



**NRW.ENERGY
4CLIMATE**

Landesgesellschaft
für Energie und Klimaschutz



Wärmepumpen effizient nutzen

Praxistipps für Planung, Installation und Betrieb

Inhalt

1 Auf einen Blick: Tipps zur Effizienz von Wärmepumpen 3

2 Einleitung 5



2.1	Überblick zu Effizienzkennzahlen von Wärmepumpen	6
2.1.1	Gruppe 1: COP bzw. Normleistungszahl und EER als Ergebnis von Teststandmessungen	6
2.1.2	Gruppe 2: SCOP, η_s sowie JAZ auf Basis von Berechnungen	7
2.1.3	Gruppe 3: JAZ bzw. SPF im realen Betrieb gemessen	7
2.2	Effizienzkennzahlen als Fördervoraussetzung	9

3 Effizienzeinflüsse, Prozessschritte und Akteure 10



3.1	Normheizlast des Gebäudes	14
3.2	Temperaturen zur Raumheizung	14
3.3	Temperaturen zur Trinkwassererwärmung	14
3.4	Art und Dimensionierung des Wärmeübergabesystems	15
3.5	Wärmequellentemperaturen	16
3.6	Dimensionierung der Wärmepumpe	20
3.7	Normleistungszahl (COP) der Wärmepumpe	22
3.8	Wärme- bzw. Temperaturverluste von der Wärmepumpe zum Wärmeübergabesystem	22
3.9	Qualität der Installation	23
3.10	Hydraulischer Abgleich	23
3.11	Dynamischer hydraulischer Abgleich	24
3.12	Einstellung der Heizkurve	24
3.13	Leistungsregelung	25
3.14	Anschalthäufigkeiten	25
3.15	Ungeplanter Heizstabeinsatz	27
3.16	Alternative Betriebsweisen	27
3.17	Betriebsart und Deckungsbeitrag der Wärmepumpe	29
3.18	Einfluss durch Anlagenbetreibende	31



1 Auf einen Blick: Tipps zur Effizienz von Wärmepumpen

Systematisch planen – nicht nur das Gerät bewerten.

Die Effizienz hängt stark vom Gesamtsystem ab (Wärmepumpe, Wärmequelle, Heizflächen, Regelung). Eine ganzheitliche Planung ist entscheidend.

Heizkreistemperaturen niedrig halten.

Jede Reduktion der Vorlauftemperatur steigert die Jahresarbeitszahl (JAZ). Fußboden- oder Wandheizungen sind besonders vorteilhaft.

Warmwassertemperaturen optimieren.

Warmwasser sollte nur so hoch erwärmt werden wie nötig (z. B. 50 bis 55 °C). Jedes zusätzliche Grad senkt den Wirkungsgrad.

Richtige Dimensionierung ist entscheidend.

Eine zu große Wärmepumpe taktet häufig, eine zu kleine benötigt oft den Heizstab. Beide Fälle können die Effizienz beeinflussen.

Wärmequelle sorgfältig wählen und auslegen.

Je höher die Quellentemperatur (Erdreich, Grundwasser, Außenluft), desto besser die Effizienz. Eine gute Standortkenntnis ist hier Gold wert.

COP und SCOP richtig einordnen.

Der COP beschreibt Laborwerte, der SCOP/die JAZ hingegen reale Bedingungen. Für Förderentscheidungen und Planung sollten stets reale Werte herangezogen werden.

Modulierende Geräte bevorzugen.

Wärmepumpen mit Invertertechnik passen ihre Leistung dem Bedarf an. Das reduziert Taktungen und erhöht die Lebensdauer.

Regelung und Betriebsstrategien anpassen.

Zeitprogramme, Nachtabsenkung und intelligente Steuerungen (Smart Grid Ready) verbessern Effizienz und Netzverträglichkeit.

Ungeplanten Heizstabeinsatz vermeiden.

Eine gute Abstimmung zwischen Heizung, Speicher und Regelung verhindert unnötigen Stromverbrauch durch den elektrischen Zusatzheizstab.

Hydraulischer Abgleich ist Pflicht.

Nur bei korrektem Volumenstrom und hydraulischer Balance erreicht das System die geplanten Temperaturen und Effizienzen.

Installationsqualität prüfen.

Eine fachgerechte Verrohrung, gute Dämmung und ein optimales Vakuum im Kältekreislauf sorgen für eine besonders effiziente Leistung.

Förderkriterien im Blick behalten.

Aktuelle Förderprogramme (z. B. BEG) verlangen bestimmte Mindestwerte für JAZ oder ETAs. Diese sollten schon in der Planung berücksichtigt werden.

Laufende Überwachung und Wartung durchführen.

Regelmäßige Kontrolle der Betriebsdaten und Wartung (Filter, Regelung, Sensoren) sichern den langfristigen Wirkungsgrad.

Nutzerverhalten optimieren.

Angepasste Raumtemperaturen, bewusste Nutzung von Warmwasser und Vermeidung häufiger Sollwertänderungen verbessern die Effizienz.

Daten aus realem Betrieb nutzen.

Die Auswertung real gemessener Jahresarbeitszahlen (z. B. Feldtests, Monitoring) liefert wertvolle Erfahrungswerte zur Optimierung.



2 Einleitung

Die Wärmepumpe ist vor allem in dezentralen Gebieten das wichtigste Heizsystem der Zukunft. Mit einer Effizienz von 300 bis 500 Prozent erzeugt sie aus einer Kilowattstunde Strom drei bis fünf Kilowattstunden Wärme und arbeitet damit effizienter als jedes andere Heizsystem. Der optimale Betrieb hängt jedoch von vielen Randbedingungen ab.

Diese Arbeitshilfe stellt die wichtigsten Effizienzeinflüsse systematisch dar und liefert Fachkräften und Energieberatern, die bei der Realisierung effizienter Wärmepumpensysteme eine Schlüsselrolle spielen, alle notwendigen Informationen, um bei der Planung, Installation und dem Betrieb von Wärmepumpensystemen fundierte Entscheidungen treffen zu können.

Über alle Kapitel hinweg stammen die gezeigten Messergebnisse aus dem Feldtest „WP-QS im Bestand“ des Fraunhofer ISE [1], das seit über 20 Jahren Wärmepumpen unter realen Bedingungen im Feld untersucht.

Wie sich die Effizienz von Wärmepumpen im Betrieb prüfen und anpassen lässt, beschreibt ergänzend zu diesem Leitfaden die Arbeitshilfe „Wärmepumpen im Betrieb“.

2.1 Überblick zu Effizienzkennzahlen von Wärmepumpen

Um Missverständnisse oder Fehlinterpretationen im Umgang mit Effizienzkennzahlen von Wärmepumpen zu vermeiden, ist es wichtig, die vielen Effizienzkennzahlen zu kennen und zu verstehen. Abbildung 1 stellt die am häufigsten verwendeten Effizienzkennzahlen für Wärmepumpen dar.

Hierbei werden die Kennzahlen den folgenden drei Gruppen zugeordnet¹:

2.1.1. Gruppe 1: COP bzw. Normleistungszahl und EER als Ergebnis von Teststandmessungen

Die erste Gruppe bilden Effizienzkennzahlen für den Raumheiz- und Kühlmodus, die unter definierten Bedingungen auf Testständen gemessen werden. Sowohl die

Bedingungen als auch die Berechnungsmethode sind in entsprechenden Normen definiert. Reale bzw. sich ändernde Betriebsbedingungen werden bei Effizienzkennzahlen der Gruppe 1 nicht berücksichtigt. Dies bietet den Vorteil, die Effizienzkennzahlen der Gruppe 1 zum direkten Vergleich der Geräte heranziehen zu können. Allein auf Basis der Effizienzkennwerte der Gruppe 1 sind keine Rückschlüsse auf die zu erwartenden Jahresergebnisse im realen Betrieb möglich.

Über die Normleistungszahl (Coefficient of Performance, COP) kann die Effizienz von Geräten miteinander verglichen werden. Sie beschreibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zu eingesetzter elektrischer Leistung und dient als Maß für die Effizienz von Wärmepumpen. Sie wird gemäß DIN EN 14511 unter definierten Laborbedingungen ermittelt.

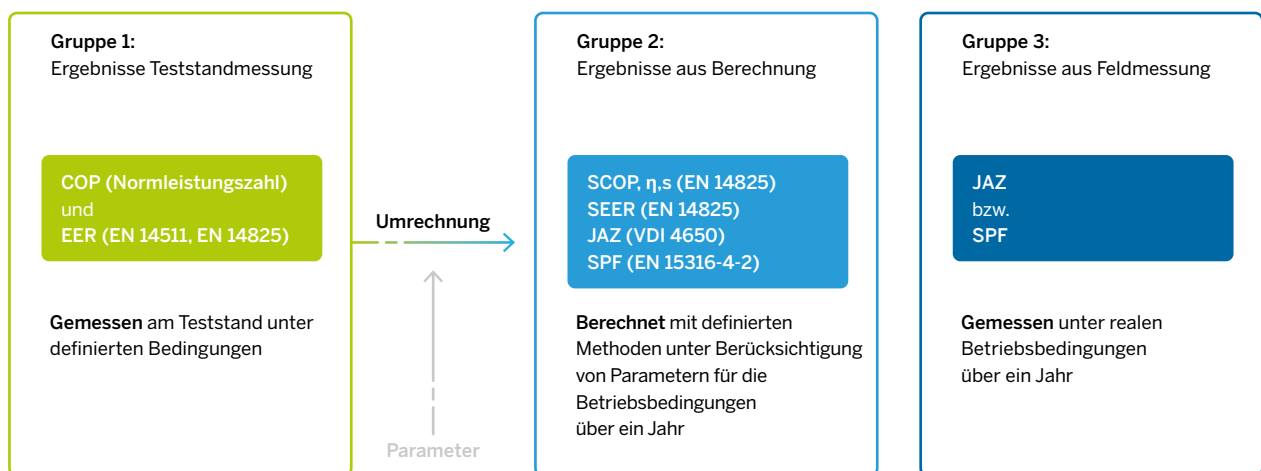


Abb. 1: Clusterung von Effizienzkennzahlen für Wärmepumpen

¹ Eine ausführliche Darstellung der Kennzahlen sowie weiterführende Erläuterungen finden Sie im Anhang.

2.1.2. Gruppe 2: SCOP, η_s sowie JAZ auf Basis von Berechnungen

Zu der zweiten Gruppe gehören Kennzahlen für den Raumheiz- und Kühlmodus, die mit normierten Methoden rechnerisch eine Jahreseffizienz ermitteln. Hierfür wird die Effizienz des Wärmepumpengerätes vereinfacht durch die Verwendung von Effizienzkennzahlen der Gruppe 1 berücksichtigt. Hinzukommen, ebenfalls vereinfachte, Annahmen für die Betriebsbedingungen. Je nach Effizienzkennzahl sind das bspw. Witterungsbedingungen am Standort, technische Eigenschaften der geplanten Wärmepumpenanlage oder individuelles Nutzerverhalten. Diese rechnerisch ermittelten Effizienzkennzahlen unterstützen die Planung von Wärmepumpen und sind Grundlage zum Nachweis der Förderfähigkeit von Wärmepumpen. Mit den getroffenen Annahmen entsprechen die Effizienzkennwerte der Gruppe 2 einer ungefähren Abschätzung dessen, was die Wärmepumpe im Feld leisten kann. Gleiches gilt für darauf beruhende ökologische und ökonomische Kennwerte.

Der Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) beschreibt die Jahreseffizienz einer Wärmepumpe im Heizbetrieb und ermöglicht dahingehend eine Vergleichbarkeit zu anderen Geräten. Er wird nach DIN EN 14825 auf Basis der COP-Werte berechnet. Die Berechnung berücksichtigt vereinfachte Annahmen zu Klima, Betriebsweise und Zusatzheizquellen. Neben dem SCOP wird auch die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz (η_s) definiert, die Grundlage für die Energieeffizienzklassifizierung bildet. Eine alternative Berechnungsvorschrift ist die VDI 4650, die mit der Jahresarbeitszahl (JAZ) die Effizienz unter realitätsnäheren Bedingungen einschließlich Trinkwassererwärmung bewertet.

2.1.3. Gruppe 3: JAZ bzw. SPF im realen Betrieb gemessen

Die dritte Gruppe bilden Effizienzkennzahlen für den Raumheizmodus, die durch Messung der bereitgestellten Wärme und des verbrauchten Stroms während des realen Betriebs von Wärmepumpen ermittelt werden. Damit sind die Effizienzkennwerte der Gruppe 3 ausschlaggebend für die realen ökologischen und ökonomischen Betriebsergebnisse der Wärmepumpe.

Der Seasonal Performance Factor (SPF) ist die englische Bezeichnung für die Jahresarbeitszahl (JAZ) und beschreibt das Verhältnis von erzeugter Wärmeenergie zu eingesetztem Strom über den Verlauf eines Jahres. JAZ-Werte werden im realen Betrieb ermittelt und dienen der Bewertung der tatsächlichen Effizienz von Wärmepumpen.

Feldstudien, insbesondere des Fraunhofer ISE, liefern hierzu seit 2005 wichtige Erkenntnisse. Zudem gewinnen praxisnahe Effizienzmessungen im Rahmen gesetzlicher Vorgaben (z. B. die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen, kurz: BEG EM) zunehmend an Bedeutung.

Effizienzkennzahlen der Gruppen 1 und 2 finden sich auf den herstellerspezifischen Datenblättern, in der Keymark-Datenbank ([Keymark – Heatpumps: Certified Products](#)) [2], sowie der Liste der förderfähigen Wärmepumpen ([Bafa – Prüf- und Effizienznachweis Wärmepumpe](#)) [3]. Insbesondere aufgrund teils identischer Bezeichnungen der Effizienzkennzahlen der Gruppen 2 und 3 sollten Kennzahlen der Gruppe 2 immer in Verbindung mit den entsprechenden Normen genannt werden. Weiterführende Informationen zu den Effizienzkennzahlen der drei Gruppen enthalten die nachfolgenden Kapitel. Bei den Effizienzkennzahlen der Gruppe 1 und 2 handelt es sich um sogenannten Erzeugereffizienzen. Hier wird die von der Wärmepumpe bereitgestellte thermische Energie vor etwaigen Speichern ermittelt. Aufgrund fehlender Normung für die Effizienzkennzahlen der Gruppe 3 kann es sich hierbei um Erzeuger- sowie Systemarbeitszahlen (Berücksichtigung von Speicherverlusten) handeln.

Real gemessene Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen

Abbildung 2 stellt reale JAZ aus Feldmessungen des Fraunhofer ISE vor. Die Projekte sind nach Neubau und Bestand gegliedert; gezeigt werden Bandbreiten und Mittelwerte der JAZ ohne Ausreißer, getrennt nach Außenluft- und Erdreichwärmepumpen.

Vor dem Hintergrund steigender Wärmepumpenabsätze seit 2005 starteten die Feldmessungen „WP-Effizienz“ und „WP im Gebäudebestand“. Ziel war die Untersuchung von Effizienz und Betriebsverhalten im Neubausektor, in dem vorwiegend Systeme mit Fußbodenheizung und niedrigen Heizkreistemperaturen eingesetzt wurden. Damals dominierten Erdreichwärmepumpen, die durch höhere Quellentemperaturen und bessere Wärmeübertragung im Mittel höhere JAZ erreichten als Luftsysteme; ihre Werte überlappten kaum. Mit der nachfolgenden Messkampagne „WP Monitor“ änderte sich dies: Neben fortgeführten Anlagen aus „WP-Effizienz“ kamen neue Systeme nach aktuellem Stand der Technik hinzu. Durch Inverterregelung, elektronische Expansionsventile und verbesserte Planungs- und Inbetriebnahmeprozesse stieg die obere JAZ-Bandbreite von 3,4 auf 4,2.

