



# Wärme- pumpen

für Heizung und  
Warmwasser

Mit vielen  
Modell-  
rechnungen

- Planung • Technik
- Kosten • Förderung

# Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser

Hans-Jürgen Seifert



# Inhaltsverzeichnis

## **KAPITEL 1**

Grundlagen: Funktion, Kennzahlen,  
technische Vorschriften

### **Warum eine Wärmepumpe?**

Erneuerbare Energien auf dem Vormarsch  
Sanierung im Fokus

### **So funktionieren Wärmepumpen**

Der umgekehrte Kühlschrank  
So funktioniert der Kältekreislauf  
Absorption und Adsorption  
On / off- und invertergeregelte Wärmepumpen  
Kältemittel machen's möglich  
Verschiedene Betriebsweisen

### **Pro und Contra von Wärmepumpen**

Brennwertheizungen  
Höchste Energieeffizienz  
Was für Wärmepumpen spricht  
Mögliche Probleme  
Wo lassen sich Wärmepumpen aufstellen?

### **Kennzahlen verstehen**

Leistungszahl / Coefficient of Performance (COP)  
Die Jahresarbeitszahl  
Jahresarbeitszahl ermitteln und überwachen

Welche Jahresarbeitszahl kann erreicht werden?

## **Energetische Vorgaben zu Neubau und Bestand**

Vorschriften für Neubauten

Vorschriften für Bestandsgebäude

So lassen sich Wärmeverluste vermeiden

## **Wann lohnt sich der Umstieg?**

Voraussetzungen

Was gilt es zu beachten?

Clever kombinieren

## **KAPITEL 2**

# Wärmepumpenarten: Was bietet der Markt?

## **Single-Varianten**

Sole / Wasser-Erdwärmepumpe

Sonderformen der Erdwärmeabsorber

Direktverdampfer – Sonden und Flächenkollektoren

Offene Systeme

Eisspeicher

Luft-Wärmepumpen

## **Hybridmodelle**

Stand der Entwicklung

Kompakte Hybrid-Wärmepumpen

Getrennte Hybrid-Wärmepumpenanlagen

Kombination mit Photovoltaik- und thermischen Solaranlagen

Energiemanagementsystem nutzen

## **Heizflächen für Wärmepumpen**

Flächenheizungen

Heizkörper

## **Kühlen mit Wärmepumpen**

Passive Kühlung

Aktive Kühlung

Platzierung der Geräte

Weitere Bedingungen

## **Warmwasserbereitung mit Wärmepumpen**

Gesetzliche Vorgaben

Zentrale und dezentrale Trinkwassererwärmung

Indirekt beheizter Warmwasserspeicher

Trinkwarmwasser – Speicherladesystem

Pufferspeicher mit Frischwasserstation

Bivalente Trinkwarmwasserspeicher

Warmwasser-Wärmepumpe

Bivalente Systeme mit Vorwärmstufe

## **KAPITEL 3**

# Das richtige Wärmepumpensystem finden

## **Bedarf ermitteln**

Heizwärmebedarf im Neubau

Heizwärmebedarf im Bestand

Bedarf für Trinkwarmwasserbereitung

Anforderungen für Effizienzhäuser

## **Integration der Wärmepumpe in die Haustechnik**

Vorplanung

Heizflächen

Festlegung der Betriebsweisen  
Pufferspeicher / Wärmespeicher

## **Die Wahl der richtigen Wärmepumpe**

Zu klärende Fragen  
Vorgehen bei der Auswahl  
Wärmepumpe auswählen  
Wie erzielt man das beste Ergebnis?

## **Planung und Erschließung der Wärmequellen**

Dimensionierung und Errichtung von Erdwärmesonden  
Dimensionierung und Errichtung horizontaler  
Flächenkollektoren  
Auslegung und Installation von Brunnenanlagen  
Planung und Ausführung für die Wärmequelle Luft  
Schallemissionen bei Luftwärmepumpen

## **Anlagenkonzept und Detailplanung**

Hydraulikschema mit Hydraulikplan und Regelungskonzept  
Auswahl und Betrieb von Umwälz- und Förderpumpen

## **Planung und Dimensionierung der Wärmepumpe**

Der Bivalenzpunkt  
Dimensionierung der Wärmepumpe  
Vorlauftemperatur bestimmen

## **Inbetriebnahme, Dokumentation und Wartung**

Inbetriebnahme  
Der hydraulische Abgleich  
Funktionsheizen  
Einweisung  
Dokumentation und Wartung

---

## **KAPITEL 4**

# Wirtschaftlichkeit und Ertrag optimieren

### **Was rechnet sich wirklich?**

Jahresarbeitszahl simulieren

Parameter für die Berechnung

Berechnete Daten

Auswirkungen von Variablen

Nutzung der Musterrechnungen

Bewertung der Varianten

### **Häufige Fehlerquellen bei der Planung**

Häufige Fehler bei der Planung der Wärmequelle

Häufige Fehler bei der Planung der Heizflächen und Speicher

Häufige Fehler bei Auswahl und Dimensionierung der Anlage

Fehler bei der Planung vermeiden

Grundsätze für die richtige Auslegung

### **Mehr Effizienz - Ertrag optimieren**

Einflussmöglichkeiten durch den Hersteller

Einflussmöglichkeiten durch den Installateur

Was Betreiber tun können

## **KAPITEL 5**

# Herstellerangaben bewerten und Angebote vergleichen

### **Herstellerangaben bewerten**

Heizleistung und Leistungszahl

Energieeffizienzklasse

Einsatzgrenzen

Schalleistungspegel / Schalldruckpegel  
Kältemittel / Füllgewicht / GWP-Wert  
Elektrische Daten

