

Wärmepumpen-Initiative Niedersachsen Kältemittel für Wärmepumpen

Wärmepumpen verdrängen in Wohn- und Nichtwohngebäuden zunehmend fossile Gas- und Ölkessel. Grundsätzlich werden so bei der Wärmebereitstellung CO₂-Emissionen eingespart. Wärmepumpen nutzen jedoch Kältemittel, die wiederum klimaschädlich sind, sobald sie in die Umwelt entweichen. Ursprünglich eingesparte CO₂-Emissionen werden so potenziell geschmälert. Nachfolgend werden daher CO₂-Einsparungen durch den Einsatz von Wärmepumpen möglichen CO₂-Emissionen durch Kältemittelleckagen gegenübergestellt.

Was macht das Kältemittel in der Wärmepumpe?

Das Kältemittel in einer Wärmepumpe nimmt Umweltwärme geringer Temperatur auf und stellt diese Wärme als Nutzwärme bei höherer Temperatur für verschiedene Anwendungen bereit, s. Bild 1. Grundsätzlich verbleibt das Kältemittel dabei innerhalb der Wärmepumpe. Leckagen oder die unsachgemäße Entsorgung des Kältemittels oder der ganzen Wärmepumpe können dazu führen, dass Kältemittel austritt.

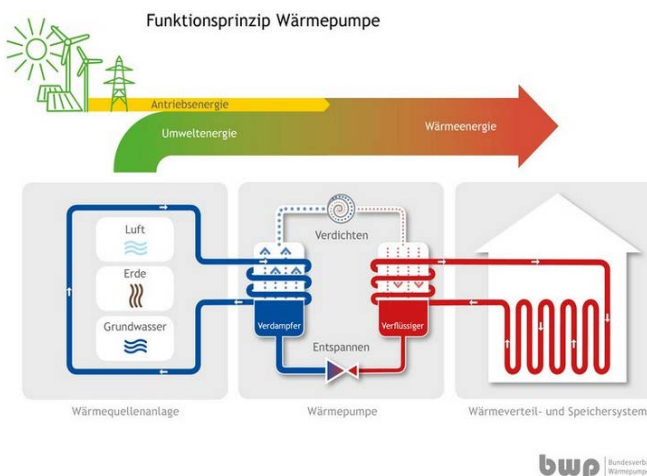


Bild 1: Funktionsprinzip Wärmepumpe¹

Global gesehen ist dies kritisch: Wärmepumpen kommen weltweit in großer Zahl und in einer Vielzahl unterschiedlichster Anwendungen zum Einsatz (z. B. in Heizkellern, Klimaanlage, Kühlschränken, automobilen Anwendungen). Zudem sind Kältemittel deutlich klimaschädlicher als CO₂. Daher mindern Leckagen sowie der unsachgemäße und nicht fachgerechte Umgang mit Kältemitteln die CO₂-Einsparungen des Wärmepumpenbetriebs.

Beispiel: Das Treibhausgaspotenzial (englisch: Global Warming Potential, GWP) des handelsüblichen Kältemittels R-410A ist ca. 2000-mal so hoch, wie das GWP von CO₂. Entweicht also 1 kg R-410A ist dies so klimaschädlich, wie das Entweichen von 2.000 kg CO₂.

Welche Eigenschaften muss ein Kältemittel haben?

Damit ein Kältemittel Umweltwärme aufnehmen kann, muss es bei geringen Temperaturen verdampfen und bei höheren Temperaturen kondensieren. Dies gelingt durch die Anpassung des Drucks im Verdampfer und im Verflüssiger (Kondensator). Bei der Verdampfung und Verflüssigung wird dabei sog. „latente“ (nicht fühlbare) Wärme aufgenommen bzw. abgegeben. Nähere Informationen finden Sie in der „Experteninformation“ im Anhang dieses Faktenpapiers.

Zentrale Anforderungen an ein Kältemittel sind demnach: Die Temperatur zur Verdampfung und Verflüssigung des Kältemittels muss zur jeweiligen Anwendung passen und beide Vorgänge müssen bei möglichst geringen (und damit beherrschbaren) Drücken stattfinden. Weiterhin sollte die latente Wärme der Verdampfung und Verflüssigung möglichst groß sein. All dies unterstützt einen effizienten Wärmepumpen-Betrieb.

¹ Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

Neben diesen thermodynamischen Eigenschaften an das Kältemittel ergeben sich angesichts etwaiger Leckagen in der Praxis aber weitere Anforderungen an Kältemittel. Diese betreffen das Ozonschädigungspotenzial, das Treibhausgaspotenzial und die Betriebssicherheit (Brennbarkeit, Toxizität, siehe auch Infobox I).

Welche Kältemittel sind verfügbar?

Grundsätzlich kann bei derzeit verfügbaren Kältemitteln zwischen „synthetischen“ und „natürlichen“ Kältemitteln unterschieden werden. „Synthetische“ Kältemittel sind spezielle Chemikalien, die eigens für den Einsatz in Wärmepumpen hergestellt werden.