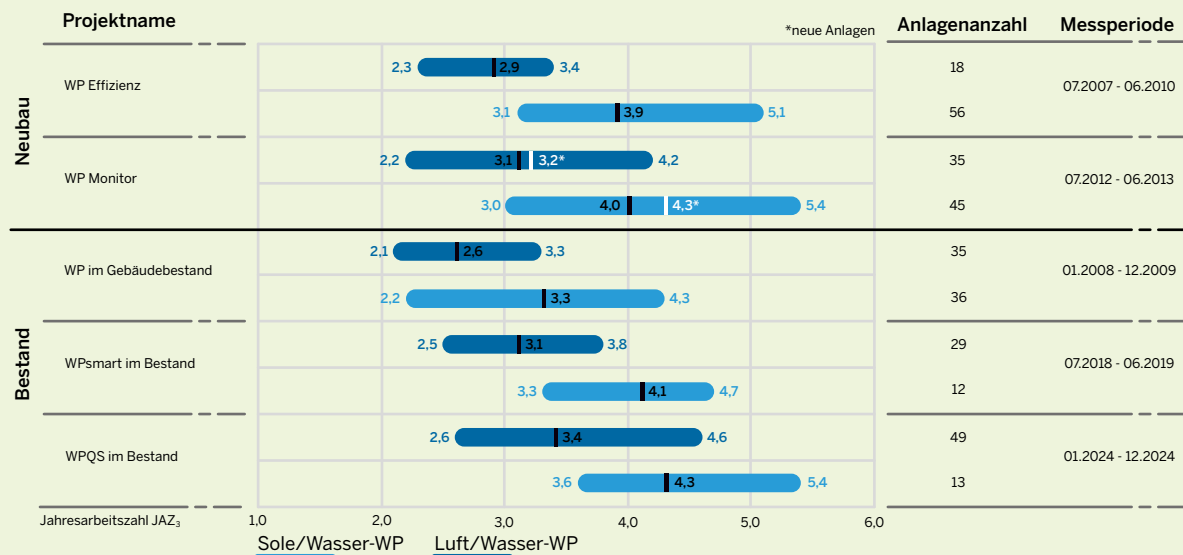


Abb. 2: Clusterung von Effizienzkennzahlen für Wärmepumpen

Auch in Altbauprojekten zeigt sich eine kontinuierliche Effizienzsteigerung. In den Vorhaben „WPsmart im Bestand“ und „WP-QS im Bestand“ erzielten die Wärmepumpen dank günstigerer Heiztemperaturen bessere Werte als im Projekt „WP im Gebäudebestand“, das sich vorrangig auf Betriebssicherheit und Effizienz nach dem einfachen Ersatz eines Ölkessels konzentrierte. Bereits mit damaliger Technik wurden mittlere JAZ von 2,6 bzw. 3,3 erreicht. Der große Überlapp der JAZ-Bandbreiten resultierte vor allem aus niedrigen Werten einiger Erdreichwärmepumpen infolge betrieblicher Probleme.

In den jüngeren Feldstudien mit teils besser sanierten Gebäuden lagen die mittleren JAZ bei 3,1 und 3,4 (Luft) sowie 4,1 und 4,3 (Erdreich). Im Projekt „WP-QS im Bestand“ erreichten Luft-Wärmepumpen ohne Ausreißer eine maximale JAZ von 4,3, was dem Mittelwert der Erdreichsysteme entspricht. Die Ergebnisse zeigen zugleich den Markttrend: Der Anteil der Luftwärmepumpen stieg von anfänglich 24 Prozent auf 79 Prozent.

2.2 Effizienzkennzahlen als Fördervoraussetzung

Während die Betriebskosten für eine Wärmepumpe bereits heute unter denen fossiler Heizungen liegen, werden höhere Anschaffungskosten durch verschiedene Fördermittelangebote deutlich reduziert. Um sicherzustellen, dass nur klimafreundliche und effiziente Anlagen bezuschusst werden, sind spezifische Effizienzkennzahlen zwingende Voraussetzungen für die Inanspruchnahme der Förderungen.

In der Vergangenheit diente häufig der COP nach DIN EN 14511 als Effizienzkriterium für Förderungen. Da der COP unter Laborbedingungen ermittelt wird, erleichtert das den Vergleich von Geräten untereinander, ermöglicht jedoch keine Aussage über die Effizienz der Anlage im realen Betrieb. Deshalb wird für heutige Förderungen die JAZ nach VDI 4650 Blatt 1: 2019-03 sowie die jahreszeitbedingte Raumheizungsenergieeffizienz (ETA) nach EN 14825 herangezogen. Beide Kennzahlen drücken eine Jahreseffizienz im Betrieb aus. Während die JAZ mit einer berechneten Prognose konkrete Anwendungsfälle berücksichtigt, kombiniert die ETAs den COP mit definierten Betriebscharakteristika und dem Primärenergiefaktor des Stroms zu einer Jahreseffizienz. Sie ermöglicht somit eine realitätsnähere Effizienzdarstellung als der reine COP.

Zu den aktuellen (Stand April 2026) Förderungen für Wärmepumpen zählen Programme der KfW, der NRW. BANK und Progres.NRW. Grundlage ist die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gemäß der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)) [4].

Dort werden folgende Angaben zu den Mindestanforderungen an die Effizienz der Wärmepumpe über die JAZ und die ETAs gemacht:

○ JAZ (VDI 4650 Blatt 1: 2019-03): $\geq 3,0$

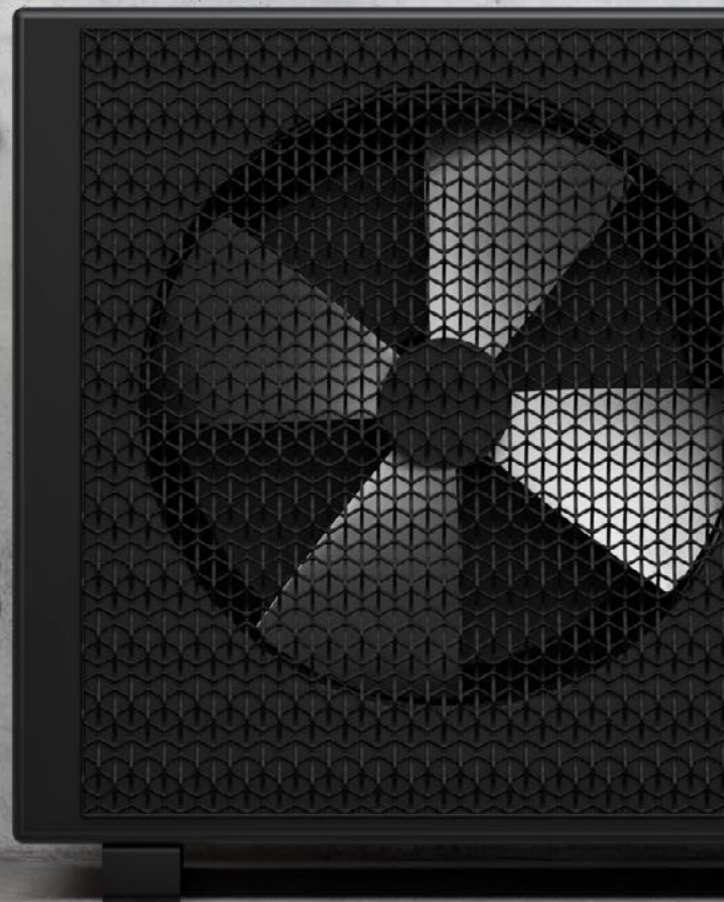
○ ETAs (EN 14825): Bei durchschnittlichen Klimaverhältnissen und der Beheizung über Wasser müssen mindestens folgende Werte bei 35 °C und 55 °C erreicht werden

Förderfähige Wärmepumpen sind zur Vereinfachung des Effizienznachweises in einer Anlagenliste zusammengefasst, die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) laufend aktualisiert wird ([Liste der förderfähigen Wärmepumpen](#)) [3]. Auch die ETAs der Wärmepumpen sind dort aufgeführt.

	η_s bei (35 °C)	η_s bei (55 °C)
Wärmequelle Luft	145 %	125 %
Wärmequelle Erdwärme	180 %	140 %
Wärmequelle Wasser	180 %	140 %
Sonstige Wärmequellen (zum Beispiel Abwärme, Solarwärme)	180 %	140 %

Tab. 1: Jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz (ETAs) gemäß Ökodesign-Richtlinie [4]

3 Effizienzeinflüsse, Prozessschritte und Akteure



Bezogen auf die vorgestellten Effizienzkennzahlen beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen auf die gemessene Jahresarbeitszahl als Erzeugerarbeitszahl (vgl. Kapitel 2.1.3) mit den hierfür zu berücksichtigenden Verbrauchern. Ein Teil der Effizienzeinflüsse wirkt sich direkt oder indirekt auf die quellen- und senkenseitigen Temperaturen aus. So beeinflusst bspw. die Wahl der Wärmequelle signifikant die zu erwartenden quellenseitigen Temperaturen, während sich die Wärmeübergabesysteme in den erforderlichen Temperaturen zur Raumheizung widerspiegeln. Temperaturunabhängig ist bspw.

die Wahl der Wärmepumpe mit ihrer individuellen Normleistungszahl oder der Einsatz des Elektroheizstabes zur Legionellenvermeidung. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die wichtigsten und in den nachfolgenden Unterkapiteln näher erläuterten Effizienzeinflüsse sowie die Möglichkeiten der Einflussnahme. Die beteiligten Akteure können sich je nach individuellem Vorgehen in den einzelnen Projektphasen und der Charakteristik der Anlage sowie der geplanten Betriebsstrategie stark unterscheiden.

Einflüsse auf die WP-Effizienz	Bestandsaufnahme und Planung	Installation	Inbetriebnahme und Parametrierung	Betrieb und Wartung
Normheizlast des Gebäudes	SHK / EB			
Temperaturen zur Raumheizung	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	SHK / WPH
Temperaturen zur Trinkwassererwärmung	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	SHK / WPH
Art- und Dimensionierung des Wärmeübergabesystems	SHK / EB	SHK		
Wärmequellentemperaturen	SHK / EB / BU	BU	SHK / WPH	
Dimensionierung der Wärmepumpe	SHK / EB			
Normleistungszahl (COP) der Wärmepumpe	SHK / EB			
Wärme - bzw. Temperaturverluste von der Wärmepumpe bis zum Wärmeübergabesystem	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	SHK / WPH
Qualität der Installation	SHK / EB	SHK / EL		
Hydraulischer Abgleich	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	
Einstellung der Heizkurve			SHK / WPH	SHK / WPH
Leistungsregelung	SHK / EB			
Anschalthäufigkeiten	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	SHK / WPH
Einsatz Heizstab	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	SHK / WPH
Alternative Betriebsweisen	SHK / EB / EL		SHK / WPH	SHK / WPH / EL
Betriebsart und Deckungsbeitrag der Wärmepumpe	SHK / EB	SHK	SHK / WPH	SHK / WPH
Einfluss durch Anlagenbetreibende			AB	AB

● Wesentliche Einflussnahme ● Einflussnahme möglich
● Signifikante Einflussnahme ● ohne relevanten Einfluss

SHK: SHK-Fachhandwerker, EL: Elektrofachhandwerk, EB: Energieberatung, BU: Bohrunternehmen, WPH: WP-Hersteller bzw. Werkskundendienst, AB: Anlagenbetreibende

Tab. 2: Auswahl von Einflüssen auf die WP-Effizienz mit Zuordnung zur Prozessphase und den beteiligten Akteuren

Temperaturabhängigkeit der Effizienz mit Blick auf Raumheizung und Trinkwassererwärmung

Die Effizienz einer Wärmepumpe hängt hauptsächlich von den Temperaturen der Wärmequelle und der Wärmesenke ab. Die Quellentemperatur entspricht je nach System der Außenlufttemperatur oder bei Erdreich-, Grundwasser- bzw. PVT-Wärmepumpen der Soletemperatur. Ohne Zwischenkreis bei Grundwasseranlagen ist es direkt die Grundwassertemperatur. Wärmesenkentemperaturen sind die für Raumheizung und Trinkwassererwärmung erforderlichen Temperaturen. Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Quelle und Senke ist, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe, da der Kompressor weniger Druckunterschied überwinden und somit weniger Strom aufwenden muss. Daher beeinflussen Wahl und Auslegung der Wärmequelle die Effizienz maßgeblich. Die Zusammenhänge werden für den Fall der Raumheizung mit einer Luft-Wärmepumpe in Abbildung 3 veranschaulicht.

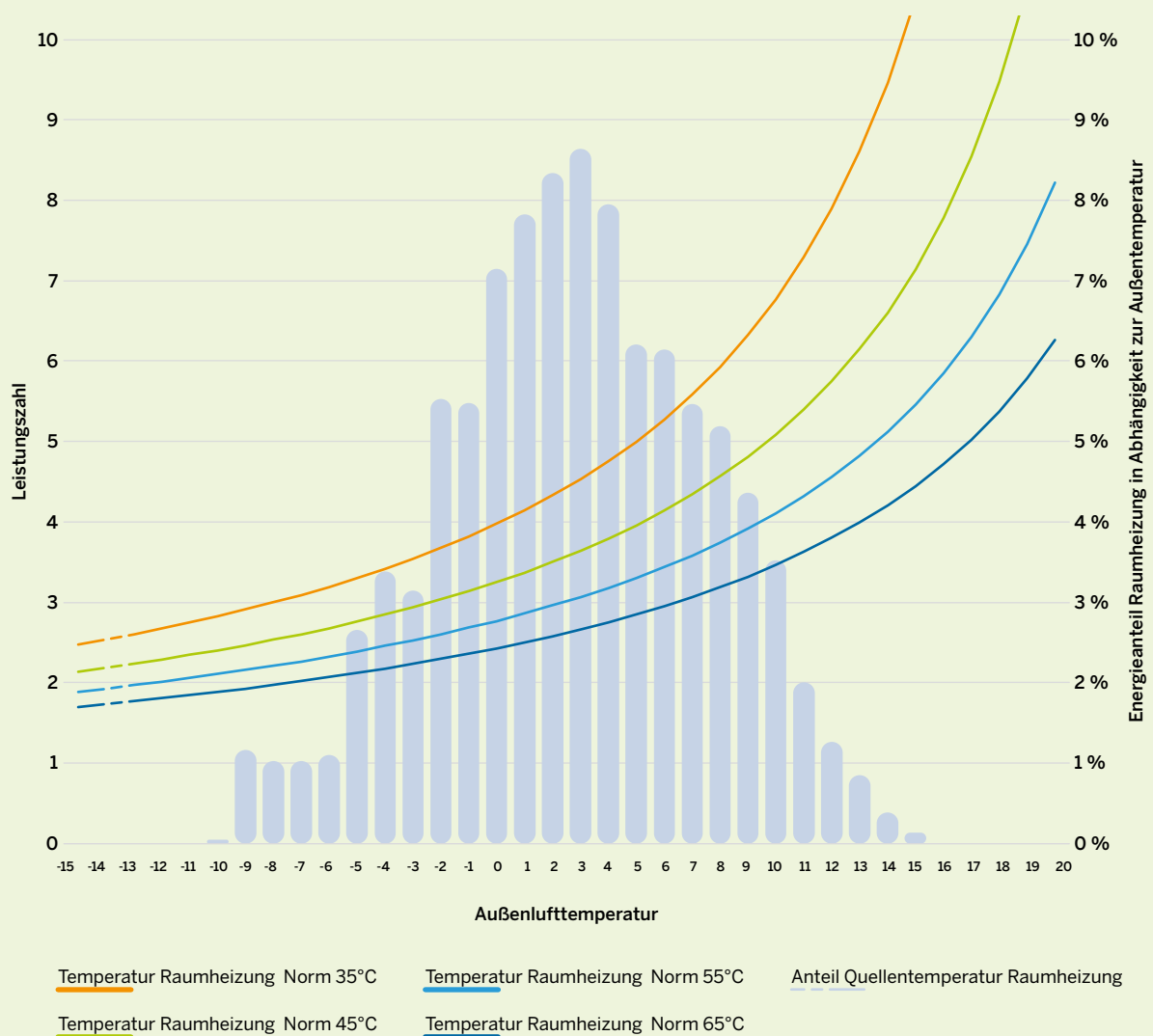


Abb. 3: Clusterung von Effizienzkennzahlen für Wärmepumpen

In Anlehnung an [Kapitel 2.1.1](#) werden die Effizienzwerte als Leistungszahlen pro Betriebspunkt dargestellt. Vier Kennlinien zeigen über der Außenlufttemperatur (gleichzeitig Wärmequelle) die jeweiligen Werte für unterschiedliche maximale Heizkreistemperaturen. Die Grafik dient der Veranschaulichung auf Basis vereinfachter Berechnungen. Bei 0 °C Außentemperatur liegen die Leistungszahlen zwischen 2,4 und 4,0. Bei maximaler Heizkreistemperatur von 55 °C liegen sie zwischen 2,1 bei –10 °C Außentemperatur und 4,1 bei 10 °C Außentemperatur. Das veranschaulicht den deutlichen Einfluss der Quellen- und Senkentemperaturen auf die Effizienz. Für die Jahresarbeitszahl sind jedoch nur die Effizienzwerte bei typischen Außentemperaturen maßgeblich. Laut [Abbildung 3](#), basierend auf EN 14825 für mittleres Klima ([vgl. Kap. 2.1.2](#)), fallen rund drei Viertel des Heizenergiebedarfs bei –2 °C bis 8 °C im Vergleich zum Heizenergiebedarf über den gesamten Temperaturbereich an. Daher beeinflussen die Leistungszahlen in diesem Bereich die Jahreseffizienz besonders stark; Werte außerhalb wirken weniger.