## **Angebote vergleichen**

Begriffsklärung  
Angebote einholen in der Praxis  
Beauftragungsarten  
Kriterien eines Angebots  
Angebote richtig vergleichen  
Häufige Fehler beim Einholen und Vergleichen von Angeboten  
Zusammenfassung

## **KAPITEL 6**

# Rechtliches, Verträge, Förderung

## **Gesetzliche Rahmenbedingungen und Genehmigungen**

Allgemeine Bestimmungen  
Spezielle Rahmenbedingungen

## **Vertragsinhalte, Konformitätserklärungen, Versicherungen**

Vorbereitungen für einen Vertragsabschluss  
Inhalte eines Werkvertrags  
Versicherungen

## **Förderungen**

Allgemeine Fördervoraussetzungen  
Fristen und Zuständigkeiten  
Förderfähige Kosten



Mögliche Fallstricke bei der Förderung

## **Stromversorgung für Wärmepumpen und Zusatzheizer**

Stromversorgung für Wärmepumpen  
Zusatzheizer

## **KAPITEL 7**

# Inbetriebnahme und Wartung: Fehler vermeiden

## **Bei der Inbetriebnahme**

Vor dem Anruf beim Installateur  
Einweisung des Betreibers in die Anlagenperipherie  
Einweisung des Betreibers in den Wärmepumpenregler

## **Betrieb, Inspektion, Wartung und Service**

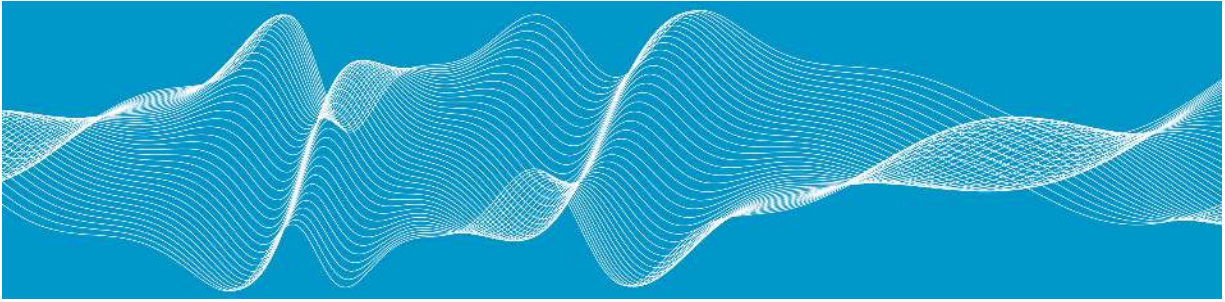
Betrieb einer Wärmepumpe  
Inspektion, Wartung und Service – Allgemeines  
Inspektion  
Wartung  
Wer wartet meine Wärmepumpe?  
Fehlersuche und Behebung, Service  
Häufige Fehler und Fallstricke  
Probleme erkennen und lösen

## **ANHANG**

# Service

## **Tabellen und Checklisten**

# Stichwortverzeichnis



# **GRUNDLAGEN: FUNKTION, KENNZAHLEN, TECHNISCHE VORSCHRIFTEN**

Wärmepumpen werden seit geraumer Zeit als perfekte Lösung zur Beheizung unserer Häuser ohne fossile Energieträger und ohne CO<sub>2</sub>-Ausstoß propagiert. Warum, wie funktionieren Wärmepumpen in der Praxis und was macht sie so besonders? Hier geht es um die Grundlagen zum Verständnis dieser Technologie.

- **Warum eine Wärmepumpe?**
- **So funktionieren Wärmepumpen**
- **Pro und Contra von Wärmepumpen**

- **Kennzahlen verstehen**
- **Energetische Vorgaben zu Neubau und Bestand**
- **Wann lohnt sich der Umstieg?**

→ **Warum eine Wärmepumpe?** Wir Menschen haben eine sehr lange Tradition, unsere Wohnungen und Wirtschaftsgebäude mit Hitze aus der Verbrennung von Naturmaterialien zu erwärmen. Das geht heute besser.

### **WAS ERFAHRE ICH?**

- Erneuerbare Energien auf dem Vormarsch
- Sanierung im Fokus

Seitdem unsere prähistorischen Vorfahren gelernt haben, das Feuer zu kontrollieren, wurde es – neben der Zubereitung von Speisen und als Lichtquelle – dazu genutzt, um sich aufzuwärmen. Zunächst wurde vor allem Holz verbrannt. Viel später und besonders mit der einsetzenden Industrialisierung wurden zunehmend fossile Energieträger eingesetzt, anfangs vorrangig Braun- und Steinkohle, dann auch Gas und Erdöl. Verbrennung von organischen Energieträgern setzt allerdings ungeheure Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid (chemisch: CO<sub>2</sub>) frei – das hat über die Jahrhunderte ganz wesentlich zum globalen Klimawandel beigetragen, dessen Auswirkungen wir seit einigen Jahren immer deutlicher erleben können.

