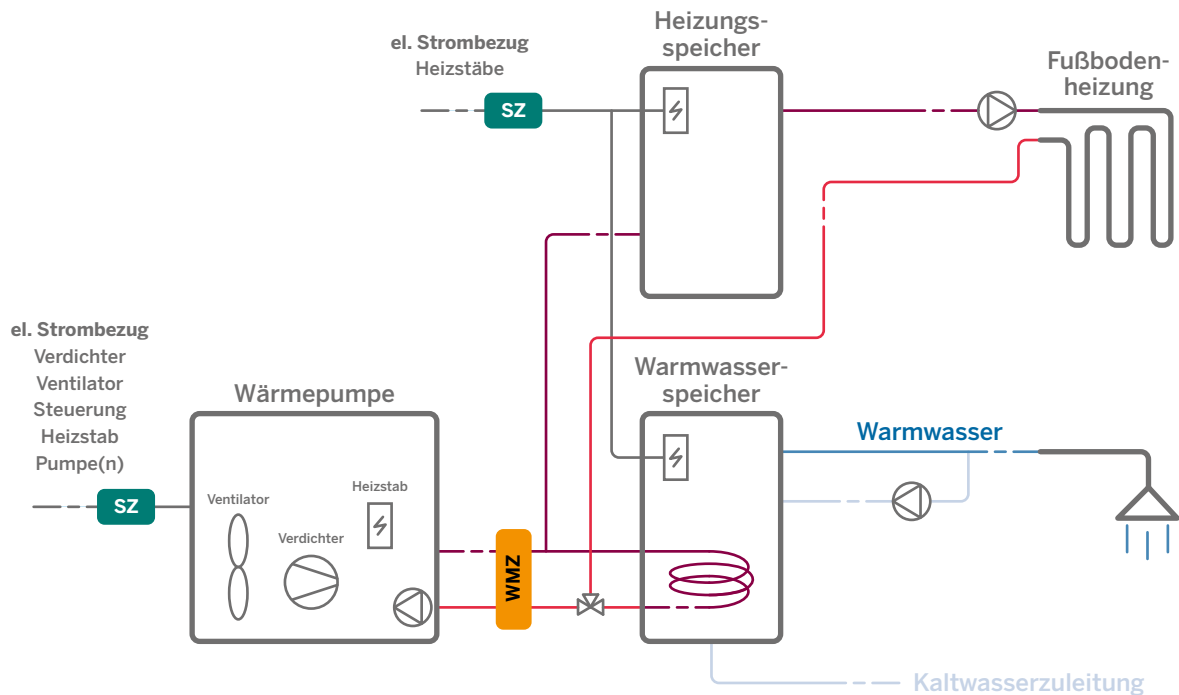


Abb. 8: Exemplarisches Anlagenschema für Wärmepumpenheizungsanlage, monoenergetisch mit Heizungsspeicher und Brauchwarmwasserspeicher, Heizstäbe in den Speichern (Anlagen- und Messkonzept 2)

Im Gegensatz zur vorherigen Anlagenkonfiguration sind bei dieser Anlage Heizstäbe in den Speichern verbaut. Dies erlaubt grundsätzlich die Ermittlung der Arbeitszahlen mit und ohne Heizstäbe. Für die Bilanzierung der Anlage müssen die Heizstäbe ebenfalls mit einem Stromzähler erfasst werden. Hierbei gilt es zu beachten, dass die von den Heizstäben bereitgestellte Wärmemenge vom Wärmemengenzähler nicht gemessen wird.

Um die Gesamtanlage (Wärmepumpe und Heizstäbe) dennoch zu bilanzieren, kann die von den Heizstäben produzierte Wärmemenge anhand des aufgenommenen Stromwertes ermittelt werden. Die gemessene elektrische Energie kann hierbei aufgrund des sehr hohen Wirkungsgrades vereinfacht als thermische Energie angesetzt werden.