Aufgrund der im Mittel höheren Anforderungen bei der Trinkwassererwärmung sind deren Jahreseffizienzen geringer als bei der Raumheizung. Während die Solltemperatur im Trinkwasserspeicher weitgehend konstant bleibt, variiert die Effizienz im Jahresverlauf mit der Wärmequellentemperatur. Saisonale Schwankungen sind bei Außenluft am größten, bei Grundwasser am geringsten ([vgl. Kap. 3.5](#)).

Die kombinierte Effizienz berücksichtigt Raumheizung und Trinkwassererwärmung gemeinsam – gewichtet nach deren Energieanteilen. Diese hängen vor allem vom Heiz- und Warmwasserbedarf ab, der etwa mit Bewohnerzahl und Nutzung variiert. In modernen Gebäuden steigt der Einfluss der Trinkwassererwärmung, da ihr Anteil zunimmt und die Temperaturdifferenz zur Raumheizung größer wird.

Im Idealbetrieb würde die Wärmepumpe exakt die benötigte Temperatur für Heizung und Warmwasser liefern. In der Praxis ist sie häufig höher – teils technisch notwendig, teils vermeidbar. Ursachen sind u.a. fehlender hydraulischer Abgleich, Wärme- und Mischverluste in Rohrleitungen und Speichern, zusätzliche Wärmeübertrager oder Hystereseregeln.



3.1 Normheizlast des Gebäudes

Die Normheizlast eines Gebäudes stellt die maximal erforderliche Heizleistung dar, die das Heizsystem mit allen Wärmeerzeugern bei den tiefsten vor Ort vorkommenden Außenlufttemperaturen decken muss. Ausschlaggebend dafür sind die sogenannten Normauslegungstemperaturen, die über die Klimakarte des BWP ermittelt werden können: [BWP Klimakarte](#) [5]. In Nordrhein-Westfalen liegen sie typischerweise bei minus zehn bis minus zwölf °C. Eine Methode zur Ermittlung der Heizlast wird in der DIN EN 12831 beschrieben. Sie berücksichtigt die Transmissionswärmeverluste durch Wände, Fenster, Dach, Böden und Türen, die Lüftungswärmeverluste, die Infiltrationsverluste, die Aufheiz- oder Zusatzlasten sowie die internen Wärmegewinne, bspw. durch Haushaltsgeräte oder Beleuchtung. Dabei treten in Deutschland näherungsweise ungefähr folgende typische spezifische Heizlasten auf:

- Neubau (Passivhaus): 10 W/m²
- Neubau mit guter Dämmung: 30-50 W/m²
- Energetisch sanierter Altbau: 50-80 W/m²
- Unsanierter Altbau: 100-150 W/m²

Mit zunehmender Normheizlast des Gebäudes steigt bei gegebenem Wärmeübergabesystem die erforderliche Heiztemperatur zur Deckung der Heizlast. Außerdem beeinflusst die Normheizlast die Heizgrenztemperatur, also die Außenlufttemperatur, bis zu der Wärme zugeführt werden muss, um die Raumtemperatur zu halten. Diese liegt je nach Normheizlast typischerweise zwischen zwölf °C und 18 °C und stellt damit einen weiteren Effizienzeinfluss dar. Wird etwa eine Außenluftwärmepumpe bei höherer Heizgrenze betrieben, ergeben sich im Jahresmittel höhere Quellentemperaturen und damit zunächst bessere Effizienzen im Heizbetrieb. Paradoxe Weise können höhere Heizlasten somit mit höheren JAZ einhergehen. Energetisch vorteilhafter sind jedoch geringere Heizlasten bzw. Heizgrenztemperaturen. Reale, im Feld gemessene JAZ-Werte für Neubau- und Bestandsgebäude sind in [Kapitel 1](#) dargestellt.

3.2 Temperaturen zur Raumheizung

Der wichtigste Hebel für die Effizienz einer Wärmepumpe besteht in der Vorlauftemperatur. Je niedriger die Temperatur ist, die das Heizwasser erreichen muss, desto weniger Strom benötigt der Kompressor, um die Wärme auf das benötigte Niveau anzuheben. Dies führt zu einer höheren JAZ und geringeren Betriebskosten. Die Vorlauftemperatur ist im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig: der Heizlast des Gebäudes sowie der Art und Dimensionierung der Wärmeübergabesysteme. Damit wird die Temperatur zur Raumheizung maßgeblich in der Phase der „Bestandsaufnahme und Planung“ beeinflusst. Hinzu kommen die möglichen Wärme- bzw. Temperaturverluste von der Wärmepumpe bis zum Wärmeübergabesystem, was in erster Linie bei „Bestandsaufnahme und Planung“, aber auch bei der „Installation“ beeinflusst werden kann. Generell können sich Mängel bei der Installation immer auch indirekt auf die Temperaturen zur Raumheizung auswirken.

3.3 Temperaturen zur Trinkwassererwärmung

Der Energieanteil, den die Wärmepumpe für die Trinkwassererwärmung bereitstellen muss, hängt maßgeblich von der gewählten Temperatur ab. Tendenziell führt eine höhere Temperatur der Trinkwassererwärmung zu einer Verschlechterung der JAZ.

Trinkwasser gilt als Lebensmittel und unterliegt daher den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Sie bezieht sich dabei auf das DVGW-Arbeitsblatt W 551 als anerkannte Regel der Technik. Liegt der Fokus auf einem Einfamilienhaus (EFH), wird von einer Kleinanlage im Sinne der genannten Definition ausgegangen. Die Kriterien für die Einteilung und damit der einzuhaltenden Vorschriften sind in Tabelle 3 aufgeführt:

Für Kleinanlagen gelten folgende Anforderungen: Die Trinkwassertemperatur am Austritt des Trinkwassererwärmers sollte mindestens 50 °C betragen, um ein wirksames Hemmen des Wachstums von Legionellen zu gewährleisten. Empfohlen werden sogar 60 °C, wobei die Grenze von 50 °C keinesfalls unterschritten werden darf.

Merkmal	Kleinanlage	Großanlage
Speicherinhalt	≤ 400 Liter (bei Nicht-EFH)	> 400 Liter
Rohrleitungs-wasserinhalt	≤ 3 Liter (in jedem Rohrabschnitt zum Entnahmestelle, ohne Zirkulationsleitung)	> 3 Liter
Gebäudearten	Alle Ein- und Zweifamilienhäuser ohne Beschränkung	Weitere Gebäude mit Überschreitungen der oben genannten Werte

Tab. 3: Merkmale für die Einteilung der Trinkwassererwärmung in Klein- und Großanlagen [6]

Für die Dimensionierung von Trinkwasserspeichern (TWS) ist die VDI 4708-2 mit dem Titel „Zentrale Wassererwärmungsanlagen; Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden“ die zentrale Richtlinie. In verschiedenen Fachquellen wird empfohlen, pro Person ein Speichervolumen zwischen 25 und 50 Litern bei 60 °C zu kalkulieren. Unabhängig von der angewandten Berechnungsmethode handelt es sich immer um eine Annäherung an den tatsächlichen Bedarf, wodurch Spielräume für die Temperaturwahl am Trinkwassererwärmer entstehen. Dabei müssen die DVGW-Mindestwerte beachtet werden. Für die Messwerte des Projektes WP-QS im Bestand liegt die mittlere, energetisch gewichtete Temperatur, die zur Trinkwassererwärmung bereitgestellt wird bei 47,8 °C (mit einer Spannweite von 40,4 bis 58,5 °C). Die Nutzung einer Zirkulation erhöht in erster Linie die Wärmeverluste und damit den Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung, was sich wiederum negativ auf die JAZ auswirkt. Verschiedene Konzepte zur Trinkwassererwärmung sind daher sorgfältig hinsichtlich Effizienz und Hygiene abzuwägen.

Die Ausführungen legen nahe, dass die erforderlichen Temperaturen zur Trinkwassererwärmung durch die Wärmepumpe im Rahmen der „Bestandsaufnahme und Planung“ definiert werden. Hier sollten die individuellen Nutzergewohnheiten unbedingt mit einfließen. Gleiches gilt für die Parametrierung. Bei „Betrieb und Wartung“ sollte der Betriebsmodus im Austausch mit den Anlagenbetreibern analysiert und gegebenenfalls optimiert werden.

3.4 Art und Dimensionierung des Wärmeübergabesystems

Die in den Räumen bestehenden individuellen Heizlasten werden durch Wärmeübergabesysteme wie bspw. Heizkörper oder Fußbodenheizungen gedeckt. Vereinfacht kann man sagen: Je größer die wärmeübertragende Fläche ist, desto kleiner ist die erforderliche Betriebstemperatur, um eine gegebene Heizleistung bereitzustellen und entsprechend höher ist die Effizienz einer Wärmepumpe. Klassische Temperaturniveaus verschiedener Typen von Wärmeübergabesystemen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Wärmeübergabesystem	Typische Betriebstemperaturen
Fußbodenheizung	30 - 35°C
Wand-/Deckenheizung	28 - 40°C
Heizkörper klassisch	60 - 75°C
Niedertemperaturradiatoren	45 - 55°C
Gebläsekonvektor	40 - 60°C

Tab. 4: Wärmeübergabesysteme und klassische Betriebstemperaturen

Die Kombination aus Wärmepumpen und Flächenheizungen (wie etwa Fußbodenheizungen) ist mittlerweile der Standard im deutschen Neubau. Flächenheizungen benötigen nur niedrige Vorlauftemperaturen (ca. 30–35 °C), was den Stromverbrauch der Wärmepumpe minimiert. In unsanierten Altbauten sind in der Regel Heizkörper unterschiedlicher Art verbaut, die bei entsprechend höheren Temperaturen betrieben werden, womit geringere Effizienzen einhergehen. Auch Fußbodenheizungen sind teilweise in Altbauten zu finden, sie werden aber u.a. aufgrund der höheren Heizlasten, ungünstigen Rohrabständen, der Fußbodenstruktur oder ungeeigneten Bodenbelägen bei höheren Temperaturen als im Neubau üblich betrieben. Es gibt jedoch mehrere technische Möglichkeiten die in Altbauten erforderlich Temperaturen abzusenken. An erster Stelle steht der hydraulische Abgleich, der gemäß BEG-Einzelmaßnahmen auch Fördervoraussetzung für eine Wärmepumpe im Altbau ist.

3.5 Wärmequellentemperaturen

Wie bereits erläutert, wird der Wärmepumpenbetrieb maßgeblich von der Temperatur der eingesetzten Wärmequelle bestimmt. Vor allem bei hohen Heizwärmeverbräuchen können Anlagen mit vergleichsweise hohen Investitionskosten für die Quellerschließung wirtschaftlich vorteilhaft sein.



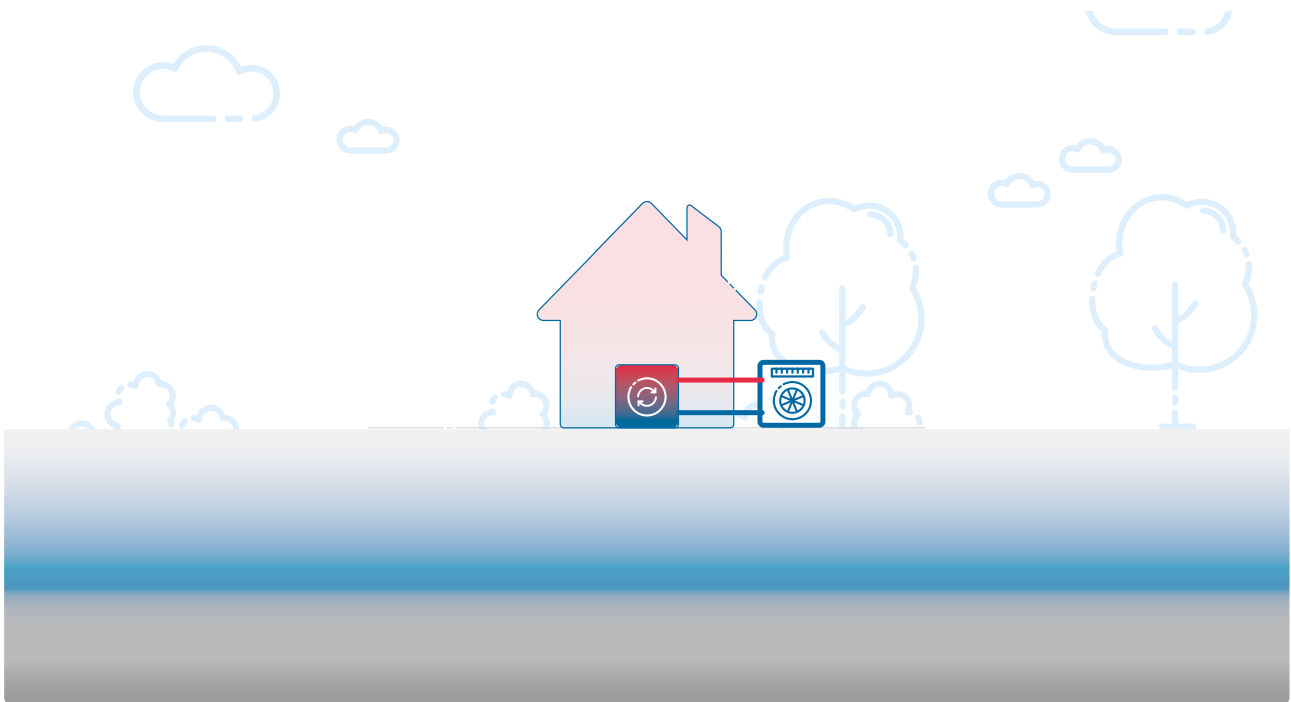


Abb. 4: Wärmepumpensystem mit Außenluft als Wärmequelle

Außenluft

Luft/Luft- und Luft/Wasser-Wärmepumpen nutzen die Umgebungsluft als Quelle für die Aufnahme von Wärmeenergie, indem sie die Außenluft mit Hilfe eines Ventilators ansaugen und durch den Verdampfer leiten. Anschließend wird die Wärmeenergie auf das Kältemittel übertragen.

Die Temperatur der Außenluft schwankt im Jahresverlauf stark. Während die Wärmepumpe im Sommer durch höhere Umgebungstemperaturen mit hoher Effizienz arbeiten kann (z. B. für Warmwasserbereitung oder Kühlbetrieb), ist die Leistung im Winter eingeschränkt, da die Luft nur mit niedrigen Temperaturen zur Verfügung steht.

Dies führt zu im Vergleich mit den anderen Wärmequellen geringeren Verdampfungstemperaturen im Kältekreis und damit zu einem geringeren Wirkungsgrad und einer geringeren JAZ.

Ein großer Vorteil der Außenluftnutzung liegt dagegen im direkten Anschluss der Wärmequelle an den Verdampfer der Wärmepumpe. Es ist kein Zwischenkreis (wie z. B. eine Soleverteilung oder ein Wärmetauscher im Grundwassersystem) erforderlich. Dies spart Platz und reduziert Energieverluste sowie die Komplexität der Gesamtanlage.

Ein physikalischer Nachteil der Außenluft als Wärmequelle ist ihre geringere Wärmekapazität und -leitfähigkeit im Vergleich zu flüssigen Medien wie Wasser oder Sole. Aufgrund der niedrigen Dichte und der begrenzten spezifischen Wärme ist die Wärmeübertragung zwischen Luft und Verdampfer weniger effizient. Das bedeutet, dass bei gleicher Wärmeleistung größere Wärmeübertragungsflächen und höhere Luftvolumenströme erforderlich sind, die zu größerem Platzbedarf, erhöhtem Ventilatorgeräusch und mehr Stromverbrauch für die Luftförderung führen können.