Hinzu kommt im ressourcenarmen Deutschland eine fatale Abhängigkeit von den Lieferanten dieser Brennstoffe, die die Stabilität unserer Energieversorgung bedroht. Den extremen Preisanstieg bei Gas, Öl und Benzin seit Anfang 2022 spüren wir alle schmerzhaft an der Zapfsäule der Tankstelle und bei den Rechnungen der Energieversorger.

## **Erneuerbare Energien auf dem Vormarsch**

Was können wir also tun, um die fatale Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu vermindern und längerfristig möglichst auch ganz zu beenden?

Die Erschließung von Sonnenenergie, Wind und Wasserkraft als alternative Energiequellen ist schon auf einem guten Weg. Sie liefern in erster Linie elektrischen Strom und – wie im Falle der Solarthermie – direkt nutzbare Wärme, die allerdings nicht gleichmäßig rund um die Uhr zur Verfügung stehen. Der nachwachsende Rohstoff Holz kann nur wenig zum steigenden Energiebedarf der Weltbevölkerung oder auch nur aller Menschen in Deutschland beitragen. Für eine umfassende Versorgung mit Brennstoff müsste viel mehr Holz geschlagen werden als in der gleichen Zeit nachwachsen kann. Zudem binden Wälder CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre und produzieren lebenswichtigen Sauerstoff.

Da kommt eine Technik ins Spiel, die in der Industrie seit Generationen bekannt ist und auch in nahezu jedem Haushalt bereits genutzt wird: Eine elektrische Wärmepumpe kühlt in der Küche unsere verderblichen Speisen. Dieses Prinzip „Kühlschrank“ kann man auch so umdrehen, dass ein Innenraum erwärmt wird, indem man der Umgebung Wärmeenergie entzieht. Wie das genau funktioniert, erklären wir im nächsten Abschnitt ab [Seite 10](#).

Beim Neubau – insbesondere von Eigenheimen – sind Wärmepumpen in sehr gut gedämmten Häusern in Kombination mit einer Photovoltaikanlage und Flächenheizungen quasi der neue Standard für die Heizung von Wohnräumen. Als primäre, also überwiegend für das Heizen eingesetzte Quelle werden bei den regenerativen Energiequellen mittlerweile meist Wärmepumpen gewählt.

## **Sanierung im Fokus**

Deswegen hat die Bundesregierung ab Mitte 2022 insbesondere die energetische Sanierung und Umrüstung des vorhandenen Gebäudebestands in den Fokus gestellt und will die Umrüstung von fossilen Energieträgern auf Wärmepumpenheizungen möglichst umfassend vorantreiben. Dass dies nicht bloße Lippenbekenntnisse sind, zeigen zahlreiche Förderprogramme (siehe dazu „[Förderungen](#)“ ab [Seite 171](#)), die einen Teil der bei einem Umstieg nötigen Einstiegsinvestition abfedern.

Der Boom der Wärmepumpenheizungen hat zu einer große Vielfalt der unterschiedlichsten Produkte und Systeme geführt. Was ist denn aber nun das Beste für das eigene Haus, eine Luft-Luft-Wärmepumpe, eine Luft-Wasser-, Grundwasser- oder Erdwärmepumpe? Was leisten diese Anlagen, wie energieeffizient sind sie und was kostet das alles? Und was ist an behördlichen Vorgaben und bei der Beantragung von Fördermitteln zu beachten?

Im Bestand, also bei Planungen für eine energetische Sanierung, war und ist die größte Hürde, dass Wärmepumpen am energieeffizientesten arbeiten, wenn die Vorlauftemperaturen für den Heizungskreislauf möglichst niedrig gehalten werden können. Das heißt, dass sie am besten im Zusammenspiel mit einer sehr guten Wärmedämmung des Gebäudes und großen Heizflächen,

also Fußboden- oder Wandflächenheizungen, funktionieren. Sind im Gebäude die typischen Heizkörper, man spricht auch von Radiatoren, verbaut, müssen Lösungen für einen wirtschaftlichen Wärmepumpenbetrieb gefunden werden.

## KURZE GESCHICHTE DER WÄRMEPUMPE



Auch wenn Wärmepumpen erst seit relativ kurzer Zeit allgemein bekannt geworden sind: Die Ursprünge dieser Zukunftstechnologie liegen bereits im 18. Jahrhundert. Dem schottischen Mediziner William Cullen gelang die Herstellung geringer Mengen künstlichen Eises, indem er Diethylether durch Unterdruck zum Verdampfen brachte, wobei dem Wasser in einem Reaktionsgefäß Wärme entzogen wurde. Das Jahr 1777 wird deshalb als Geburtsjahr der Erzeugung künstlicher Kälte bezeichnet. 1852 konnte William Thompson dann nachweisen, dass



Kältemaschinen auch zum Heizen eingesetzt werden können – mit einem Energiegewinn im Vergleich zur direkten Wärmeerzeugung. Das Jahr 1852 gilt deshalb als Geburtsstunde der Wärmepumpe.