Infobox I:

Eigenschaften von Kältemitteln

Temperatur und Druck der Verdampfung und Verflüssigung:

Sowohl die Verdampfung als auch die Verflüssigung sollten bei möglichst geringem Druck stattfinden. So wird der apparative Aufwand (z. B. Druckfestigkeit) verringert.

Ozonschädigungspotenzial (ODP):

Kältemittel dürfen die Ozonschicht nicht schädigen. Daher sind chlorhaltige Kältemittel (z. B. FCKW) nicht mehr zulässig.

Treibhausgaspotenzial (GWP):

Das GWP verwendeter Kältemittel wird in der F-Gas-Verordnung der EU gesetzlich geregelt. In typischen Anwendungen in Gebäuden darf das GWP max. bei 150 liegen. Wärmepumpen mit Hoch-GWP-Kältemitteln werden zwar noch verkauft, sind aber (z. B. bei Reparaturen) zunehmend teurer im Betrieb.

Brennbarkeit und Toxizität:

Kältemittel sollten nicht brennbar oder toxisch sowie gut verfügbar sein.

„Natürliche“ Kältemittel sind hingegen Stoffe, die direkt in der Natur vorkommen, wie z. B. CO₂, Ammoniak, Wasser, Propan und andere reine Kohlenwasserstoffe.

Nachfolgend werden in der *Tabelle 1* einige derzeit gebräuchliche, „synthetische“ Kältemittel aufgeführt. Wichtig: Trotz geringem Global Warming Potential (GWP), kann für keines dieser Kältemittel eine uneingeschränkte Empfehlung ausgesprochen werden. Der Grund hierfür ist, dass diese Kältemittel im Verdacht stehen, umweltschädigend zu sein. So ist Trifluoressigsäure (TFA) ein atmosphärisches Abbauprodukt mancher dieser Kältemittel, welches als Pflanzengift Verwendung findet und sich v.a. in Wasser/Trinkwasser anreichert. Vor diesem Hintergrund wird ein Verbot dieser Kältemittel diskutiert.

Tabelle 1: Synthetische Kältemittel:

Bezeichnung - GWP	Bemerkungen
R-410A – 2088	Gemisch; derzeit sehr verbreitet, zu hoher GWP
R-32 – 675	Reinstoffkältemittel (Difluormethan), hoher GWP
R-454C – 146	Gemisch; TFA-Gefahr und schwach brennbar
R-1234zeE – 7	Schwach brennbar, neue Entwicklung
R-123E(E) – 5	Enthält Chlor (ODP = 0,00034); Erlaubnis ungewiss
R-1336mzz(E) – 2	Geeignet für höhere Temperaturen, neue Entwicklung

Demgegenüber sind die „natürlichen“ Kältemittel Propan und Butan, wie auch das toxische Ammoniak brennbar. Daher besteht für diese Kältemittel in Innenräumen eine Füllmengenbegrenzung von in der Regel 150 g. Da diese Menge für Wärmepumpen nicht ausreichend ist, bleibt nur die Möglichkeit, die Wärmepumpe außerhalb eines Gebäudes aufzustellen. Dies

ermöglicht die Nutzung natürlicher Kältemittel mit sehr guten thermodynamischen Eigenschaften, wie z. B. Propan (R-290). Einen Überblick zu den Eigenschaften natürlicher Kältemittel gibt die *Tabelle 2*.

Insgesamt ist festzuhalten: Es muss ein ausgewogener Kompromiss zwischen guten thermodynamischen Eigenschaften, Sicherheit und Klimarelevanz (GWP) gefunden werden. Eine ideale Lösung gibt es derzeit nicht; auch weil diese von der jeweiligen Anwendung abhängt.

Tabelle 2: Natürliche Kältemittel:

Bezeichnung – GWP	Bemerkungen
Ammoniak (R-717) – 0	Toxisch, schwach brennbar, bewährt in großen Anlagen
CO ₂ (R-744) – 1	Hohe Anlagendrucke, somit erhöhter apparativer Aufwand
Propan (R-290) – 3	Brennbar, derzeit nur für Außenaufstellung
Butan (R-600) – 4	Brennbar, derzeit nur für Außenaufstellung
Wasser (R-718) – 0	Nahezu ideal, aber nur für Anwendungen oberhalb 0 °C möglich

Weiterführende Informationen

Bundesverband Wärmepumpe:

* [Publikationen | Bundesverband Wärmepumpe \(BWP\) e.V.](#)

Kältemittel:

* [Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln \(umweltbundesamt.de\)](#)

* [Hauswärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln \(umweltbundesamt.de\)](#)

Dieses Faktenpapier wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Thermodynamik der Leibniz Universität Hannover und dem Institut für Solarforschung Hameln (ISFH) erstellt.

Stand: September 2022

Infobox II:

Klimawirksamkeit von Kältemitteln

Wärmepumpensysteme für Einfamilienhäuser benötigen je nach Bauart (Split- oder Mono-Block) und verwendetem Kältemittel zwischen 1 kg und 6 kg Kältemittel. Durch fachgerechte Installation und Wartung wird üblicherweise sichergestellt, dass kein Kältemittel in die Umwelt entweicht. Dennoch ist es sinnvoll, sich der potenziellen Klimawirksamkeit von Kältemitteln bewusst zu sein und dementsprechend vorsichtig mit ihnen umzugehen.