Erdreich

Das Erdreich punktet mit konstanten Temperaturen oberhalb der Frostgrenze und bietet sich daher als effiziente Wärmequelle an. Besonders Erdwärmesonden, die vertikal bis in Tiefen von 50 bis 100 Metern eingebracht werden, profitieren von günstigen Temperaturen auch während der Kernheizperiode im Winter. Da die Verdampfungstemperaturen höher und die Temperaturspreizungen im Kältekreis geringer sind, arbeitet die Wärmepumpe effizienter als bei Luftsystemen. Sole/Wasser-Wärmepumpen nutzen die geothermische Energiequelle mittels Erdsonden. Hierbei wird ein Rohrsystem mit einem Wärmeträgermedium, wie Wasser oder einer Frostschutzmittel-Wasser-Mischung in

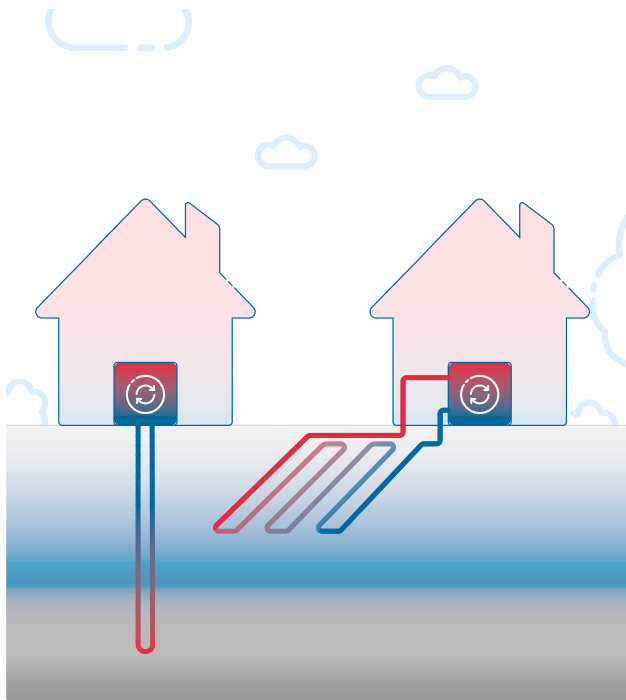


Abb. 5: Wärmepumpensysteme mit dem Erdreich als Wärmequelle (links: Erdsonden, rechts: Erdkollektoren)

den Boden verlegt. Das Erdreich gibt seine Wärmeenergie an das Medium ab, das dann wiederum zur Wärmepumpe transportiert wird. Mit Hilfe von Erdkollektoren lässt sich auch in den oberen Bereichen des Untergrunds Wärmeenergie aus dem Erdreich nutzen. Sie werden flach in zirka 1,2 bis 1,5 Meter Tiefe verlegt. In dieser Zone ist der Einfluss der Außentemperaturen stärker spürbar, so dass die Soletemperaturen saisonal stärker schwanken. Zwar bleibt die Temperatur auch hier über dem Gefrierpunkt, jedoch sind die Effizienzeinbußen im Vergleich zu Sondenanlagen merkbar, insbesondere bei längeren Kältephasen.

Sowohl bei Erdwärmesonden- als auch bei Erdwärmekollektorsystemen ist ein Zwischenkreis mit Sole zwischen Wärmequelle und Verdampfer notwendig. Dieser besteht aus einem Rohrsystem und einer Umwälzpumpe, die das Solemedium durch das Erdreich und zum Wärmepumpenverdampfer führt. Der Zwischenkreis verursacht zusätzliche Investitions- und Betriebskosten (Pumpenstrom), ermöglicht aber auch eine stabile und zuverlässige Wärmebereitstellung über das gesamte Jahr.

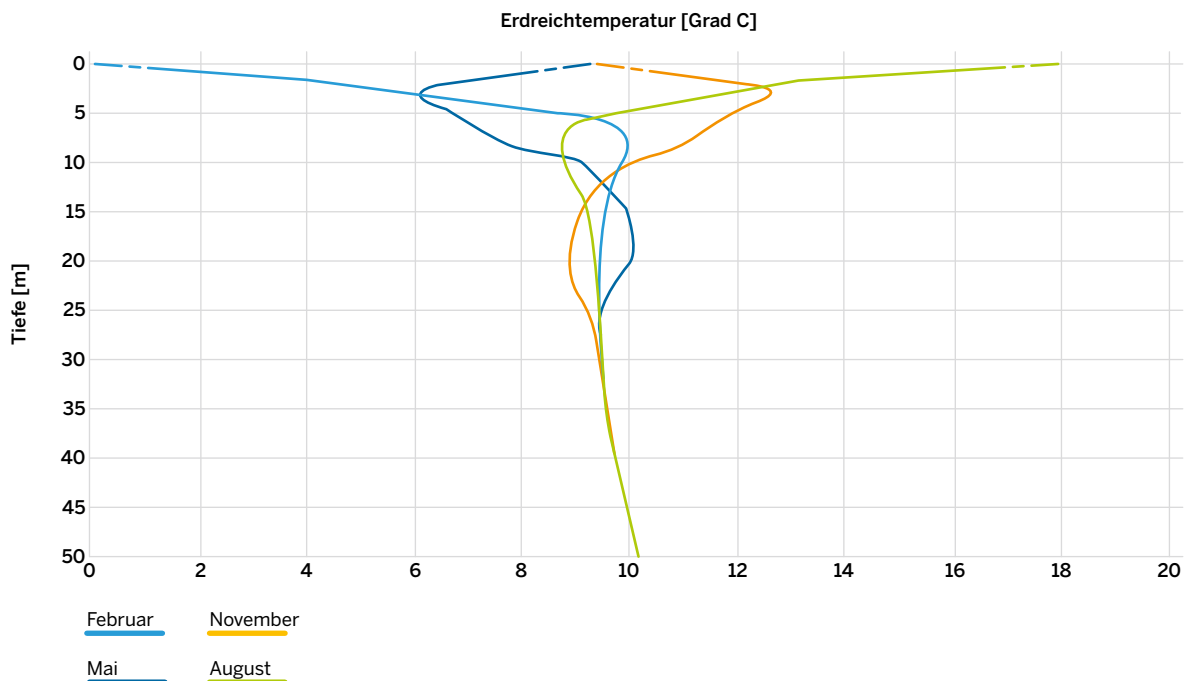


Abb. 6: Temperaturverhältnisse in obersten Erdschichten [7]

Grundwasser

Auch das Grundwasser kann als Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt werden. Mit einem Grundwasserbrunnen, der durch eine entsprechende Bohrung realisiert wird, kann der Zugang zum Grundwasser geschaffen und dessen Wärmeenergie nutzbar gemacht werden. Das Grundwasser wird durch einen Wärmetauscher geleitet, um seine Wärmeenergie auf das Kältemittel zu übertragen. Im Anschluss wird das abgekühlte Grundwasser wieder in den Boden geführt.

Im Vergleich zu Außenluft und Erdreich bietet das Grundwasser die höchsten und stabilsten Quellentemperaturen während der Heizsaison. Die geringen Temperaturdifferenzen im Kältekreis führen zu hohen JAZ. Aus Effizienz-sicht stellt das Grundwasser somit die leistungsfähigste natürliche Wärmequelle dar, wenn diese mit geringem Aufwand für die Pumpenergie erschlossen wird.

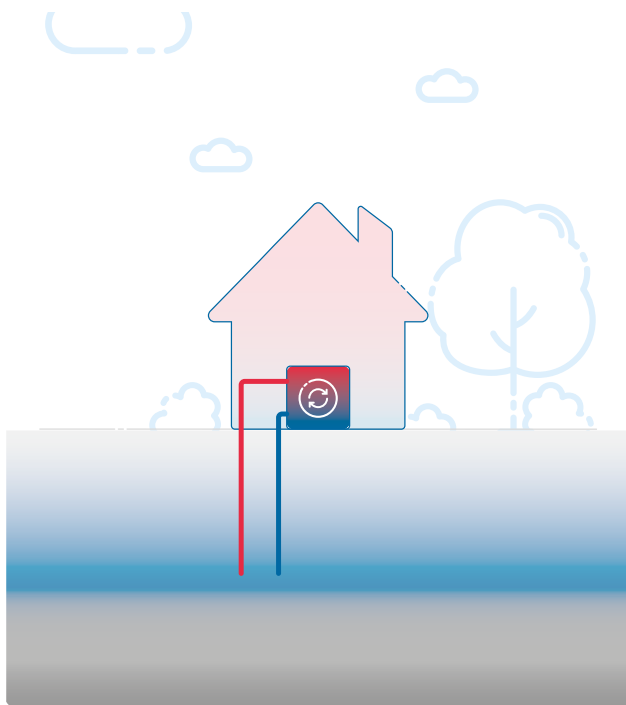


Abb. 7: Wärmepumpensystem mit Grundwasser als Wärmequelle

Die tatsächliche Ausführung hängt stark von der Wasserqualität ab. Bei unbelastetem Wasser kann der Wärmetauscher direkt vom Grundwasser durchströmt werden (direktes System). Enthält das Wasser jedoch z. B. Eisen, Mangan oder Sedimente, ist ein Zwischenkreis mit Plattenwärmetauscher notwendig, um die Wärmepumpe vor Ablagerungen oder Korrosion zu schützen. Dieser Zwischenkreis führt zu einer Temperaturabnahme zwischen Wärmequelle und Verdampfer und verursacht zusätzlichen Bedarf an Pumpenstrom, was sich leicht negativ auf die Effizienz auswirkt.

Ein weiterer Effizienzeinfluss ergibt sich aus der hydraulischen Struktur des Systems. Grundwasseranlagen sind offene Systeme, bei denen kontinuierlich Wasser aus einem Entnahmebrunnen gefördert und über einen Schluckbrunnen wieder zurückgeführt wird. Dieser Prozess erfordert in der Regel leistungstärkere Pumpen als bei geschlossenen Erdreichssystemen. Der dadurch entstehende höhere Stromverbrauch für die Quellwasserpumpe reduziert die Gesamtjahresarbeitszahl und muss bei der Systembewertung berücksichtigt werden.

PVT-Kollektoren

Schließlich kann auch die Sonne als Wärmequelle für Wärmepumpensysteme genutzt werden. Da für die Nutzung solarer Wärme als Quelle einer Wärmepumpe ein niedrigeres Temperaturniveau genügt als bei direkter Heizungs- oder Trinkwasserunterstützung, empfehlen sich PVT-Kollektoren (Photovoltaik-Thermie-Kombination). Sie gewinnen zugleich Strom und Wärme aus Solarstrahlung und nutzen die verfügbare Fläche doppelt. Hinter dem PV-Modul nimmt ein Rohrregister Abwärme und Umgebungswärme auf und führt sie der Wärmepumpe zu. Die Kollektoren liefern somit sowohl Betriebsstrom als auch Wärmequelle, während die Kühlung des PV-Moduls den Wirkungsgrad um bis zu zehn Prozent steigert. Da die Kollektoren auf dem Dach montiert werden, wird keine Grundstücksfläche beansprucht. Reichen Dachfläche, Standort oder Ausrichtung nicht aus, kann auch die Fassade als zusätzliche Quelle dienen.

Im Vergleich zu reinen Außenluftwärmepumpen ermöglicht die Integration solarthermischer Quellen höhere Quellentemperaturen und geringere Luftschallemissionen.

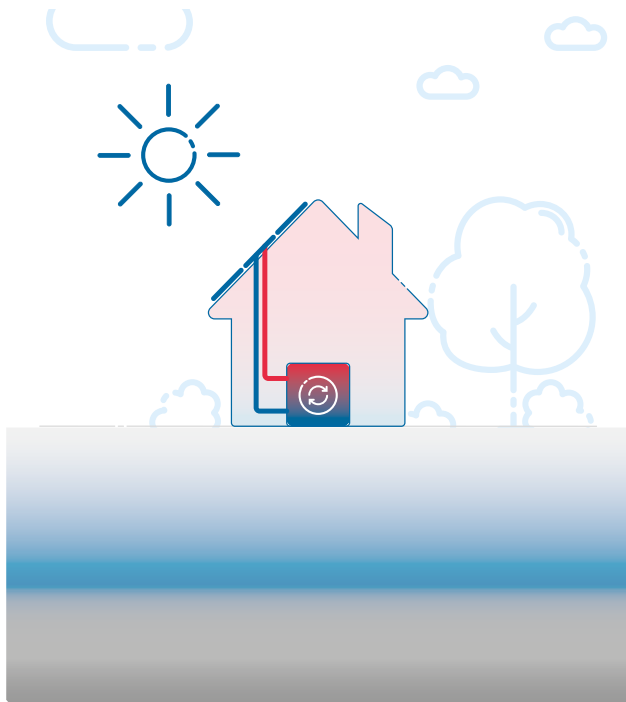


Abb. 8: Wärmepumpensystem mit Solarstrahlung als Wärmequelle (PVT-Kollektoren)

Die Auswahl und Dimensionierung der Wärmequelle erfolgt während der „Bestandsaufnahme und Planung“. Der Markt wird derzeit von Außenluftwärmepumpen dominiert, dennoch sollten bei Gebäuden mit hoher Heizlast auch erdgekoppelte Systeme, etwa Erdwärmesonden, in Erwägung gezogen werden. Ein höherer Heizwärmebedarf begünstigt die Amortisation der höheren Investition, da die Sonden meist eine längere Lebensdauer als die Wärmepumpe besitzen. Bei neu zu errichtenden Wärmequellenanlagen ist in der „Installationsphase“ auf sorgfältige Ausführung zu achten, um die geplanten Temperaturen zu erreichen. Während der „Inbetriebnahme und Parametrierung“ können bei wechselnden Quellentemperaturen Zeitprogramme eingesetzt werden, um z. B. wärmere Phasen gezielt zu nutzen.

3.6 Dimensionierung der Wärmepumpe

Eine überdimensionierte Wärmepumpe führt u.a. zu höheren Anschalthäufigkeiten ([vgl. Kapitel 3.14](#)), was sich negativ auf die Effizienz und die Lebensdauer auswirkt. Bei einer Unterdimensionierung läuft die Wärmepumpe verstärkt am Limit und kommt schneller auf hohe Betriebsstunden, was sich ebenfalls vor allem auf die Lebensdauer auswirkt. Je nach Betriebsart ([vgl. Kapitel 3.17](#)) werden bei einer Unterdimensionierung die gewünschten Raumtemperaturen nicht erreicht (monovalenter Betrieb), der Elektroheizstab geht zu häufig in Betrieb und vermindert die JAZ (monoenergetischer Betrieb) oder der Brennstoffeinsatz eines zusätzlichen Kessels (bivalenter Betrieb) ist zu hoch mit den entsprechenden ökologischen und ökonomischen Folgen.

DIN EN 12831 – Heizlastberechnung

Die DIN EN 12831, insbesondere Teil 1 („Raumheizlastverfahren“), ist die in Deutschland maßgebliche Norm zur Berechnung der Heizlast von Gebäuden. Sie liefert die Grundlage zur Bestimmung der maximal benötigten Heizleistung unter normierten Bedingungen, also bei definierten Außentemperaturen und angenommenem Nutzerverhalten.

Für die Auslegung von Wärmepumpen dient die nach DIN 12831 ermittelte Heizlast als Basiswert. Sie legt die maximale Wärmeleistung fest, die eine Wärmepumpe liefern muss, um auch bei tiefen Außentemperaturen für ausreichend Heizkomfort zu sorgen. Wichtig ist hierbei zu beachten, dass die Norm die Spitzenlast bestimmt. Für eine effiziente Wärmepumpennutzung kann es sinnvoll sein, die Anlage auf eine Teillast (z. B. 70 bis 90 Prozent der Normheizlast) auszulegen und verbleibende Spitzen über einen zusätzlichen Wärmeerzeuger oder Pufferspeicher abzufangen. [8]

VDI 4645 – Planung und Ausführung von Wärmepumpenanlagen

Die VDI 4645 wurde speziell für die Planung und Auslegung von Wärmepumpenanlagen in Ein- und Mehrfamilienhäusern entwickelt. Sie bietet praxisnahe Anleitungen zur Auswahl geeigneter Wärmepumpentypen, zur Dimensionierung, zur Systemintegration sowie zur Inbetriebnahme und Wartung.

Ein zentrales Element der VDI 4645 ist die Lastgangsabschätzung, bei der nicht nur die maximale Heizlast berücksichtigt wird, sondern auch tatsächliche Lastprofile, Warmwasserbedarf, Gebäudeeffizienz und Nutzerverhalten. Dies ermöglicht eine bedarfsorientierte und wirtschaftlich sinnvolle Dimensionierung, die auf realitätsnäheren Annahmen als die DIN-Norm basiert.

Während die DIN 12831 vor allem die rechnerische Grundlage für die Heizlast liefert, bieten das WPSM und die VDI 4645 ergänzende systemische und praxisnahe Methoden zur Dimensionierung von Wärmepumpen. In Kombination eingesetzt, ermöglichen sie eine technisch und wirtschaftlich optimierte Auslegung, die ein zentraler Faktor für eine effiziente Wärmepumpenanlage ist. [9]

Eine Auswertung zur Dimensionierung von monoenergetisch betriebenen Außenluftwärmepumpen wurde im Rahmen der Feldmessung „WP-QS im Bestand“ durchge-

führt. Aufgrund der verfügbaren Datenblattangaben zur Heizleistung der Wärmepumpen wurden hierfür diese sowie die gemessene Heizleistung inklusive Trinkwassererwärmung bei einer Außenlufttemperatur von minus sieben °C miteinander verglichen. Aufgrund der teilweise fehlenden Information zum Teillastfaktor einzelner Wärmepumpen im Datenblatt sind die Ergebnisse für einige Wärmepumpen etwas zu hoch.