In Deutschland installierte Klemens Oskar Waterkotte bereits 1968 in seinem Haus die erste erdgekoppelte Wärmepumpe in Verbindung mit einer Niedertemperatur-Fußbodenheizung. Die Firma Viessmann produzierte schon in den Jahren 1979 bis 1987 die ersten Wärmepumpen, was sich jedoch aufgrund des sinkenden Ölpreises damals nicht rentierte. Der schwankende Ölpreis verhinderte weitere 30 Jahre lang den Marktdurchbruch der Wärmepumpentechnologie. Ein spürbarer Aufschwung, der sich in der Folge zu einem regelrechten Boom entwickelte, setzte in Deutschland erst ab dem Jahr 2006 ein.

**Abbildung: Wärmepumpe aus dem Jahr 1979**

Dieses Buch soll Ihnen das nötige Wissen vermitteln, um die Heizung und Brauchwassererwärmung mithilfe einer Wärmepumpe zu verstehen und das passendste System mit den auf Dauer geringsten Kosten zu planen und in die Praxis umzusetzen – beim Neubau oder im Zuge einer Umrüstung im Bestand.

## → **So funktionieren Wärmepumpen:**

Auch bei Minustemperaturen Wärme aus der Umwelt gewinnen und in nutzbare Heizwärme umwandeln: Was wie ein Wunder klingt, funktioniert nach demselben Prinzip wie ein Haushaltsgerät, das jeder kennt.

### **WAS ERFAHRE ICH?**

- Der umgekehrte Kühlschrank
- So funktioniert der Kältekreislauf
- Absorption und Adsorption
- On / off- und invertergeregelte Wärmepumpen
- Kältemittel machen's möglich
- Verschiedene Betriebsweisen

Wie Wärmepumpen wirken, lässt sich so zusammenfassen: Mittels eines elektrisch betriebenen Antriebs erzeugen Wärmepumpen aus Wärmequellen mit relativ niedrigem Temperaturniveau - etwa aus der Luft bis minus 25 Grad Celsius, aus Brunnen mit 8 bis 10 Grad Celsius oder mithilfe von Erdsonden oder Erdkollektoren mit Soletemperaturen

bis minus 5 Grad Celsius – Vorlauftemperaturen von bis zu 70 Grad Celsius. Als **VORLAUFTEMPERATUR** bezeichnet man die Temperatur, auf die ein Wärmeträger (etwa Wasser) gebracht werden muss, bevor er dem Heizsystem zugeführt wird. Diese Wärme wird dem Wärmeübertrager dann entzogen und kann im Wohnbereich zum Heizen und zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Der Wärmeübertrager wird anschließend mit einer geringeren **RÜCKLAUFTEMPERATUR** zum Wärmeerzeuger zurückgeführt und der Kreislauf beginnt von neuem. Doch wie funktioniert das genau, wo kommt die Wärme her? Vereinfacht gesagt, geht es im **KÄLTEKREISLAUF** einer Wärmepumpe um die Phasenumwandlung einer Flüssigkeit in Gas und umgekehrt bei definierten Drücken und definierter Temperatur. Das im Kältekreis zirkulierende Arbeitsmedium wird als Kältemittel bezeichnet.

## Der umgekehrte Kältschrank

Prinzipiell bestehen elektrisch angetriebene Kompressionswärmepumpen und Kältemaschinen, also etwa Kältschränke, aus den gleichen Hauptkomponenten (siehe Grafik auf [Seite 11](#)):

- Verdampfer
- Verdichter
- Verflüssiger
- Expansionsventil

Verdampfer und Verflüssiger sind **WÄRMEÜBERTRAGER**, in denen sich der Aggregatzustand des in einem geschlossenen Kreislauf befindlichen Kältemittels durch Wärmezufuhr (im Verdampfer) und Wärmeentzug (im Verflüssiger) permanent ändert. Das funktioniert durch eine stete Abfolge von Verdampfung, Verdichtung, Verflüssigung

und Entspannung. Die dafür benötigten Hauptkomponenten Verdampfer (im Bild blauer Pfeil), Verdichter, Verflüssiger (im Bild orangefarbener Pfeil) und das Expansionsventil werden in der Regel über Kupferrohre miteinander verbunden, abgedrückt, evakuiert und mit Kältemittel befüllt. Es handelt sich hierbei, wie in der nebenstehenden Grafik rechts dargestellt, um einen linksläufigen Kreisprozess.

Im Inneren eines Kühlschranks befindet sich der Verdampfer meistens hinten oder oben, wo er dem Kühlgut Wärme entzieht. Der Verflüssiger hingegen befindet sich in der Regel außen an der Rückwand des Kühlschranks, wo die Wärmeenergie an die Umgebungsluft abgegeben wird (siehe Grafik auf [Seite 12](#)). Nur besteht beim Kühlschrank das Ziel darin, einen definierten Raum zu kühlen, während Wärmepumpen vorzugsweise zum Heizen eingesetzt werden. Allerdings können einige von ihnen sowohl wärmen als auch kühlen – mehr dazu ab [Seite 58](#).