Anlagen- und Messkonzept 3: Wärmepumpenheizungsanlage, bivalent mit Öl- bzw. Gaskessel, Heizungsspeicher und Brauchwarmwasserspeicher

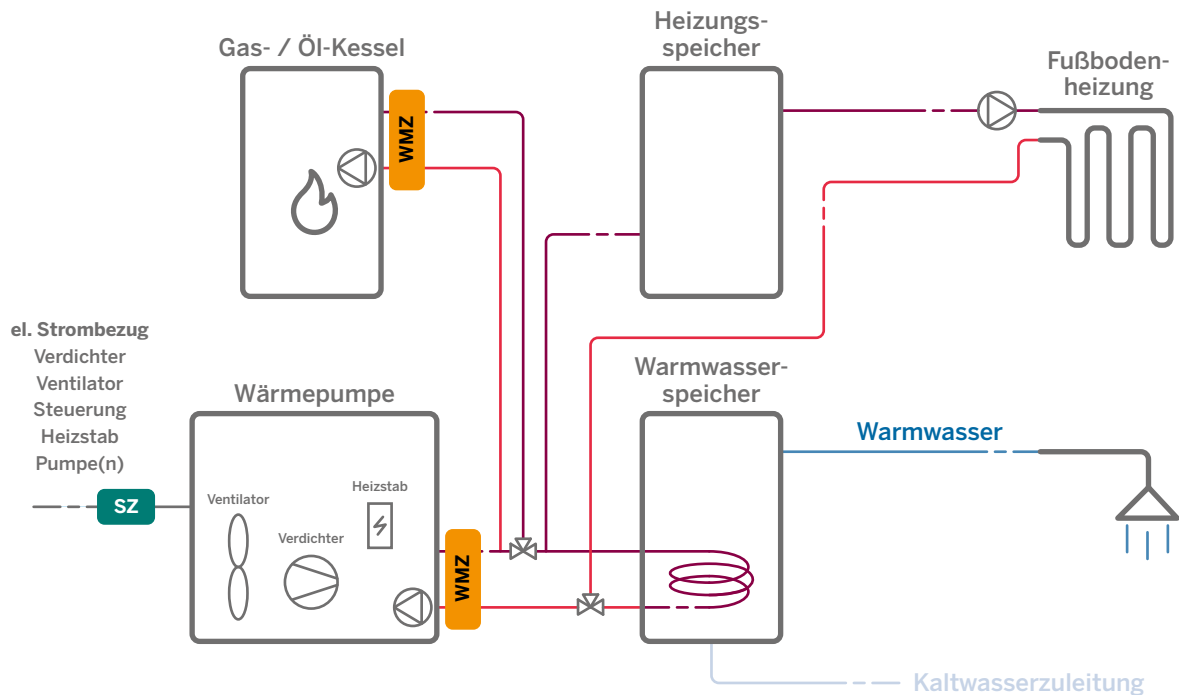


Abb. 9: Exemplarisches Anlagenschema für Wärmepumpenheizungsanlage, bivalent mit Öl- bzw. Gaskessel, Heizungsspeicher und Brauchwarmwasserspeicher (Anlagen- und Messkonzept 3)

Abbildung 9 zeigt eine bivalente Wärmepumpenheizungsanlage mit zusätzlichem Gas- oder Ölkessel. Zur Bewertung des Gesamtsystems ist der Deckungsbeitrag des Kessels eine wichtige Größe und könnte den Ausgangspunkt für Betriebsoptimierungen bilden. Um den Deckungsbeitrag zu ermitteln, ist ein weiterer Wärmemengenzähler erforderlich, der ausschließlich die vom Kessel bereitgestellte Wärmemenge erfasst. Gerade bivalente Anlagen gehen oft mit komplexen hydraulischen Konfigurationen einher.

Daher ist es wichtig, die Position der beiden Wärmemengenzähler exakt zu definieren. Die Effizienz der Wärmepumpe kann wie im ersten Beispiel ermittelt werden. Bei der Interpretation der Arbeitszahl der Wärmepumpe gilt es jedoch zu beachten, dass diese lediglich für den Deckungsbeitrag der Wärmepumpe und den dabei vorherrschenden Betriebsbedingungen gilt.