Treibhausgaspotenzial von Kältemitteln:

In Split-Systemen kommen in typischen Anwendungen bis zu 6 kg Kältemittel zum Einsatz. Für R-410A ergibt sich ein Treibhausgaspotenzial von ca. 12.500kg CO₂.

In Monoblock-Systemen(Außenaufstellung) kommt in typischen Anwendungen ca. 1 kg Kältemittel zum Einsatz. Für R-32 ergibt sich ein Treibhausgaspotenzial von ca. 675 kg CO₂.

Bei R-290 (Propan) ist das Treibhausgaspotenzial mit 3 kg CO₂ nochmals deutlich geringer und nahezu vernachlässigbar.

CO₂-Emissionen im Heizbetrieb:

Eine Gasheizung in einem mittelgroßen Einfamilienhaus mit KfW70-Standard emittiert bei einem jährlichen Wärmebedarf von 10.000 kWh in etwa 2.000 kg CO₂. Diese Menge kann potenziell jährlich durch den Wechsel zu einer Wärmepumpe eingespart werden.

**Experteninformation:
Funktionsweise einer Wärmepumpe**

Der Kreisprozess des Kältemittels:

Im Verdampfer der Wärmepumpe nimmt das Kältemittel Umweltwärme auf, im Verflüssiger (Kondensator) gibt es diese Wärme bei einer höheren Temperatur ab. Durch beide Phasenwechsel wird die latente Wärme (Verdampfungsenthalpie) für technische Anwendungen nutzbar gemacht.

Wichtig: Die Temperaturen der Wärmeabgabe und -aufnahme werden durch den Druck in Verdampfer bzw. Verflüssiger gesteuert. Je geringer der Druck, desto geringer die Verdampfungstemperatur und umgekehrt. In anderen Worten: Durch Anpassen der (niedrigen) Drücke in Verdampfer (gesteuert durch die Drossel) und Verflüssiger (höherer Druck, gesteuert durch den Kompressor) können die Temperaturen der Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe an die jeweilige Anwendung und gewünschte Temperatur angepasst werden.

Beispiel Heizbetrieb:

Umweltwärme wird im Verdampfer bei geringem Druck und geringer Temperatur von z. B. 10 °C aufgenommen und steht als latente Wärme zur Verfügung. Der Dampf wird im Kompressor verdichtet und dem Verflüssiger zugeführt. Durch die Kompression steigt zudem die Temperatur des Kältemittels auf z. B. 35 °C.

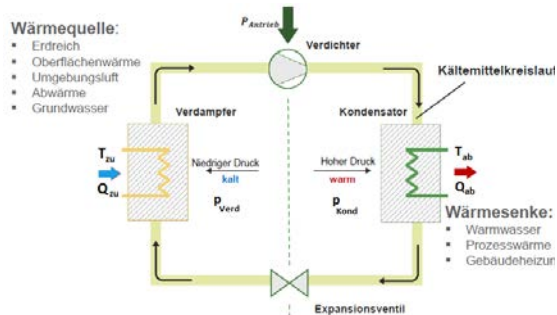


Bild 1: Heizbetrieb einer Wärmepumpe

Wird dieser Kältemitteldampf nun abgekühlt, z. B. an einer Heizfläche mit Raumtemperatur von 22 °C, kondensiert das Kältemittel. Dadurch gibt das Kältemittel die gespeicherte latente Wärme an die Heizfläche und letztlich den Raum hinter der Heizfläche ab.

Beispiel Kühlbetrieb: Grundsätzlich können Wärmepumpen auch einen Kühlbedarf decken. Anders als im Heizbetrieb wird der Verdampfungsprozess nun durch (unerwünschte) Raumwärme angetrieben. Die Verdampfung findet dabei an Kühlflächen innerhalb von Gebäuden bei z.B. 28 °C statt. So wird ein Teil der Raumwärme aufgenommen. Der Kältemitteldampf wird nun verdichtet, gleichzeitig steigt die Temperatur des Kältemittels auf z. B. 45 °C. Der Kältemitteldampf wird nun an einer Rückkühlfläche in der Umgebung außerhalb bei z. B. 35 °C verflüssigt. Dadurch gibt das Kältemittel die gespeicherte latente Wärme an die Rückkühlfläche und schließlich an die Umwelt ab.

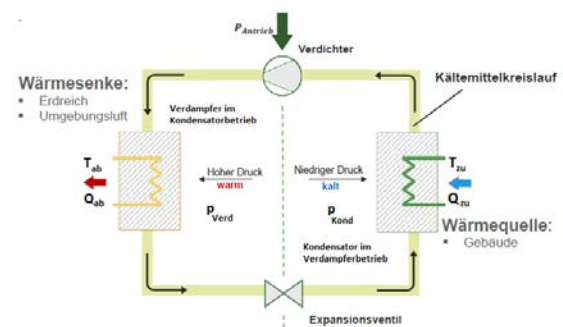


Bild 3: Kühlbetrieb einer Wärmepumpe