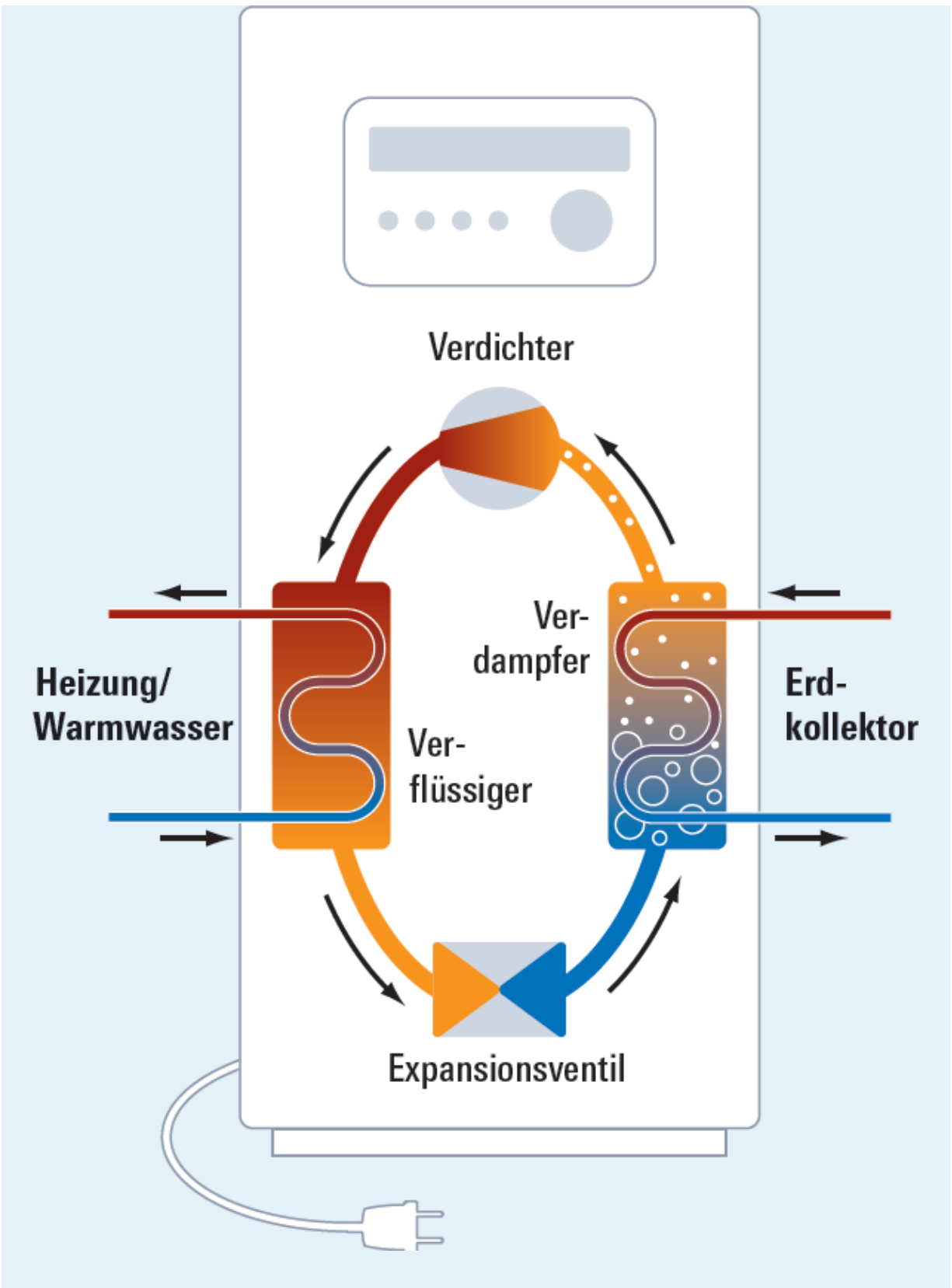
## So funktioniert der Kältekreislauf

Bei der Wärmepumpe läuft der geschilderte Kreislauf also in umgekehrter Reihenfolge ab: Dem flüssigen Kältemittel wird bei niedrigem Druck (Niederdruckseite) über den Verdampfer – etwa durch Außenluft, Grundwasser oder Sole – mit einer Eintrittstemperatur von 0 Grad Celsius Wärmeenergie zugeführt. Der Clou: Durch die niedrige Verdampfungstemperatur des Kältemittels funktioniert das auch, wenn die Wärmequelle Temperaturen im Minusbereich aufweist. Das flüssige Kältemittel verdampft und entzieht dabei der Umwelt Wärmeenergie, die **VERDAMPFUNGSWÄRME**.

Mittels Verdichtern (Kompressoren) wird das dampfförmige Kältemittel unter Zuführung mechanischer

Arbeit nun komprimiert, wobei sich der Druck und die Dichte des Gases erhöhen. Dieser Vorgang wird leicht begreiflich, denkt man an eine Luftpumpe: Jeder, der einem Fahrradreifen schon einmal mit einer Handpumpe Luft zugeführt hat, weiß, dass das Pumpengehäuse nach wenigen Hieben warm wird. Anschließend wird das unter hohem Druck (Hochdruckseite) stehende dampfförmige Kältemittel durch den Verflüssiger oder Kondensator geleitet, wo es wieder in einen flüssigen Aggregatzustand übergeht. Die im Kältemittel enthaltene Wärmeenergie wird in diesem Prozess auf das Heizwasser übertragen. Schließlich wird der Druck über ein Expansions-/Entspannungsventil wieder auf das Ausgangsniveau herabgesenkt, und der Prozess beginnt von vorn.