Die nachfolgend vorgestellte Effizienzmessung (Ziel: Arbeitszahlermittlung) bezieht sich auf die sogenannte Erzeugerarbeitszahl für den kombinierten Betrieb, also sowohl zur Raumheizung als auch zur Trinkwassererwärmung. Die Erzeugerarbeitszahl ist eine gute Basis zur Gegenüberstellung von Normeffizienzwerten oder Ergebnissen aus anderen Feldmessungen, da sie keine systematischen Einflüsse berücksichtigt. Zur Einordnung der Unterschiede ist die Betrachtung der jeweiligen Einsatzbedingungen (bspw. der Temperaturen) wichtig. Die Arbeitszahl kann theoretisch inklusive oder exklusive der Elektroheizstäbe, die insbesondere bei Luft-Wärmepumpen i.d.R. mit installiert sind, ermittelt werden. Inklusive Heizstäbe wird das Gesamtsystem beurteilt, was mit Blick auf die Stromrechnung sowie die ökologischen Kennwerte der Wärmepumpe wichtig ist. Die Arbeitszahl exklusive Heizstäbe lässt Rückschlüsse auf die ausschließliche Performance der Wärmepumpe zu. In Formeln ausgedrückt kann die Arbeitszahl (AZ) mit und ohne Heizstäbe (HS) wie folgt ermittelt werden:

$$AZ_{WP} = \frac{\text{thermische Energie der WP (in kWh)}}{\text{von WP auf gewendete Strommenge (in kWh)}}$$

$$AZ_{WP,HS} = \frac{\text{thermische Energie der WP (in kWh)} + \text{thermische Energie des HS (in kWh)}}{\text{von WP auf gewendete Strommenge (in kWh)} + \text{von HS auf gewendete Strommenge (in kWh)}}$$

Legende:

AZ= Arbeitszahl

WP = Wärmepumpe

HS = Heizstab

Die Arbeitszahlen, wie auch andere Kennzahlen, können für verschiedene Bezugszeiträume berechnet werden, bspw. von Tages- bis Jahresarbeitszahlen. Je nach Zeitschritt der Datenerfassung lassen sich unterschiedliche Erkenntnisse aus den Messdaten und den berechneten Kenngrößen ableiten. Ab einer minütlichen Datenauflösung bietet es sich zudem an, neben den Energiewerten auch bspw. Vor- und Rücklauftemperaturen, Volumenströme sowie Leistungswerte aus den Wärmemengenzählern auszulesen, da es Minutenwerte erlauben, diese Größen für den Wärmepumpenbetrieb und ohne Berücksichtigung des Stillstandszeiten zu ermitteln. Dies setzt eine entsprechende Datenfilterung voraus. So ist es bspw. für die Auswertung der Vorlauftemperaturen der Wärmepumpen essenziell, diese nur in den Minuten zu berücksichtigen, in denen die Wärmepumpe in Betrieb ist (bspw. detektiert über den Stromzähler der Wärmepumpe (ohne Heizstab), der einen Mindestwert (Mindestleistung Verdichter) überschreitet). Die Aggregation von Minutenwerten zu Tageswerten ermöglicht in Verbindung mit Tagesmittelwerten der Außenlufttem-

peraturen weiteren Spielraum zur Datenanalyse (bspw. dem Auswerten von gemessenen Vorlauftemperaturen im Vergleich mit den Planwerten). Die Außenlufttemperaturen können vor Ort gemessen oder, bezogen auf eine naheliegende Wetterstation, vom Deutschen Wetterdienst online bezogen werden. Bei der Positionierung eines Sensors zur Erfassung der Außenlufttemperatur vor Ort ist zu berücksichtigen, dass dieser nicht von der Sonneneinstrahlung beeinflusst werden darf.