Die Tendenz, die in Abbildung 9 dargestellt wird, ist jedoch eindeutig. Von den 36 untersuchten Wärmepumpen ist eine unterdimensioniert und eine trifft mit Ihrer Heizleistung exakt die gemessene Heizlast. Die übrigen 34 Wärmepumpen sind gemäß dieser Betrachtung in unterschiedlichem Maß überdimensioniert: ungefähr die Hälfte um bis zu 50 Prozent, zehn Wärmepumpen zwischen 50 Prozent und 100 Prozent und sieben Wärmepumpen über 100 Prozent.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung einer korrekten Dimensionierung von Wärmepumpen. Mit Blick auf die Prozessphasen erfolgt die Dimensionierung von Wärmepumpen gleich zu Beginn im Schritt „Bestandsaufnahme und Planung“ und sollte entsprechend der vorherigen Ausführungen mit der entsprechenden Sorgfalt durchgeführt werden.

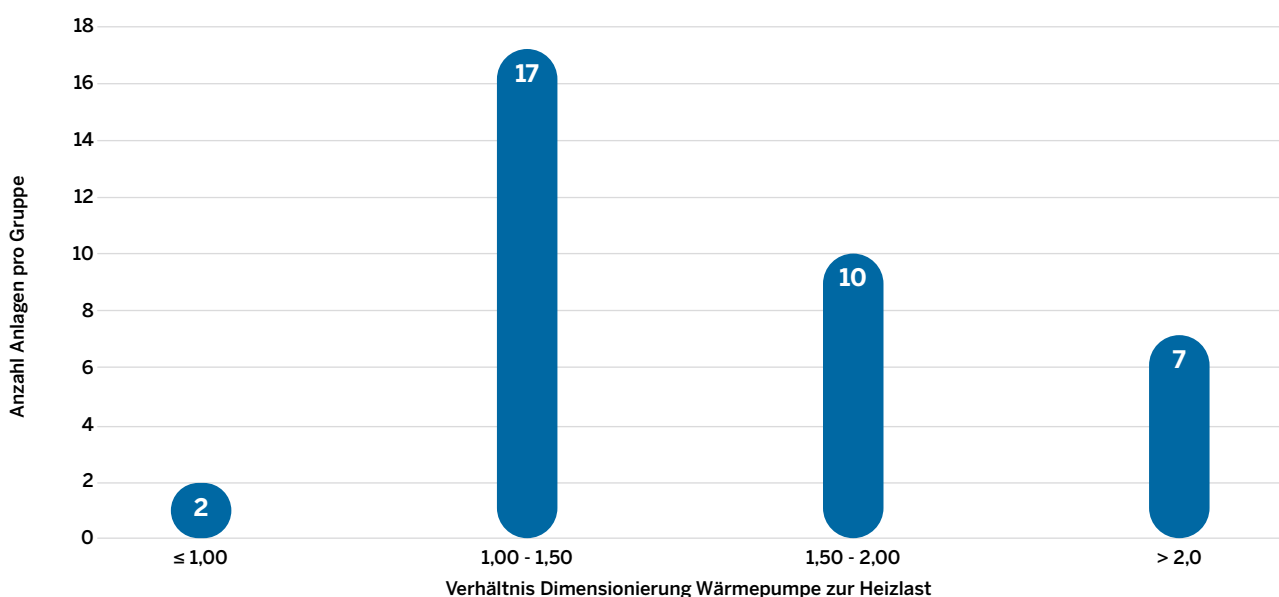


Abb. 9: Bewertung der Auslegung monoenergetisch betriebener Außenluftwärmepumpen im Rahmen von „WP-QS im Bestand“ [1]

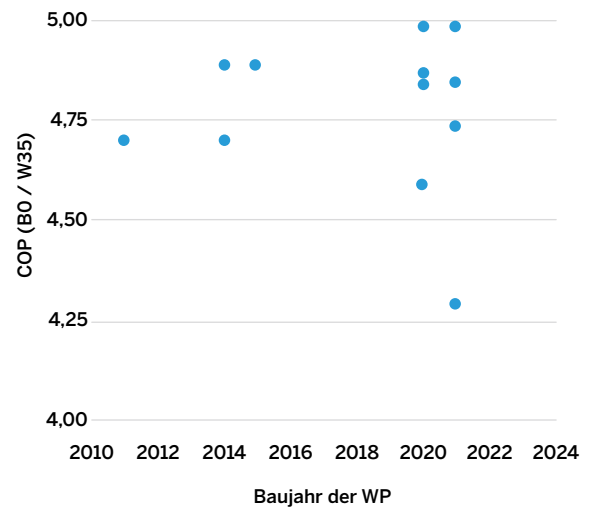
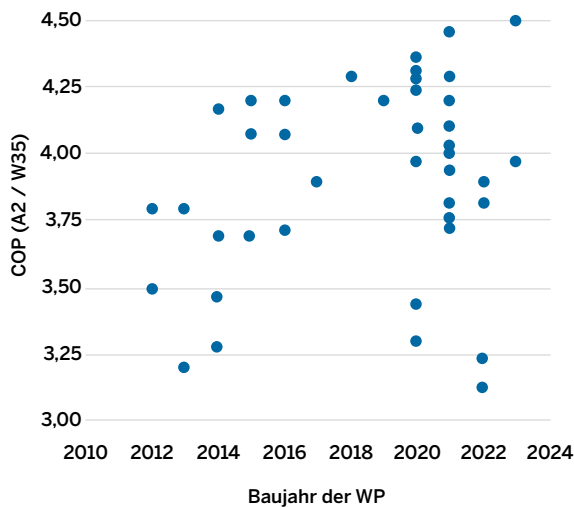


Abb. 10: COP nach DIN EN 14511 über die Installationsjahre der im Rahmen von „WP-QS im Bestand“ untersuchten Wärmepumpen [1]

3.7 Normleistungszahl (COP) der Wärmepumpe

Wie in [Kapitel 2.1.1](#) näher erläutert, wird die prinzipielle Güte eines Wärmepumpengerätes mit Blick auf die Effizienz durch die Normleistungszahl ausgedrückt. Abbildung 10 zeigt diese für den Großteil der im Rahmen von „WP-QS im Bestand“ untersuchten Wärmepumpen. Insbesondere bei Luft-Wärmepumpen, aber auch bei Sole-Wärmepumpen lassen sich teils signifikante Unterschiede erkennen.

Vor dem Hintergrund, dass sich die Leistungszahlen weitestgehend im realen Betrieb widerspiegeln, besteht durch die Auswahl des Gerätes mit ihren individuellen Normleistungszahlen ein signifikanter Hebel, um die JAZ zu beeinflussen. Aus diesem Grund lässt sich dieser Aspekt ausschließlich in der Phase „Bestandsaufnahme und Planung“ beeinflussen.

3.8 Wärme- bzw. Temperaturverluste von der Wärmepumpe zum Wärmeübergabesystem

Die von der Wärmepumpe bereitgestellte Temperatur ist höher als die zur Deckung der Heizlast erforderliche Temperatur. Dies ist zum einen auf regelungstechnische Erfordernisse (Hystereseregulierung) und den unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zweckmäßig verbleibenden geringen Rohrleitungsverlusten zurückzuführen. Weitere Wärme- bzw. Mischverluste entstehen, wenn Speicher oder hydraulische Weichen eingesetzt werden. Auch diese können technisch erforderlich sein (Abtauung, Mindestbetriebszeiten, hydraulische Trennung usw.) und entsprechen in der Regel den Vorgaben durch das Hydrauliklayout des Herstellers. Bzgl. der Speichertypen bietet die kombinierte Speicherung von Wärme zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung (sog. Kombispeicher) zwar Vorteile, ist aber in der Umsetzung anspruchsvoller. Im Rahmen der Feldtests des Fraunhofer ISE wird bei einem Teil dieser Anlagen beobachtet, dass die Wärmepumpe unnötig viel Energie zur Trinkwassererwärmung (bei tendenziell entsprechend höherer Temperatur) bereitstellt. Durch die kombinierte Speicherung wird diese Wärme zur Raumheizung (bei tendenziell entsprechend geringerer Temperatur) genutzt. Dies sollte falls möglich während der Inbetriebnahme, spätestens aber während der Betriebsphase überprüft werden.

3.9 Qualität der Installation

Die Qualität der Installation stellt einen entscheidenden Einflussfaktor auf die Effizienz von Wärmepumpen dar. Zwar ist das hydraulische Konzept oftmals durch Vorgaben bzw. Vorschläge des Herstellers weitestgehend definiert, doch entscheidet die sorgfältige Umsetzung über den Betriebserfolg. Werden Spezifikationen wie Rohrleitungsdurchmesser, Rohrleitungsführung, Ventilpositionen, Fühlerpositionen oder Systemanbindung nicht exakt eingehalten, so können bspw. Störungen im Betriebsverhalten und überhöhte Pumpenverluste auftreten.

Bereits kleine Abweichungen, wie bspw. eine falsch positionierte Umschaltklappe oder fehlende Rückschlagventile, begünstigen hydraulische Kurzschlüsse und ungleichmäßige Wärmeverteilung. Auch die elektrische Verdrahtung der Anlage, z. B. von Mischern, Umwälzpumpen, Heizstäben und der Regelungseinheit, muss fehlerfrei umgesetzt werden, um einen sicheren und effizienten Betrieb zu gewährleisten.

Maßgeblichen Einfluss auf die Einbauqualität hat eine gewissenhafte Vorbereitung der und ein sorgfältiges Vorgehen bei der auf der Baustelle. Wichtige Aspekte sind unter anderem:

- Die Planung im Vorfeld, die bestenfalls auf einer genauen und vollständigen Bestandsaufnahme der räumlichen Begebenheiten basiert
- Die Baustellenvorbereitung: z. B. die Weitergabe der Planungs- und Projektinformationen und die Materialbestellung und -lieferung vom Büro auf die Baustelle, sowie zwischen den beteiligten Gewerken
- Großzügige oder beengte Platzverhältnisse erleichtern oder erschweren die Handhabung von Werkzeugen und die Aufstellung der Komponenten innen wie außen
- Die Abstimmung und Definition von Schnittstellen zwischen den beteiligten Gewerken und dem Bauherrn
- Der Anteil an Handarbeit bzw. das Arbeiten mit standardisierten Lösungen

3.10 Hydraulischer Abgleich

Ein hydraulischer Abgleich ist eine kostengünstige Methode für eine höhere Systemeffizienz. Bei einem hydraulischen Abgleich wird die Heizung so eingestellt, dass die Wärme in einem Gebäude gleichmäßig verteilt wird. Dafür muss die Heizlast pro Raum ermittelt werden.

Die energetische Qualität des Gebäudes bzw. der Gebäudehülle (Fensterflächen, Dämmung der Außenwände, etc.) werden genauso berücksichtigt, wie die Berechnung der Heizwassermenge und der Pumpenleistung. Auf Grundlage dieser Ergebnisse werden die Thermostatventile eingestellt, sodass jeder einzelne Heizkörper die notwendige Wärmemenge für die gewünschte Raumtemperatur erhält.

Die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs als Optimierungsmaßnahme kann über die Bundesförderung für effiziente Gebäude gefördert werden [10]. Der Zuschuss beträgt dabei derzeit 15 Prozent und gilt für Bestandsgebäude mit höchstens fünf Wohneinheiten. Der hydraulische Abgleich kann auch im Rahmen eines individuellen Sanierungsfahrplans durchgeführt werden, sodass ein zusätzlicher Förderbonus von fünf Prozent gewährt wird.

In vielen Bestandsgebäuden wurden Heizkörper ursprünglich überdimensioniert ausgelegt – ein heute durchaus vorteilhafter Umstand. Wird ein hydraulischer Abgleich durchgeführt, lässt sich dieses Potenzial gezielt nutzen, da bei der Auslegung nicht mehr die früher üblichen, höheren Vorlauftemperaturen zugrunde gelegt werden müssen, sondern der tatsächliche Wärmebedarf. Bereits im Vorfeld kann geprüft werden, ob sich mit dem bestehenden Wärmeerzeuger und der vorhandenen Heizflächenkonfiguration die Heizkurve absenken lässt – ein wichtiger Indikator dafür, wie gut sich das System für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe eignet.

Wenn der Platz für größere Heizkörper begrenzt ist oder zusätzliche Heizflächen erforderlich sind, kann auch der Austausch oder die Ergänzung durch leistungsfähigere Wärmeübertrager sinnvoll sein. Neben größeren Heizkörpern kommen hier auch Gebläsekonvektoren infrage – bei Letzteren sind allerdings zusätzliche Anforderungen wie Stromanschluss und mögliche Geräuscentwicklung zu berücksichtigen.

Erfahrungen aus dem Projekt „WP-QS im Bestand“ [1] zeigen, dass in etwa der Hälfte der untersuchten 77 Altbauten kombinierte Heizsysteme mit Heizkörpern und Flächenheizungen installiert waren. Aufgrund der üblichen hydraulischen Verschaltung – insbesondere der Rücklaufbeimischung zur Temperaturanpassung für die Flächenheizung – musste die Wärmepumpe dennoch das höhere Temperaturniveau für die Heizkörper bereitstellen. Dies wirkt sich direkt auf die Effizienz aus und zeigt, wie wichtig eine sorgfältige hydraulische Planung auch bei gemischten Systemen ist.

3.11 Dynamischer hydraulischer Abgleich

Ein dynamischer hydraulischer Abgleich ist eine Variante des hydraulischen Abgleichs und sorgt dafür, dass Heizungsanlagen in jedem Betriebszustand automatisch die notwendigen Wassermengen zu den einzelnen Heizflächen speisen. Mithilfe von Differenzdruckreglern und druckunabhängigen Ventilen wird der Differenzdruck an Heizkörpern konstant gehalten, unabhängig von Netzschwankungen. Maximale Volumenströme werden voreingestellt, sodass die Ventile den Durchfluss selbstständig regeln und die Heizflächen, im Voll- und Teillastbetrieb, bedarfsgerecht versorgt werden.

Im Gegensatz zum statischen hydraulischen Abgleich, der Heizungsanlagen durch einmalige Voreinstellung druckabhängiger Ventile für den Vollastfall optimiert, nutzt der dynamische Abgleich druckunabhängige Ventile, die sich automatisch an Teillastbedingungen anpassen.

Der dynamische hydraulische Abgleich ermöglicht einen reduzierten Energieverbrauch durch optimierte Volumenströme und niedrigere Systemtemperaturen, die besonders Brennwert- und Wärmepumpensysteme unterstützen. Gleichzeitig sorgt er für eine gleichmäßige Wärmeverteilung mit höherem thermischem Komfort, weniger über- oder unversorgten Räumen sowie minimierten Strömungsgeräuschen und geringeren Pumpenleistungen durch stabile Druckverhältnisse.

Er eignet sich besonders für Mehrfamilienhäuser, Nichtwohngebäude und Anlagen mit häufig wechselnder Nutzung oder großem Zonenanteil.

Weitere Informationen zur Förderung finden sich unter: [BAFA - Heizungsoptimierung](#) [10]

3.12 Einstellung der Heizkurve

Sind Normheizlast und Wärmeübergabesystem definiert, ändert sich die Heizlast des Gebäudes mit den Witterungsbedingungen, allen voran mit der Außenlufttemperatur. Damit den Räumen möglichst die jeweils erforderliche Heizleistung zugeführt wird, definiert die sog. Heizkurvenregelung die pro Außenlufttemperatur erforderliche Heizkreistemperatur. Sie legt also fest, wie hoch die Vorlauftemperatur bei bestimmten Außentemperaturen sein soll. Durch eine Anpassung der Heizkurve sind auch geringere Vorlauftemperaturen möglich. Um die Heizkurve optimal einstellen zu können, müssen Neigung und Niveau angepasst werden. Mit der Neigung erkennt der Wärmeerzeuger, wie die Vorlauftemperatur bei einer veränderten Außentemperatur angepasst werden muss. Mit dem Niveau wird die Vorlauftemperatur gleichmäßig nach oben und unten korrigiert. Dabei wird das Niveau angehoben, wenn es kühler ist als die Wunschtemperatur und gesenkt, wenn es zu warm ist.