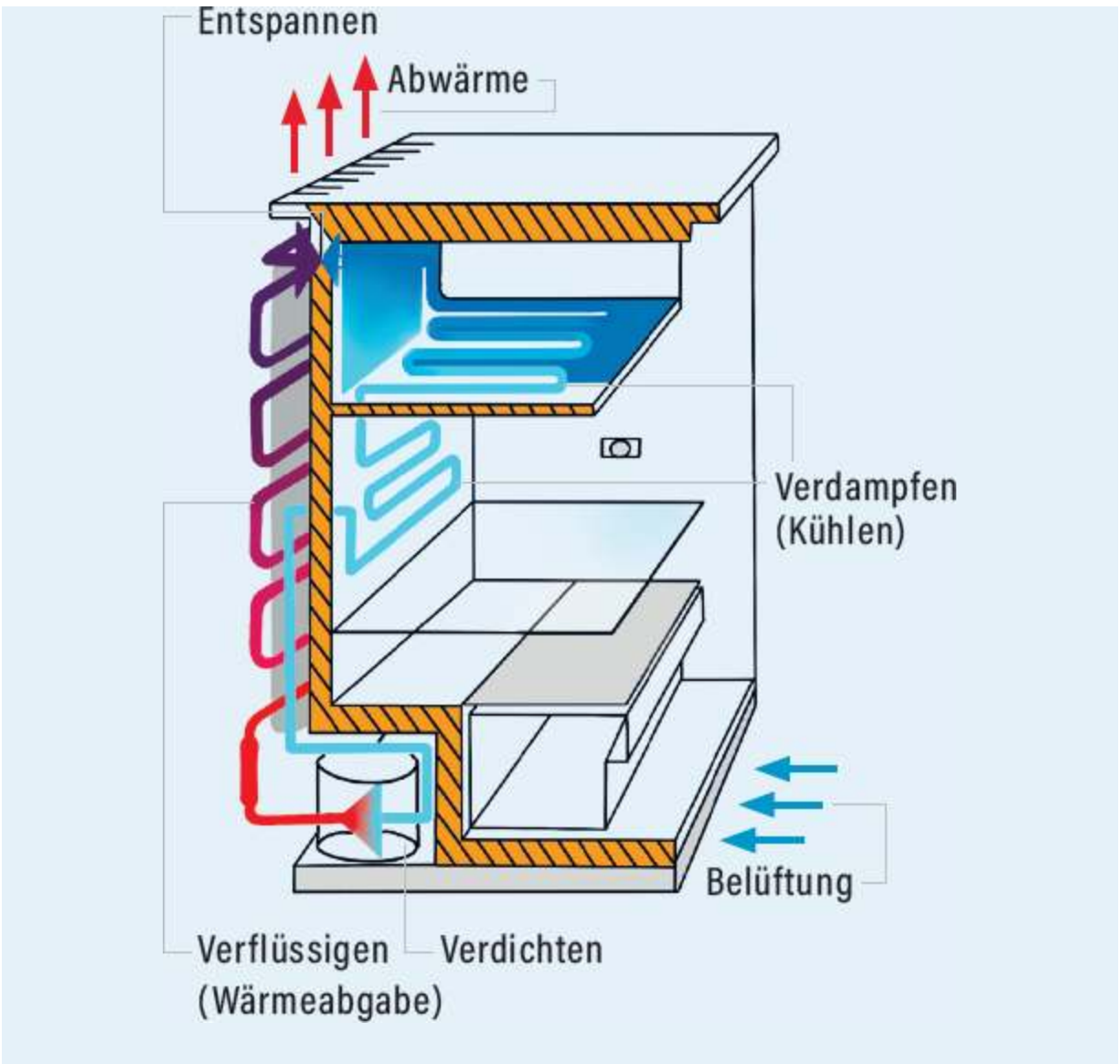
## **FUNKTIONSSCHEMA EINER WÄRMEPUMPE**



**Kreislauf des Kältemittels in einer Wärmepumpe: Im Verdampfer wird die Wärme aus dem Erdkollektor aufgenommen, durch Verdichtung erhöht und im Verflüssiger an die Heizung abgegeben.**

Wo beim Kühlschrank als Nebenprodukt „Wärme“ entsteht, die auf der Rückseite des Kühlschranks als Wärmeenergie abgeleitet wird, produziert eine Wärmepumpe als Nebenprodukt „Kälte“, die bei Bedarf genutzt werden kann (siehe „[Kühlen mit Wärmepumpen](#)“ ab [Seite 58](#)). Dabei ist unter dem Begriff „Kälte“ im thermodynamischen Sinn die Abwesenheit von „Wärme“ zu verstehen.

## **FUNKTIONSSCHEMA EINES KÜHLSCHRANKS**



**Analogie zum Kühlschrank**

## **Absorption und Adsorption**

Neben der im Ein- und Zweifamilienhaus am häufigsten anzutreffenden Kompressionswärmepumpe existieren auch andere Funktionsarten: Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen. Geräte, bei denen die Umweltwärme vom Kältemittel in sich aufgenommen wird, nennt man **ABSORPTIONSWÄRMEPUMPE** (absorbieren = in sich aufnehmen). Bei Bei



**ADSORPTIONSWÄRMEPUMPEN** (adsorbieren = anlagern) dagegen wird die Umweltenergie durch einen Prozess der Anlagerung an eine Oberfläche nutzbar gemacht. Konkret schlägt sich Wasserdampf an einem Adsorptionsmittel von großer Oberfläche nieder. Diese plötzliche Änderung des Aggregatzustands von gasförmig zu flüssig setzt die aufgenommene Umweltenergie wieder frei. Da derartige Wärmepumpen jedoch zu teuer und nicht effizienter als etwa eine Erdwärmepumpe sind, konnten sie sich nicht am Markt etablieren.