Die nachfolgende Darstellung zeigt exemplarisch, welche Erkenntnisse sich je nach Zeitschritt der Datenerfassung aus den Messdaten und berechneten Größen ableiten lassen. Hierbei zählen die Möglichkeiten, die für eine zeitliche Auflösung (bspw. ein Jahr) beschrieben sind, auch für alle kleineren Zeitschritte (bspw. einen Monat oder einen Tag). Zudem gelten die Optionen, die für ein Anlagen-/Messkonzept beschrieben sind (bspw. für Konzept 1) auch für die Konzepte mit höheren Nummern (Konzept 2 und 3).

Zeitschritt: 1 Jahr

Die über ein Jahr berechneten Kennwerte können für den Vergleich mit den jeweiligen Daten des Vorjahres oder mit Plan- oder Benchmarkwerten genutzt werden. Hierbei müssen der Einfluss der Witterungsbedingungen und der individuellen Nutzung (u. a. die Heizkreistemperatur) berücksichtigt werden.

- Anlagen-/Messkonzept 1:
 - Jahreswärmemenge (RH + TWE)
 - Jahresarbeitszahl (WP + Heizstab)
 - Elektrischer Stromverbrauch (WP + Heizstab)
- Anlagen-/Messkonzept 2:
 - Deckungsbeitrag Heizstab
 - Heizstabanteil am Stromverbrauch
 - Jahresarbeitszahl nur Wärmepumpe
- Anlagen-/Messkonzept 3:
 - Deckungsbeitrag Kessel

Zeitschritt: 1 Monat oder 1 Woche

Die Auswertung von Messdaten von einer Woche ermöglicht es, ungewünschte Betriebsverhalten (bspw. einen hohen Einsatz des Heizstabes oder Kessels) eher zu detektieren. Zudem bietet die Auswertung in unterschiedlichen Jahreszeiten folgende weitere Möglichkeiten:

- Anlagen-/Messkonzept 1:
 - Wärmemenge für TWE (ermittelt in Zeiten ohne RH-Betrieb)
 - Wochen-/Monatsarbeitszahl der TWE (ermittelt in Zeiten ohne RH-Betrieb)
- Anlagen-/Messkonzept 2:
 - (Ungewünschten) Heizstabanteil am Stromverbrauch außerhalb der Kernheizperiode
- Anlagen-/Messkonzept 3:
 - (Ungewünschten) Deckungsbeitrag Kessel außerhalb der Kernheizperiode

Zeitschritt: 1 Tag

Bei Tageswerten bietet sich die Korrelation von Mess- und Kennwerten mit den mittleren Tagesaußenlufttemperaturen an. Dies kann Hinweise für einen ungewünschten Betrieb bzw. ungünstige Betriebszustände geben. Auch lassen sich so etwaige Einsatzgrenzen für den Betrieb des Heizstabes und Kessels aufzeigen und der Planung gegenüberstellen. Hierzu zählen bspw.:

- Anlagen-/Messkonzept 1:
 - Wärmemenge (RH + TWE) über Außenlufttemperatur
- Anlagen-/Messkonzept 2:
 - Stromverbrauch Heizstab über Außenlufttemperatur
- Anlagen-/Messkonzept 3:
 - Deckungsbeitrag Kessel über Außenlufttemperatur

Zeitschritt: 1 Minute

Bei entsprechender Datenfilterung bieten Minutenwerte eine Fülle an Möglichkeiten zur Bewertung des Anlagenbetriebes. Hierzu zählen bspw.:

- Anlagen-/Messkonzept 1:
 - Betriebstemperaturen der Wärmepumpe
 - Anschalthäufigkeiten der Wärmepumpe
- Anlagen-/Messkonzept 2:
 - Leistungsregelung der Wärmepumpe
 - Zweckmäßigkeit des Zuschaltens des Heizstabes
- Anlagen-/Messkonzept 3:
 - Zweckmäßigkeit des Kesseleinsatzes