In der Phase „Inbetriebnahme und Parametrierung“ wird die Heizkurve eingestellt. Hier sollten die Planungswerte, bspw. aus dem hydraulischen Abgleich, berücksichtigt werden. Während der Phase „Betrieb und Wartung“ sollte die Heizkurve unter Berücksichtigung der Komfortbedingungen der Bewohnerinnen und Bewohner sukzessive abgesenkt werden.

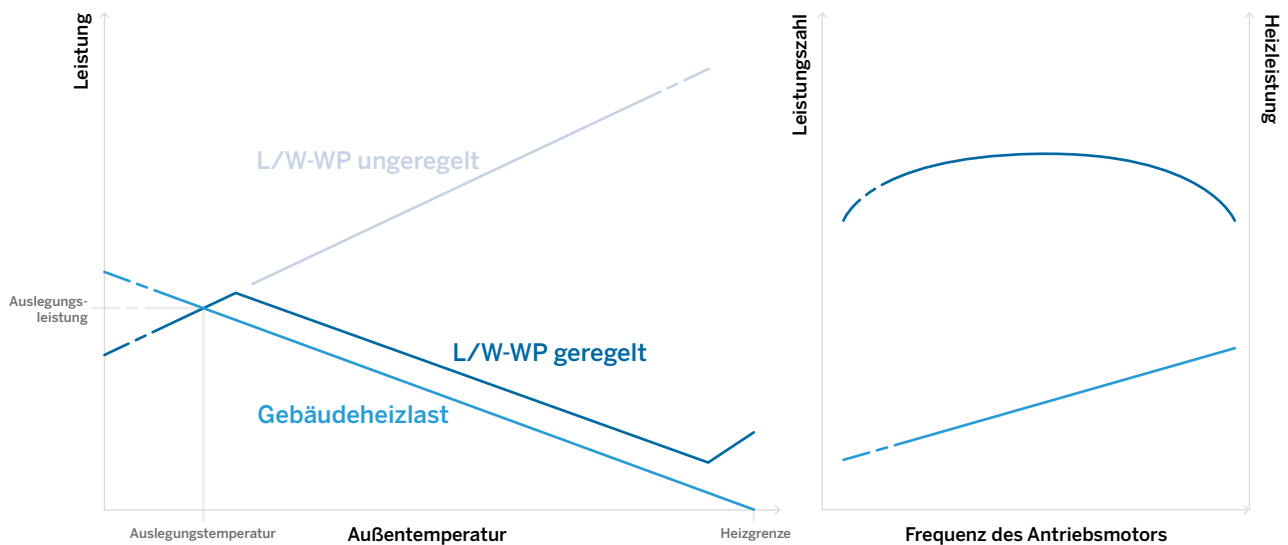


Abb. 11: Beispielhafte Darstellung der Leistungsregelung mit Blick auf die Heizlast (links) und die Effizienz (rechts)

3.13 Leistungsregelung

Im Ein- und Zweifamilienhausbereich dominieren derzeit modulierende Außenluftwärmepumpen, gefolgt von Sole-Wärmepumpen. Im Rahmen der Feldmessung „WP-QS im Bestand“ waren bereits Zweidrittel der Sole-Wärmepumpen Inverter-geregelt.

Abbildung 11 verdeutlicht, wie sich bei einer Inverter-geregelten Wärmepumpe die Leistung an den Bedarf anpasst. Dabei werden die folgenden positiven Effekte auf die Effizienz erzielt:

- Selteneres Anschalten führt zu weniger energieintensiven Start-Stopp-Zyklen.
- Kompressor im Teillastbetrieb hat den höchsten Wirkungsgrad (bei 30 bis 60 Prozent seiner Leistung). Er läuft gezielt langsamer, was bei moderaten Wärmebedarfen zu einem überproportional geringeren Stromverbrauch führt.
- Vorteile der Wärmetauscher im Teillastbetrieb ergeben sich daraus, dass diese für die maximale Heizleistung dimensioniert sind und im Teillastbetrieb aufgrund der dann relativ größeren Übertragungsfläche besonders effizient arbeiten
- Weniger regelungsbedingtes Überschwingen der Solltemperatur (Hystereseregulation)

3.14 Anschalthäufigkeiten

Zu häufiges Ein- und Ausschalten (Takten) wirkt sich negativ auf die Effizienz und die Lebensdauer von Wärmepumpen aus. Folgende Faktoren beeinflussen die Anschalthäufigkeiten:

Dimensionierung der Wärmepumpe

Ein häufiger Grund für zu hohe Anschalthäufigkeiten ist eine Überdimensionierung der Wärmepumpe. Ist die Heizleistung der Anlage zu groß im Verhältnis zum tatsächlichen Bedarf, erreicht sie die gewünschte Vorlauftemperatur sehr schnell, schaltet sich daraufhin ab und kurze Zeit später wieder ein. Eine bedarfsgerechte Dimensionierung (z. B. auf 70 bis 90 Prozent der Normheizlast) führt zu längeren Laufzeiten und reduziert die Taktung deutlich.

Größe der Pufferspeicher

Ein Pufferspeicher kann helfen, die Laufzeiten der Wärmepumpe zu verlängern, indem er überschüssige Wärme zwischenspeichert. Wichtig ist hierbei nicht nur die nominelle Größe, sondern die effektive Speichergöße, also das tatsächlich nutzbare Volumen bezogen auf die Position der Temperaturfühler (Sensorik). Nur wenn der Speicher richtig eingebunden und auf die Leistung der Wärmepumpe abgestimmt ist, kann er Mindestbetriebszeiten sicherstellen und Taktung vermeiden.

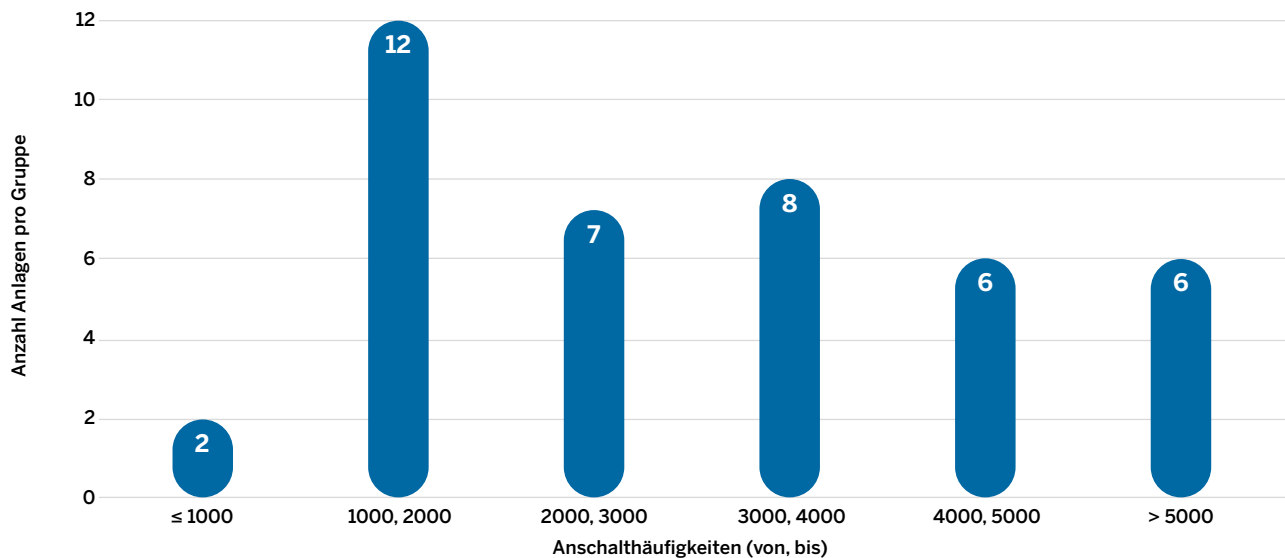


Abb. 12: Häufigkeitsverteilung der Anzahl von Verdichterstarts von monoenergetisch betriebenen Außenluftwärmepumpen ermittelt im Rahmen der Feldmessung „WP-QS im Bestand“ [1]

Heizkurve und Hysterese-Einstellungen

Eine zu hoch eingestellte Heizkurve oder zu enge Hysterese zwischen Ein- und Ausschaltemperatur führen dazu, dass die Wärmepumpe unnötig oft anspringt. Durch eine optimierte Heizkurve, die dem realen Wärmebedarf des Gebäudes entspricht, sowie durch eine sinnvoll gewählte Hysterese (z. B. 3 bis 5 K) lässt sich das Takten deutlich reduzieren.

Modulierender Betrieb oder Kaskadierung

Modulierende Wärmepumpen, die ihre Leistung stufenlos oder zweistufig regeln können, sind weniger anfällig für häufige Starts. Sie passen ihre Leistung an den tatsächlichen Bedarf an und laufen dadurch länger und effizienter. Alternativ kann auch eine Kaskade aus zwei kleineren Geräten sinnvoll sein, die sich je nach Bedarf zu- oder abschalten. Wichtig: Die Speichergröße muss in diesen Fällen nur für den Leistungsbereich gewählt werden, in dem die Modulation an ihre Grenze kommt, um Mindestlaufzeiten zu sichern. Eine Kaskadierung kann vor allem im Bereich von Mehrfamilienhäusern eine mögliche Lösung darstellen.

Hydraulische Optimierung

Eine hydraulisch saubere Einbindung des Speichers, abgestimmt auf Volumenströme und Temperaturdifferenzen (ΔT), ist entscheidend für die Anschalthäufigkeiten. Sowohl vor als auch nach dem Speicher sollten Strömungs- und Temperaturverhältnisse so gestaltet werden, dass die Wärmepumpe weder zu früh abschaltet noch gegen ungünstige Rücklauftemperaturen arbeiten muss. Hydraulische Weichen, passende Pumpeneinstellungen und abgestimmte Regelung helfen, stabile Betriebsbedingungen zu schaffen.

Abbildung 12 stellt für 41 Außenluftwärmepumpen die Anzahl der Verdichterstarts im Jahr 2024 als Häufigkeitsverteilung dar, die im Rahmen der Feldmessung „WP-QS im Bestand“ ermittelt wurden. Die Bandbreite ist enorm und reicht von 542 bis 15.817 Starts.

Mit Blick auf die mögliche Einflussnahme auf die Anschalthäufigkeiten während der Prozessphasen sind die Dimensionierung der Komponenten und die Parametrierung der Regelung entscheidend. Entsprechend groß ist der Einfluss während den Phasen „Bestandsaufnahme und Planung“ sowie „Inbetriebnahme und Parametrierung“. Bei „Betrieb und Wartung“ ist die Anschalthäufigkeit eine zentrale Kontrollgröße und sollte entsprechend geprüft und bewertet werden. Da sich Fehler bei der Installation auf das komplette Betriebsverhalten auswirken, können davon auch die Anschalthäufigkeiten beeinflusst werden.

3.15 Ungeplanter Heizstabeinsatz

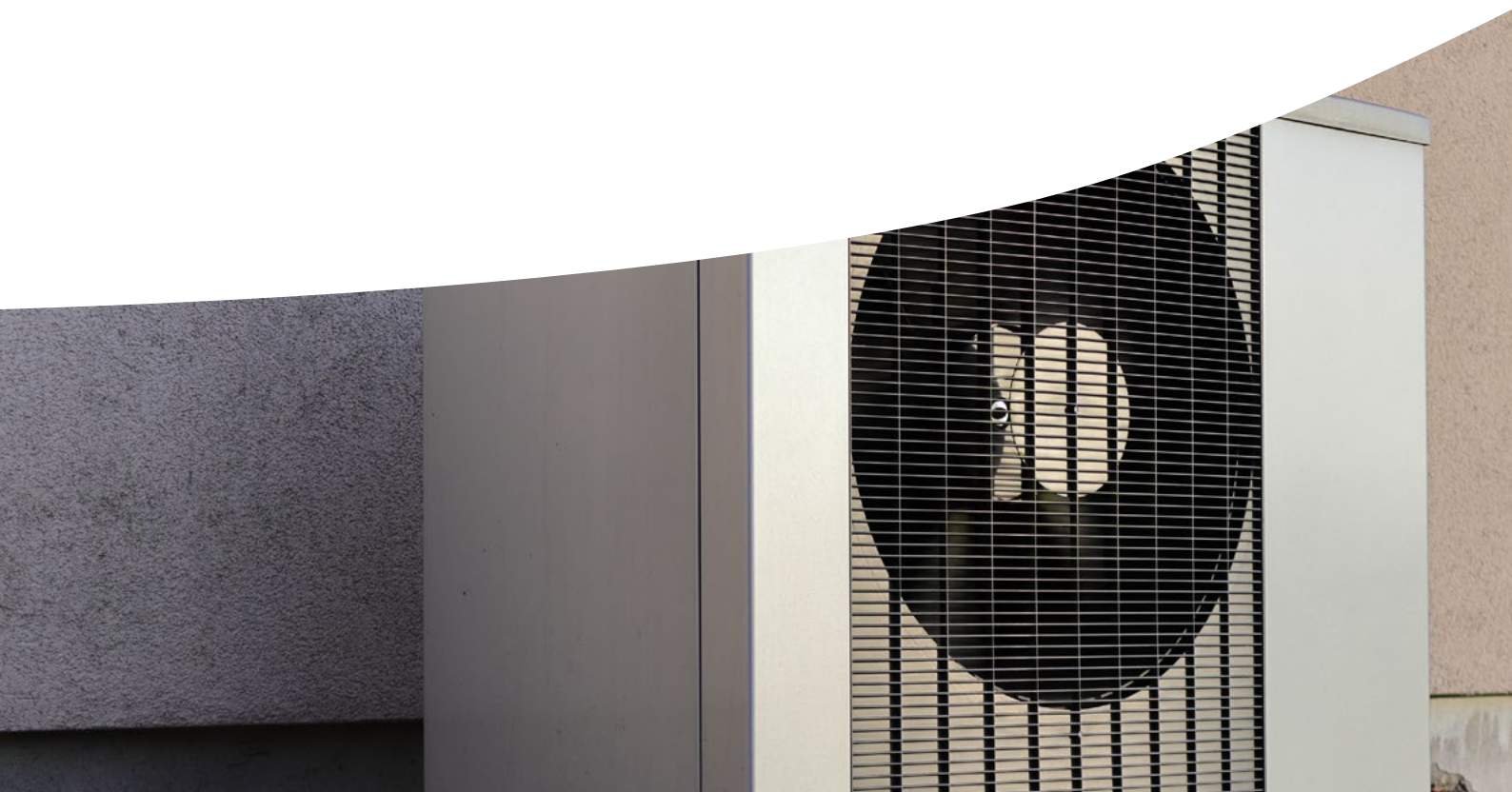
In den Abschnitten zur Dimensionierung der Wärmepumpe ([Abschnitt 3.6](#)) und zur Betriebsart ([Abschnitt 3.17](#)) ist der planmäßige Einsatz eines Elektroheizstabs beschrieben. Dabei übernimmt der Heizstab bei sehr niedrigen Außentemperaturen einen Teil der Heizlast, wodurch die Wärmepumpe kleiner ausgelegt werden kann als ohne Heizstab. Das verbessert Lebensdauer, Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Nach VDI 4645 sollte der Heizstab bedarfsorientiert dimensioniert werden; laut DIN EN 15450 sollte sein Anteil an der Gesamtwärmeerzeugung fünf Prozent nicht überschreiten, um Effizienzverluste und hohe Kosten zu vermeiden.

Ein ungeplanter Heizstabbetrieb tritt laut Feldstudien des Fraunhofer ISE häufig infolge von Unterdimensionierung, Fehlfunktionen oder falscher Parametrierung auf. Dabei zeigte sich, dass Luft-Wärmepumpen im Mittel häufiger den Heizstab nutzen als Erdreichsysteme. Insgesamt lagen die gemessenen Heizstabanteile jedoch deutlich unter den in DIN EN 15450 genannten fünf Prozent. Einzelne Anlagen mit Fehlbetrieb wiesen teils erhebliche Effizienzeinbußen auf.

Einflussmöglichkeiten auf diesen Faktor besteht bereits in der Bestandsaufnahme und Planung, insbesondere bei der Dimensionierung von Wärmepumpe und Heizstab. Fehler in der Installationsphase können Fehlbetriebe verursachen, die den Heizstab unnötig aktivieren. In der Inbetriebnahme ist daher eine korrekte Parametrierung für Heiz- und Warmwasserbetrieb sicherzustellen. Während der Betriebsphase sollte ein ungeplanter Heizstabeinsatz idealerweise durch Fernüberwachung unmittelbar erkannt oder spätestens im Rahmen der jährlichen Wartung überprüft werden.