## **On / off- und invertergeregelte Wärmepumpen**

Bei On/off-Wärmepumpen („Ein/aus-Wärmepumpen“, auch als Fixed-Speed-Wärmepumpen bekannt) wird der Verdichter immer mit einer **KONSTANTEN DREHZAHL** betrieben. Werden sie eingeschaltet, so bringen sie im definierten Arbeitspunkt, zum Beispiel Sole 0 Grad Celsius / Wasser 35 Grad Celsius, immer die im Datenblatt angegebene volle Heizleistung. Da die volle Heizleistung nur bei der tiefsten Normaußentemperatur benötigt wird, erfolgt die Leistungsregulierung über die Laufzeit. Wird der eingestellte Temperatursollwert zur eingestellten Schalthysterese (beispielsweise 5 Kelvin) unterschritten, schaltet die Wärmepumpe ein. Ist der Sollwert erreicht, schaltet die Wärmepumpe wieder ab. Ist die Wärmepumpe zu groß dimensioniert, schaltet sie in der Übergangsperiode häufig ein und aus (sie taktet zu viel), was sich nachteilig auf Effizienz und Lebensdauer auswirkt.

**TECHNISCHE PARAMETER VERSCHIEDENER KÄLTEMITTEL FÜR WÄRMEPUMPEN**

---

Kältemittel	Siedepunkt	Verflüssigung (p 26 bar)	GWP	Maximale VL-Temperatur	Maximale Quellentemperatur	Gefahrenklasse
R410A FKW	-51 °C	43 °C	2088	65 °C	35 °C	A1
R134A FKW	-26 °C	80 °C	1430	80 °C	40 °C	A1
R407CC FKW	-45 °C	58 °C	1774	60 °C	30 °C	A1
R290 (Propan)	-42 °C	70 °C	6	70 °C	15–20 °C	A3

Bei einer invertiergeregelten Wärmepumpe (auch modulierende Wärmepumpe genannt) wird die Drehzahl des Verdichters über die **FREQUENZÄNDERUNG** so geändert, dass die Wärmepumpe nur die jeweils benötigte Heizleistung erzeugt. Die Heizleistung ist also über den Modulationsbereich variabel, während bei einer On/off-Wärmepumpe die Leistungsabgabe immer gleich ist, wenn sie eingeschaltet ist. Führt eine modulierende Wärmepumpe nicht die volle, sondern nur die angeforderte Leistung, befindet sie sich im **TEILLASTBETRIEB**. Bei zweistufigen Wärmepumpen ist die Teillast der Betrieb mit nur einem Verdichter.

Da sich eine invertiergeregelte Wärmepumpe dem Leistungsbedarf anpasst, kommt sie auch auf wesentlich höhere, in etwa doppelte Laufzeiten. On/off-Wärmepumpen regeln ihre Wärmeabgabe über die Laufzeit durch das Ein- und Ausschalten. Darum haben sie wesentlich geringere Betriebsstunden und höhere Ein- und Ausschaltungen. On/off-Sole/Wasser-Wärmepumpen werden für den Heiz- und Warmwasserbetrieb mit 2 400 Stunden pro Jahr geplant.

## Kältemittel machen's möglich

Kältemittel, die bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur unter Zufuhr von Umweltenergie verdampfen und sich bei hohem Druck und unter Wärmeentzug wieder verflüssigen, sind der Schlüssel zur Funktion von Wärmepumpen. Während Wasser bekanntlich bei normalem

Luftdruck unter Zufuhr von Wärmeenergie bei zirka 100 Grad Celsius verdampft, liegt der Siedepunkt eines der bekanntesten natürlichen Kältemittel, R 290 (Propan), beispielsweise unter einem Druck von 4,745 bar bei einer Temperatur von 0 Grad Celsius (die Verdampfungstemperatur ändert sich mit dem Dampfdruck).

Wurden früher überwiegend Kältemittel mit hohen Treibhauspotenzialen eingesetzt, beschränken mittlerweile zahlreiche Gesetze und Verordnungen den Verkauf umweltschädlicher Kältemittel und ermöglichen die langfristige Umstellung auf umweltfreundliche Kältemittel.

→ On / off-Sole / Wasser-Wärmepumpen werden für den Heiz- und Warmwasserbetrieb mit 2 400 Stunden pro Jahr geplant.

Für den Betreiber einer Wärmepumpe spielen in erster Linie die Anlagensicherheit und die Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle. Deshalb sollte beim Kauf einer Wärmepumpe auch ein besonderes Gewicht auf die Auswahl des Kältemittels gelegt werden, das allerdings der Hersteller festlegt. Kältemittel sollten folgende Eigenschaften besitzen:

- umweltfreundlich, geringes „Global Warming Potential“
- nicht giftig
- schwer entflammbar
- passende thermodynamische Eigenschaften (Siedetemperatur, spezifische Wärmekapazität, Drücke, Verflüssigungstemperatur, Temperaturbereich)

- Nachhaltigkeit (Einhaltung von Gesetzen, Gefahrenpotenzial, Entsorgung)
- Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis

## Verschiedene Betriebsweisen

Wärmepumpen können alleine oder in Kombination mit anderen Wärmeerzeugern eingesetzt werden. Man unterscheidet folgende Betriebsweisen:

### MONOVALENT

In diesem Betrieb übernimmt die Wärmepumpe allein die Beheizung und die Trinkwassererwärmung des Gebäudes. Sie wird überwiegend im Neubau angewandt. Die Wärmequelle muss so ausgeführt sein, dass sie das ganze Jahr zur Verfügung steht.