6 Fazit

Um die Vorteile einer Wärmepumpe voll auszuschöpfen, ist ein effizienter Betrieb wichtig. Ein geeignetes Monitoring hilft dabei, die relevanten Einflüsse zu identifizieren und Optimierungsmöglichkeiten abzuleiten sowie diese gezielt anzugehen. Besonders in den ersten ein bis drei Betriebsjahren ist es üblich und sinnvoll, die Betriebsparameter der Wärmepumpe schrittweise nachzujustieren. Auch im späteren Betrieb empfiehlt es sich, die Anlage regelmäßig zu beobachten, um mögliche Störungen frühzeitig zu erkennen und gegebenenfalls gegenzusteuern. Manche Anzeichen für einen ineffizienten oder suboptimalen Betrieb lassen sich dabei ohne Messungen bestimmen und können durch eine Überwachung und Abstimmung der Betriebsparameter verbessert werden.

Zur tieferen Überwachung und Steuerung des Anlagenbetriebs bieten moderne Wärmepumpensysteme bereits eine Vielzahl an Möglichkeiten. Viele relevante Betriebsparameter wie Vorlauftemperatur, Energieverbrauch oder Betriebsdruck im Heizungssystem lassen sich häufig direkt am Gerät oder bequem aus der Ferne über Apps ablesen. Die zunehmende Digitalisierung von Wärmepumpensystemen ermöglicht zudem eine komfortable Fernwartung, bei der Hersteller oder Fachhandwerker aus der Ferne auf die Anlagen zugreifen und Diagnosen stellen können. So lassen sich frühzeitig Optimierungspotenziale erkennen und die Effizienz, und damit häufig auch die laufenden Betriebskosten, verbessern.

Quellenverzeichnis

- [1] VdZ – Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e.V. (2026): „Optimierung von Heizungsanlagen im Bestand“. https://files.vdzev.de/pdfs/fachregel/Fachregel_Hydraulischer_Abgleich.pdf.
- [2] Fraunhofer ISE (2025): „Weitere Felduntersuchungen von Wärmepumpen“. <https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wpqs-im-bestand/german/index/links.html>.
- [3] Fraunhofer ISE (2025): „WP-QS im Bestand - Entwicklung optimierter Versorgungskonzepte und nachhaltiger Qualitätssicherungsmaßnahmen für Wärmepumpen im EFH-Bestand - Abschlussbericht“. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/projekte/WP-QS_Schlussbericht.pdf.
- [4] Fraunhofer ISE (2020): „Wärmepumpen in Bestand - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt ‚WPSmart im Bestand‘ - Abschlussbericht“. https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wpqs-im-bestand/download/Berichte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf.
- [5] Viessmann (2026): „Heizkurve richtig einstellen – Anleitung und Tipps“. <https://www.viessmann.de/de/wissen/anleitungen-und-tipps/heizkurve-einstellen.html>.
- [6] P. Hermann (2025): „Die Heizkurve einer Fußbodenheizung richtig einstellen“. <https://www.heizung.de/ratgeber/fussbodenheizung/mit-der-heizkurve-die-fussbodenheizung-voll-ausreizen.html>.
- [7] Buderus (2025): „Logamatic BC400-HP - Installationsanleitung“. <https://buderus-ch-de.boschtt-documents.com/download/pdf/file/6721850791>.

Kontakt:

waerme@energy4climate.nrw

Impressum:

NRW.Energy4Climate GmbH
EUREF-Campus 1c
40472 Düsseldorf
0211 822 086-555

kontakt@energy4climate.nrw
www.energy4climate.nrw
© NRW.Energy4Climate / B26014

Stand:

7/2026

Bildnachweis:

Titel: StockSeller_ukr-iStock.com
Seite 4: HarmvdB-pixabay.com
Seite 5: rh2010-adobe.stock.com
Seite 8: AlexGo-adobe.stock.com
Seite 9: Ralf Geithe-iStock.com
Seite 13: welcomia-iStock.com
Seite 19: wetzkaz-adobe.stock.com
Seite 25: Hermann-adobe.stock.com
Seite 30: StockSeller_ukr-iStock.com