3.16 Alternative Betriebsweisen

Im Gegensatz zu den bisherigen Ausführungen, die sich auf den rein wärmegeführten Betrieb beziehen (d.h. dass der Betrieb einer Wärmepumpe ausschließlich nach dem Wärmebedarf des Gebäudes gesteuert wird), adressieren die alternativen Betriebsweisen den Wechsel zum stromgeführten Betrieb. Dieser beinhaltet Vorteile bei Netzstabilität, Kostenoptimierung und Integration Erneuerbarer Energien, indem der Wärmepumpenbetrieb zeitlich an die Stromverfügbarkeit und Netzlast angepasst wird. Ein Beispiel hierfür ist der PV-optimierte Betrieb. Mit dem Ziel lokal produzierten PV-Strom zu nutzen, um bspw. weniger teureren Netzstrom zu beziehen, wird das Lastprofil bzw. werden die Betriebszeiten der Wärmepumpen dahingehend optimiert.



Möglichkeiten für einen PV-optimierten Wärmepumpenbetrieb

Mit dem zunehmenden Ausbau von Photovoltaikanlagen (PV) auf Wohngebäuden gewinnt der PV-optimierte Betrieb von Wärmepumpen an Bedeutung. Ziel ist es, möglichst viel überschüssigen Solarstrom direkt im eigenen Haus zu nutzen, anstatt ihn mit geringem Ertrag ins Netz einzuspeisen. Die Speicher der Wärmepumpenanlage bieten hierbei durch ihre Wärmespeicherfähigkeit eine ideale Möglichkeit zur Eigenverbrauchsoptimierung, sofern sie gezielt auf den PV-Ertrag abgestimmt werden. Folgende Maßnahmen bieten sich an:

1. Anheben der Speichertemperatur

Durch ein zeitweises Anheben der Soll-Temperatur im Heiz- oder Trinkwasserspeicher kann überschüssiger PV-Strom genutzt werden, um mehr thermische Energie zwischenspeichern. Diese Energie steht dann in sonnenarmen Stunden zur Verfügung, ohne dass zusätzlicher Netzstrom benötigt wird. Wichtig dabei ist, die Temperaturgrenzen des Systems sowie mögliche Effizienzverluste im Blick zu behalten, wenn die Wärmepumpe mit hohen Vorlauftemperaturen arbeitet.

2. Erhöhung der Raum-Solltemperatur

In Verbindung mit Flächenheizsystemen kann der PV-Überschuss auch genutzt werden, um zeitweise die Raumtemperatur leicht zu erhöhen (z. B. von 21 °C auf 22 °C). Das Gebäude selbst fungiert dann als thermischer Speicher. Voraussetzung dafür ist eine geeignete Gebäudehülle mit ausreichender Trägheit und ein Heizsystem, das komfortorientiert mit solchen Temperaturschwankungen umgehen kann.

3. Nutzung eines Heizstabs

Ein elektrischer Heizstab im Warmwasserspeicher kann als PV-Strom-Verbraucher eingesetzt werden, um den Eigenverbrauchsanteil weiter zu steigern. Technisch ist dies einfach umzusetzen, allerdings erfolgt die Wärmeerzeugung hier rein elektrisch ohne thermodynamischen Gewinn – also ohne Effizienzvorteil durch die Wärmepumpe. Der Einsatz eines Heizstabs lohnt sich vor allem dann, wenn so viel PV-Strom vorhanden ist, dass sonst keine sinnvolle Nutzung erfolgt, z. B. bei vollständig geladenem Speicher und abgeschalteter Wärmepumpe.

4. Erhöhung der Verdichterleistung (Verdichter „hochdrehen“)

Einige moderne Wärmepumpen mit modulierendem Verdichter können bei PV-Überschuss gezielt auf höhere Leistungen geregelt werden. So wird in kurzer Zeit mehr Wärme produziert, die z. B. in Pufferspeichern oder dem Trinkwassersystem gespeichert wird. Voraussetzung ist eine entsprechende Regelschnittstelle zwischen PV-Management und Wärmepumpe sowie ein thermisches System, das die höhere Wärmemenge aufnehmen kann.

Entsprechend der Ausführungen in den vorherigen Abschnitten spiegeln sich diese Maßnahmen in einer Verringerung der Effizienz der Wärmepumpe wider. Bei einer stromgeführten Fahrweise sollte die Effizienzminderung, je nach Optimierungsziel, den monetären Vorteilen gegenübergestellt werden. Eine Wärmepumpe ist grundsätzlich am effizientesten, wenn sie gleichmäßig ausgelastet ist und arbeitet. Bei stromgeführter Fahrweise, z.B. nur in den Mittagsstunden, muss sie in dieser Zeit mehr Leistung erbringen, um die benötigte Wärme zu produzieren. Obwohl die Anlage dann ineffizienter läuft, ist der Strom, den sie verbraucht, teilweise deutlich günstiger (eigener Solarstrom).

Damit ist bei diesem Effizienzeinfluss die Effizienzmindern „eingeplant“, sollte sich aber „lohnen“. Sowohl die Flexibilität als auch die Effizienz der Wärmepumpe können in diesem Kontext in den Phasen „Bestandsaufnahme und Planung“ (bspw. Definition von Speichergrößen), „Inbetriebnahme und Parametrierung“ (bspw. Definition der Anhebung der Heizkurve bei PV-Stromüberschuss) sowie „Betrieb und Wartung“ (Nachjustierens der Parametrierung) signifikant beeinflusst werden. Gleichzeitig gilt es zu betonen, dass sich die Randbedingungen stromgeführten Betriebs während der Nutzungsdauer einer Wärmepumpe ändern können (Stromkosten, Einspeisevergütung, dynamische Stromtarife sowie Netzentgelte, Kosten für Stromspeicher, Regulatorik usw.).

3.17 Betriebsart und Deckungsbeitrag der Wärmepumpe

Einen ebenfalls signifikanten Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpe hat die Wahl und Ausgestaltung der Betriebsart. Die Betriebsart definiert, welche Wärmeerzeuger bei welcher Außenlufttemperatur die entsprechende Heizlast decken sollen. Dass die Wärmepumpe nicht die gesamte Heizlast von der Normauslegungs- bis zur Heizgrenztemperatur decken kann oder sollte, kann sich dadurch ergeben, dass sie bei gewissen Quellentemperaturen die erforderlichen Temperaturen zur Raumheizung oder Trinkwassererwärmung nicht erreicht. Auch wirtschaftliche bzw. ökologische Vorteile bei der Nutzung eines anderen Endenergieträgers wie Erdgas bei geringen Quellen- und hohen Senkentemperaturen kann ein Grund sein. Beispielsweise können durch die kleinere Dimensionierung der Wärmepumpe in Hybridsystemen Investitionskosten reduziert werden, während

der ergänzende Energieträger lediglich in seltenen Spitzenlastzeiten einspringt. Weitere Gründe können Vorteile bei Effizienz und Betriebsverhalten der Wärmepumpe in bestimmten Temperaturbereichen oder die Möglichkeit, Pufferspeicher zur Raumheizung unter Umständen kleiner zu dimensionieren sein.

Je höher die Außenlufttemperaturen sind, bei denen der zu deckende Wärmebedarf anfällt, desto höher müssen die Wärmequellentemperaturen (insbesondere bei Nutzung der Außenluft als Wärmequelle) und desto geringer die Senkentemperaturen im Falle der Raumheizung sein. Die Konsequenz ist eine höhere JAZ. Demgegenüber steht je nach Wahl des weiteren Wärmeerzeugers ein erhöhter Endenergiebedarf bspw. in Form von Strom oder Erdgas

Monovalentes System

Sobald eine Wärmepumpe als einziger Wärmeerzeuger geplant ist, handelt es sich um monovalentes Wärmepumpensystem. Die Wärmepumpe wird auf die zu erwartende Spitzenlast ausgelegt und die Wärmequellenverfügbarkeit muss über das gesamte Jahr gegeben sein, damit die Wärmepumpe als einziges Heizungssystem eine ausreichende Heizleistung zur Verfügung stellen kann. Aus diesem Grund werden häufig Sole/Wasser-Wärmepumpen oder Wasser/Wasser-Wärmepumpen für den monovalenten Betrieb genutzt. Sie bieten ein ganzjährig hohes und vor allem konstantes Temperaturniveau der Wärmequelle, sodass jegliche Wärmebedarfe durch die Wärmepumpe gedeckt werden können.

Monoenergetisches System

Ein Wärmepumpensystem wird als monoenergetisch bezeichnet, wenn nur ein Endenergieträger, wie z.B. Strom verwendet wird. Dabei wird dann beispielsweise neben der Wärmepumpe eine elektrische Direktheizung, z.B. in Form eines Elektroheizstabes, im System integriert. Die Wärmepumpe deckt bei einem monoenergetischen Betrieb die Heizwärme bis zu einer definierten Außentemperatur, dem sogenannten Bivalenzpunkt, ab. Der Bivalenzpunkt bestimmt den Zeitpunkt, ab dem sich der Elektroheizstab zur Wärmepumpe zuschaltet oder gar komplett ersetzt. Des weiteren kann ein elektronischer Heizstab auch unabhängig zur Außentemperatur zur Trinkwassererwärmung eingesetzt werden.

So können zum einen Lastspitzen, aber auch gewisse Temperaturerhöhungen oberhalb der generellen Einsatzgrenze der Wärmepumpe abgedeckt werden. Bei einem monoenergetischen System kann der Wärmepumpenanteil teilweise deutlich kleiner dimensioniert werden, was eine Kostenreduzierung und eine Steigerung der Effizienz bedeuten können.

Bivalentes System

Bei einem bivalenten Wärmepumpensystem wird, wie beim monoenergetischen Betrieb, ein weiterer Wärmeerzeuger ins Heizsystem integriert. Im Gegensatz zum monoenergetischen Betrieb wird bei einem bivalenten Betrieb ein anderer Endenergieträger als Strom genutzt. Dabei handelt es sich um Gas- oder Biomassekessel. Die Einrichtung eines bivalenten Systems (Wärmepumpe in Kombination mit einem bestehenden Heizsystem) ist eine effiziente Möglichkeit, Bestandsgebäude zukunftsicher zu heizen, ohne den alten Wärmeerzeuger sofort komplett zu entsorgen. Dabei übernimmt die Wärmepumpe in der Regel die Grundlast, während der vorhandene Kessel z.B. nur an sehr kalten Tagen für den Spitzenbedarf zugeschaltet wird.

Der Einsatz des zusätzlichen Wärmeerzeugers wird grundsätzlich nach demselben Prinzip wie beim monoenergetischen System geregelt und hat ähnliche Gründe.

Ein weiterer Grund kann aber z.B. auch die stufenweise Gebäude- bzw. Anlagensanierung sein. Wird vorerst lediglich die Anlagentechnik des Gebäudes erneuert und keine Gebäudesanierung durchgeführt, so wird die Wärmepumpe auf den zukünftigen Wärmebedarf ausgelegt.

Heutige Wärmepumpen setzen zusätzliche Wärmeerzeuger nicht ausschließlich fix nach einer definierten Bivalenztemperatur ein, sondern berücksichtigen auch den aktuellen Lastfall, bspw. indem die vergangene Zeit zur Annäherung an eine Soltemperatur in die Regelung mit einfließt.

Die Betriebsart wird in der Prozessphase „Bestandsaufnahme und Planung“ definiert, womit hier maßgebliche Einflussnahme auf die spätere Effizienz der Wärmepumpe erfolgt. Im Rahmen des Feldtests „WP-QS im Bestand“ wurde deutlich, dass ungewünschte Fehlströme bspw. auf Grund fehlender bzw. defekter Rückschlagklappen oder Ventile insbesondere bei bivalenten Systemen auftraten. Daher ist bei diesen Systemen in der Installationsphase besondere Sorgfalt geboten. Während der „Inbetriebnahme und Parametrierung“ besteht ein signifikanter Effizienzeinfluss. Zum einen sollte das Zusammenspiel beider Wärmeerzeuger genau überprüft werden, zum anderen sollte die Parametrierung entsprechend der während der Planungsphase definierten Betriebsstrategie erfolgen. Bei „Betrieb und Wartung“ sind die Deckungsbeiträge der zusätzlichen Wärmeerzeuger zu überprüfen und die Parametrierung ggf. anzupassen.

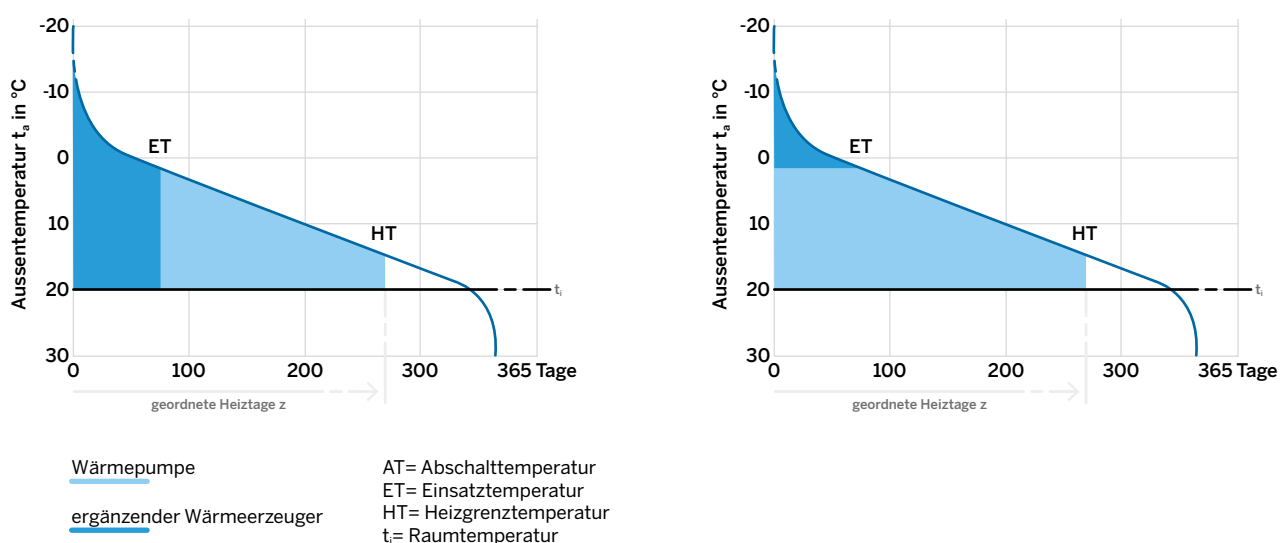


Abb. 13: Betriebsweisen von Hybridsystemen dargestellt als Flächen unter der geordneten Jahresdauerlinie. Es wird unterschieden zwischen einem alternierenden (links), parallelen (Mitte) und parallelen Betrieb mit Abschaltung (Seite 31) [1]

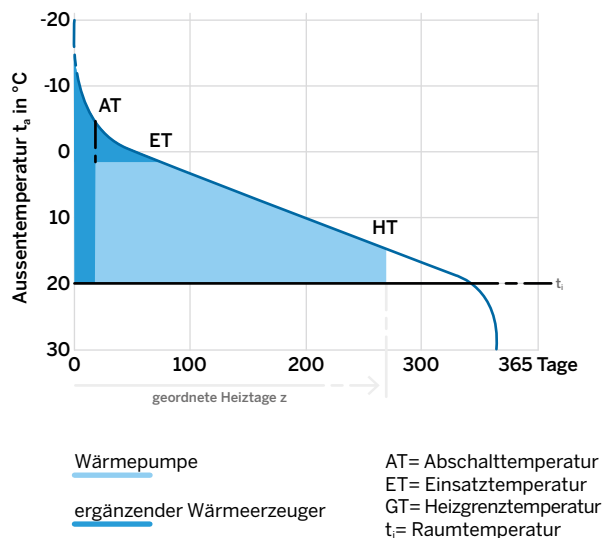


Abb. 14: Parallelen Betrieb mit Abschaltung

3.18 Einfluss durch Anlagenbetreibende

Die Grundlage für ein effizient laufendes Heizsystem mit Wärmepumpe wird in der Planung, Installation und Parametrierung gelegt. Doch auch Anlagenbetreibende können die Effizienz einer Wärmepumpe direkt beeinflussen. Dabei sollten sie darauf hingewiesen werden, dass jedes Eingreifen in die Regelung oder Betriebseinstellung der Anlage unbedingt in Abstimmung mit dem Handwerksbetrieb erfolgen sollte, um Schäden oder ein Verfallen von Gewährleistungsansprüchen zu vermeiden.

> Mehr Informationen auf:
www.bafa.de

Nach der Installation der Wärmepumpe sollten Anlagenbetreibenden eine ausführliche Einweisung in das neue Heizungssystem erhalten. Wichtige Bestandteile der Einweisung sind die Bedienung, Funktionsweise und maßgebliche Einflussfaktoren auf die Effizienz.