### MONOENERGETISCH

Hierbei wird ab dem Zeitpunkt, wo die Heizleistung der Wärmepumpe nicht mehr ausreicht, um den Wärmebedarf zu decken, ein zweiter Wärmeerzeuger (Elektroheizstab oder -durchlauferhitzer) mit dem gleichen Energieträger zugeschaltet (Strom für die Wärmepumpe und den Zusatzheizer). Die Außentemperatur beziehungsweise den Zeitpunkt, an dem der zweite Wärmeerzeuger zugeschaltet wird, bezeichnet man als **BIVALENZPUNKT**. Meistens werden monoenergetische Wärmepumpenanlagen so ausgelegt, dass der Bivalenzpunkt bei einer Außentemperatur von minus 5 Grad Celsius liegt, da bei dieser Betriebsweise die Wärmepumpe bis zu 95 Prozent des Jahresenergiebedarfs übernehmen kann. Diese Betriebsweise wird meistens bei Luft-Wärmepumpen angewendet.

## BIVALENT-ALTERNATIV

Bei dieser Betriebsart arbeiten die Wärmepumpe und ein zweiter Wärmeerzeuger mit anderem Energieträger bis zum Bivalenzpunkt zusammen. Dann wird die Wärmepumpe abgeschaltet und der zweite Wärmeerzeuger übernimmt allein die Bedarfsdeckung. Diese Betriebsweise wird häufig dort eingesetzt, wo höhere Vorlauftemperaturen benötigt werden.

## BIVALENT-PARALLEL

In einem solchen Betrieb übernehmen die Wärmepumpe und der zweite Wärmeerzeuger mit einem anderen Energieträger die Wärmeversorgung. Der zweite Wärmeerzeuger wird ab einem **DIMENSIONIERUNGSPUNKT** zugeschaltet. Der Bivalenzpunkt ergibt sich aus dem Wärmebedarf und den Leistungsdaten der Wärmepumpe, also aus einem Punkt, der sich je nach Dimensionierung der Wärmepumpe ergibt. Ab da arbeiten die Wärmepumpe und der zweite Wärmeerzeuger parallel zusammen. Wird in einem Bestandsgebäude mit Heizkörpern, die auf Vorlauf-/Rücklauftemperaturen von 70/55 Grad Celsius ausgelegt sind, eine Wärmepumpe bivalent dazu installiert, schafft die Luft-Wärmepumpe die Beheizung etwa nur mit 55 Grad Celsius Vorlauftemperatur bis 4 Grad Celsius. Ab dem Bivalenzpunkt wird die Wärmepumpe abgeschaltet und der Ölkessel übernimmt den weiteren Betrieb. Die Wärmepumpe muss so ausgelegt sein, dass sie über den Bedarfszeitraum in Betrieb bleiben kann. Diese Variante kann bei Hybridanlagen angewendet werden.

Ob die Wärmepumpe oder der alternative Wärmeerzeuger in Betrieb sein soll, kann bei Wärmepumpenreglern mit **TRIVALENZPUNKT** danach entschieden werden, welcher Wärmeerzeuger nach den

hinterlegten Bezugspreisen gerade wirtschaftlicher arbeitet. Beim Trivalenzpunkt erfolgt die Umschaltung auf einen anderen Wärmeerzeuger (Öl oder Gas) nach mehreren Kriterien. Der witterungsgeführte Wärmepumpenregler bezieht in die Berechnung die Energiepreise, den COP der Wärmepumpe bezogen auf die angeforderte Vorlauf- und Quellentemperatur, den Wirkungsgrad des zweiten Wärmeerzeugers und das Zeitprogramm für die Tarifzeiten mit ein. Je nach Energiepreisen und Vorlauftemperatur kann der Betrieb mit der Wärmepumpe oder zum Beispiel mit einem Gas-Brennwertkessel wirtschaftlicher sein. Die Entscheidung hängt hierbei also weniger von den technischen Daten, sondern vielmehr von den Preisen der Energieträger ab.

Grundsätzlich sollten Wärmepumpenanlagen für die monovalente oder die monoenergetische Betriebsweise geplant werden, wodurch Investitionskosten, Nebenkosten für Zähler und Bezirksschornsteinfeger sowie Wartungskosten für den zweiten Wärmeerzeuger vermieden werden. Die bivalente Betriebsweise wird eigentlich nur bei größeren Anlagen eingesetzt oder wenn hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden. Ein Vorteil ist die mögliche Auswahl des Energieträgers bei plötzlichen Preisexplosionen. Im Eigenheim lohnt sich das aber wegen der aufgeführten Nebenkosten nicht. Hier ist es preiswerter und besser, auf Tieftemperaturheizkörper umzurüsten (siehe ab [Seite 56](#)).