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf Leistungsfähigkeit, Lebensdauer und Effizienz einer Wärmepumpenanlage ist die kontinuierliche Wartung. Dabei spielt die konsequente Einhaltung vorgegebener Wartungszyklen eine zentrale Rolle, was durch den Abschluss eines Wartungsvertrags sowie die ergänzende Nutzung von Fernwartungsdiensten weiter unterstützt wird. Ebenso trägt die korrekte Einstellung der Betriebsmodi (unterschieden in Sommer- und Winterbetrieb) zur Optimierung des Energieverbrauchs bei. Eine gepflegte Außeneinheit, insbesondere durch Schutz vor Bewuchs und Verschmutzung, vermindert Verschleiß und Ineffizienzen. Effizienzmessungen und regelmäßige Kontrollen der Anlagenleistung, einschließlich des Heizstabeinsatzes, sind insbesondere in den ersten Betriebsjahren einer Anlage wichtig, um sie ideal einzuregeln. Bei Auffälligkeiten oder einem übermäßigen Stromverbrauch sollte schnellstmöglich der Kundendienst hinzugezogen werden.

Die regelmäßige Einhaltung der Wartungszyklen stellt einen zuverlässigen und effizienten Betrieb der Wärmepumpe sicher. Durch Wartungsverträge und unterstützende Fernüberwachung können notwendige Inspektionen planmäßig durchgeführt und Betriebsabweichungen frühzeitig erkannt werden.



Quellenverzeichnis

- [1] 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.
- [2] DIN CERTCO Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH (2026): „Heat Pump Keymark Certificates“. <https://keymark.eu/en/products/heatpumps/certified-products.keymark.eu>.
- [3] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2026): „Liste der förderfähigen Wärmepumpenanlagen“. https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_waermepumpen_anlagenliste.html
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (2023): „Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM)“. <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/TevdpcR9NeEp7m7Rhbj/content/TevdpcR9NeEp7m7Rhbj/BAAnz%20AT%2029.12.2023%20B1.pdf?inline>
- [5] Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2026): „Klimakarte“. <https://www.waermepumpe.de/werkzeuge/klimakarte/>
- [6] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) (2026): „DVGW-Arbeitsblatt W 551“. <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/wasser/verbraucher/1202gerhardy.pdf>
- [7] ZHAW (2026): „Optimierung von Erdwärmesonden“. <https://www.erdsondenoptimierung.ch/index.php?id=270537>
- [8] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 12831-1:2017-09: Energetische Bewertung von Gebäuden-Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil1: Raumheizlast.
- [9] Verein Deutscher Ingenieure e.V., VDI 4645: Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern- Planung, Errichtung, Betrieb.
- [10] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2026): „Heizungsoptimierung“. https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/Heizungsoptimierung/heizungsoptimierung_node.html

Zum Datum der Veröffentlichung dieser Publikation waren alle Links aktuell.

Anhang

Ergänzung: COP bzw. Normleistungszahl und EER als Ergebnis von Teststandmessungen

Die Normleistungszahl, die mittlerweile häufiger als Coefficient of Performance oder kurz COP bezeichnet wird, entspricht dem Verhältnis aus abgegebener Wärmeleistung (in kW) zur eingesetzten elektrischen Leistung (in kW). Der COP wird nach DIN EN 14511 unter Laborbedingungen für definierte Betriebspunkte ermittelt und ist für ausgewählte Betriebspunkte in den Datenblättern der Wärmepumpen zu finden. Für Luft/Wasser-Wärmepumpen sind typische Betriebspunkte minus sieben °C, zwei °C und sieben °C für die Quellentemperatur (Lufttemperatur) und 35°C, 45°C oder 55°C für die Senkentemperatur. Letztere entspricht der auf der Nutzungsseite definierten Wassertemperatur zur Raumheizung. Auf die realen Temperaturniveaus zur Raumheizung wird in [Infobox 1: Temperaturabhängigkeit](#) näher eingegangen. Abbildung 15 gibt die typische Angabe eines COP unter Nennung des zugrundeliegenden Betriebspunktes wieder. In der Abbildung ist das Beispiel mit der Wärmequelle Luft („A = Air“) und der Wärmesenke Wasser („W = Water“) dargestellt. Weitere Angaben auf der Quellenseite sind Sole („B = Brine“), Wasser („W = Water“) oder Direktverdampfung („E = Exchange“), während bei der Wärmesenke auch Luft („A = Air“) infrage kommt.

Der COP gibt somit mit Blick auf die Effizienz die grundlegende Güte eines Gerätes wieder. Da die Geräte unter identischen Bedingungen gemessen werden, können sie anhand

dieses Wertes miteinander verglichen werden. Weitere Normen zur Ermittlung von Normleistungszahlen sind die DIN EN 16147 (Brauchwasserwärmepumpen) und DIN EN 15879 (erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen mit Direktverdampfung). Die DIN EN 14511 beschreibt auch die Methodik, den Energy Efficiency Ratio (EER) zu ermitteln. Der EER bezeichnet die Normleistungszahl im Kühlbetrieb, für welche die Kälteleistung (in kW) und die dafür erforderliche elektrische Leistung (in kW) unter normierten Bedingungen ermittelt wird. Je höher der EER-Wert, desto effizienter wird elektrische Energie in Kälte umgesetzt.

Werden die Leistungszahlen für den Raumheiz- (COP) oder Kühlmodus (EER) zur rechnerischen Ermittlung von SCOP oder SEER entsprechend der Gruppe 2 herangezogen, stellt die DIN EN 14825 andere Anforderungen an die Ermittlung von COP und EER. In diesem Fall müssen die Leistungszahlen bei gemäß DIN EN 14825 definierten Prüfpunkten ermittelt werden.

Die Effizienz der Wärmepumpe wird dabei an unterschiedlichen, praxisnahen Kombinationen aus Außentemperaturen und Teillastniveaus gemessen und bewertet, um typische klimatische Bedingungen und Betriebszustände realitätsnah abzubilden. Grundlegende Vorgaben zur technischen Umsetzung der Messung werden auch in diesen Fall weiter der DIN EN 14511 entnommen.

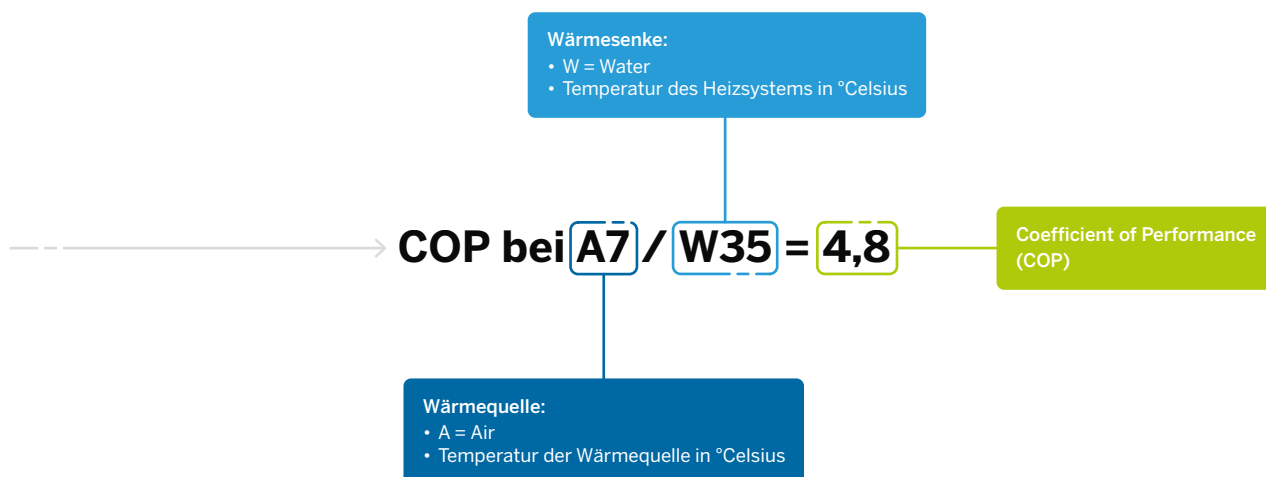


Abb. 15: Normleistungszahl (COP) unter Angabe des zutreffenden Betriebspunktes

Ergänzung: SCOP, η_s und SEER sowie JAZ auf Basis von Berechnungen

Der SCOP wird nach DIN EN 14825 auf Basis der unter [Infobox 1](#) beschriebenen COP-Werte und unter Annahme einer bestimmten Betriebscharakteristik berechnet. Das Ergebnis gibt eine Jahreseffizienz für den Raumheizbetrieb ohne Berücksichtigung der Trinkwassererwärmung wieder. Die Betriebscharakteristik berücksichtigt unter anderem, bei welchen klimatischen Bedingungen die Wärmepumpe betrieben wird und ob sowie in welchem Ausmaß zusätzliche Wärmeerzeuger (bspw. Heizkessel oder Elektroheizstab) genutzt werden sollen. Da es sich bei der DIN EN 14825 um eine Berechnungsvorschrift handelt, müssen zwangsläufig vereinfachte Annahmen zugrunde gelegt werden. So kann bspw. zwischen drei Witterungsbedingungen gewählt werden, die europaweite Klimata abdecken sollen. Das üblicherweise für Deutschland angesetzte mittlere Klima kann von den Witterungsbedingungen des real geplanten Standortes teils signifikant abweichen. Gleiches gilt für die Deckungsbeiträge zusätzlicher Wärmeerzeuger aufgrund von Unsicherheiten bei der Dimensionierung oder mit Blick auf die reale hydraulische und regelungstechnische Einbindung. Auf der Nutzungsseite wird zur Raumheizung zwischen Temperaturen von 35°C (Niedertemperaturheizung), 45°C (mittlere Temperatur) und 55°C (hohe Temperatur) unterschieden. Durch die SCOP-Berechnung sollen die Geräte mit Blick auf eine Jahreseffizienz vergleichbar gemacht werden. Die exakte Vergleichbarkeit ist aufgrund individuell wählbarer Parameter in der Berechnung des SCOP nicht komplett gegeben. Der Einfluss des wählbaren Parameters in der SCOP-Berechnung liegt jedoch nur im Bereich von wenigen Prozent. Durch die idealisierte Betriebscharakteristik und den frei wählbaren Parametern gibt der SCOP eine Annäherung an die zu erwartende reale Effizienz wieder. Um auch technologieübergreifend die Energieeffizienz zu bewerten, ist in der EN 14825 auch die jahreszeitbedingte Raumheizungsenergieeffizienz (η_s oder ETAs) definiert. Diese beschreibt als Prozentangabe, wie viel Primärenergie für eine Kilowattstunde Wärmeenergie benötigt wird. Sie errechnet sich aus der Division des SCOP mit 2,5 (der Wert der aktuell als Primärenergiefaktor für Strom in Europa angenommen wird). Zudem ist der ETAs Grundlage dafür, welcher Energielabelklasse eine Wärmepumpe zugordnet wird, bspw. A oder A+. Sowohl der SCOP-Wert als auch die jahreszeitbedingte Raumheizungsenergieeffizienz sind üblicherweise auf den Datenblätter der Hersteller sowie in Wärmepumpendatenbanken berücksichtigt.

Eine weitere Berechnungsvorschrift zur Ermittlung einer Jahreseffizienz ist die VDI 4650. Im Gegensatz zur EN 14825 unterscheiden sich zuerst Begrifflichkeiten und Bilanzgrenzen. Die VDI 4650 ermittelt statt eines SCOP eine JAZ und berücksichtigt neben dem Raumheizbetrieb auch die Trinkwassererwärmung. Zudem enthält die VDI 4650 Methoden, um den konkreten Anwendungsfall näherungsweise abzubilden. Dies gilt für die konkrete Anlagencharakteristik genauso wie für die standortspezifischen Witterungsbedingungen. Außerdem fließen konkretere Angaben für die geplanten Temperaturen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung in die Berechnung ein. Die grundlegende Effizienz des Wärmepumpengeräts wird, wie bei der SCOP-Berechnung durch den Ansatz der COP-Werte der Gruppe 1 berücksichtigt. Während die SCOP-Werte eine Vergleichbarkeit der Jahreseffizienz zwischen verschiedenen Geräten anvisieren, steht bei der VDI 4650 die Jahreseffizienz des konkreten Einzelfalls im Fokus. Aufgrund der Berücksichtigung individueller Gegebenheiten gibt es auch keine Listen oder Datenbanken mit Jahresarbeitszahlen nach VDI 4650. Dafür gibt es Online den JAZ-Rechner (www.waermepumpe.de), der unter Eingabe weniger Parameter die Berechnung einer Jahreseffizienz ermöglicht. Da der Rechner mit mehreren Datenbanken verbunden ist, können leicht unterschiedliche Szenarien, bspw. mit verringerten Temperaturen zur Raumheizung oder unterschiedlichen Wärmepumpen, durchgespielt werden. Wie die EN 14825 ist auch die VDI 4650 eine Berechnungsvorschrift, der vereinfachten Annahmen zu Grunde liegen. Daher handelt es sich auch bei den JAZ-Werten um Annäherungen an die tatsächlich im realen Betrieb zu erwartenden Effizienzwerte.

Ergänzung: JAZ bzw. SPF im realen Betrieb gemessen

Beim Seasonal Performance Factor (SPF) handelt es sich lediglich um die englische Übersetzung des Begriffes Jahresarbeitszahl. Die JAZ entspricht dem Verhältnis der von der Wärmepumpe bereitgestellten thermischen Energie (in kWh) zum dafür erforderlichen Stromverbrauch (in kWh). Beide Werte werden während des einjährigen realen Betriebs der Wärmepumpe gemessen. Aufgrund der technischen Herausforderungen bei der Messung im Feld wurden JAZ-Werte bislang meist nur im Rahmen wissenschaftlicher Projekte ermittelt.

Im Rahmen solcher Projekte wurde bspw. festgestellt, welchen Beitrag Wärmepumpen unter verschiedenen Einsatzbedingungen tatsächlich für die Energiewende leisten und wie diese optimiert werden können. In Deutschland führt das Fraunhofer ISE seit 2005 breit angelegte Feldstudien zur Effizienzanalyse von Wärmepumpen durch ([siehe Kapitel 1](#)). Im Rahmen des EU Projektes SEPEMO wurden zweckmäßige Bilanzgrenzen zur Ermittlung von JAZ-Werten erarbeitet, die das Fraunhofer ISE in seinen Auswertungen übernommen hat. Die dabei definierte Bilanzgrenze 3, die den normierten Effizienzwerten der Gruppen 1 und 2 am nächsten kommt, berücksichtigt die von der Wärmepumpe bereitgestellten Energie vor etwaigen Speichern und den elektrischen Energieverbrauch von Verdichter, Steuerung, Wärmequellenantrieb (Ventilator bzw. Sole- oder Grundwasserpumpe) sowie Elektroheizstab. Vereinfacht entsprechen Effizienzwerte dieser Bilanzgrenze 3 der Erzeugerarbeitszahl.

Im Zuge sich verändernder Gesetzgebung gerät nun die flächendeckende Effizienzermittlung für Wärmepumpen bei realem Betrieb in den Fokus. Gemäß der Richtlinie für die (BEG EM) müssen förderfähigen Heizsysteme mit einer Energieverbrauchs- und Effizienzanzeige ausgestattet sein. Im Zuge dessen sollten alle neuen Wärmepumpen über eine Effizienzmessung oder zumindest eine Angabe der produzierten Wärme sowie Stromaufnahme verfügen. Methodisch liegen dieser Effizienzermittlung unterschiedliche Prinzipien zugrunde, die lediglich eine Annäherung an die unter wissenschaftlichen Bedingungen ermittelten JAZ-Werten erlauben.

➤ Weitere Ausführungen zur Effizienzermittlung bzw. -überwachung bei realem Betrieb enthält die Arbeitshilfe „Wärmepumpen optimal betreiben – Die entscheidenden Stellschrauben“.

Kontakt:

waerme@energy4climate.nrw

Redaktionelle Inhalte

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE im
Auftrag von NRW.Energy4Climate

Impressum:

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

kontakt@energy4climate.nrw
www.energy4climate.nrw
© NRW.Energy4Climate / B26013

Stand:
7/2026

Bildnachweis:

Titel: StockSeller_ukr-iStock.com
Seite 3: StockSeller_ukr-iStock.com
Seite 5: rh2010-adobe.stock.com
Seite 10: Rocco-Herrmann-iStock.com
Seite 13: U. J. Alexander-adobe.stock.com
Seite 16: rh2010-adobe.stock.com
Seite 27: Libor-adobe.stock.com
Seite 31: Hermann-adobe.stock.com