



Kältemittel in Wärmepumpen – eine wichtige Entscheidung für den Klima- und Umweltschutz

Kältemittel in Wärmepumpen

Wärmepumpen sind für das Erreichen der Klimaziele im Gebäudesektor essenziell und können Gas- oder Ölheizungen ersetzen. Sie sind wartungsarm, äußerst energieeffizient und damit klimafreundlich, da sie für das Heizen 75 Prozent der Energie aus der Umwelt beziehen. Die Funktionsweise einer Wärmepumpe kann man mit der Funktionsweise eines Kühlschranks vergleichen – nur eben in umgekehrter Form: Während ein Kühlschrank Wärme aus dem Innenraum nach außen abgibt, entzieht die Wärmepumpe einer äußeren Wärmequelle wie zum Beispiel Luft Energie, hebt diese auf ein höheres Temperaturniveau und gibt sie anschließend an das Heizsystem eines Gebäudes zur Raumheizung und/oder Warmwasserbereitung weiter. Weitere Informationen zur Funktionsweise der Wärmepumpen können Sie in unserem [ersten Factsheet](#) nachlesen.

Wie der Kühlschrank benötigt die Wärmepumpe hierzu ein Kältemittel. Kältemittel sind Substanzen, die abwechselnd verflüssigt und verdampft werden und durch diesen Prozess Energie transportieren. Kältemittel kommen neben Kühlschränken und Wärmepumpen auch in Klimaanlage, Supermärkten und Industrieanlagen zur Anwendung.

Ein einziges ideales Kältemittel gibt es nicht, denn für jeden Einsatzbereich müssen die Hersteller verschiedene Entscheidungen treffen. Hierbei sind sowohl die Eigenschaften des Kältemittels als auch die Umweltwirkungen wichtig. Viele Kältemittel tragen beim Entweichen in die Atmosphäre stark zum Klimawandel bei oder reichern sich durch ihre Abbauprodukte in der Umwelt an. Es gibt allerdings umweltfreundliche Alternativen, die sogenannten natürlichen Kältemittel. Natürliche Kältemittel kommen, wie bereits der Name vermittelt, in der Natur vor und haben vernachlässigbare Klima- und Umweltauswirkungen. Inzwischen können Kund:innen für jede Anwendung unter gleichwertigen Geräten mit verschiedenen Kältemitteln wählen.

Für Kund:innen ist es nicht immer einfach, herauszufinden, welches Kältemittel in einer Wärmepumpe enthalten ist und wenige Hersteller und Heizungsbauer weisen direkt auf die Unterschiede hin. Die Bezeichnungen für die Kältemittel lassen meistens auch keine Rückschlüsse auf die Umweltwirkungen zu. In diesem Factsheet erklären wir die Unterschiede zwischen natürlichen und klima- und umweltschädlichen Kältemitteln und zeigen eine umweltfreundliche Alternative auf, die den Einsatz der Wärmepumpe noch besser fürs Klima macht.

Welche Kältemittel gibt es?

Hauptsächlich eingesetzt werden aktuell künstlich hergestellte Kältemittel. Diese enthalten Fluor, und werden entsprechend als F-Gase bezeichnet. Die meisten in Wärmepumpen eingesetzten Kältemittel sind HFKW (eine Bezeichnung für teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe) und gehören zu den F-Gasen. Sie haben eine sehr hohe Treibhauswirkung. Eine Untergruppe sind weniger stabile F-Gase, die Hydrofluorolefine (HFO). Diese haben zwar nur geringe Treibhauspotentiale, bergen dafür aber wegen ihrer Abbauprodukte, sie sich in der Umwelt anreichern, Risiken für die Umwelt und die Gesundheit der Menschen (siehe Umweltwirkungen weiter unten). Um bestimmte physikalische Eigenschaften zu erlangen, die für die Nutzung in einer Wärmepumpe notwendig sind, wie zum Beispiel der Druck und die Temperatur beim Verdampfen und Verflüssigen, werden oft Mischungen eingesetzt.

Zu den natürlichen Kältemitteln gehören Kohlenwasserstoffe (zum Beispiel Propan, Isobutan), Kohlendioxid (CO₂) und Ammoniak (NH₃) sowie Luft und Wasser.

Hersteller müssen verschiedene Punkte beachten, wenn sie ein Kältemittel für das Design einer Wärmepumpe aussuchen:

Jedes Kältemittel hat eine individuelle Bezeichnung, die von seiner chemischen Formel abhängt. Sie ist zusammengesetzt aus dem Buchstaben R und einer Zahl. Kältemittelmischungen haben 400er-Nummern.

Welches Kältemittel in einer Wärmepumpe enthalten ist, steht in der Betriebsanleitung, sowie auf einem Produktlabel, das am Gerät angebracht ist.



Abbildung 1: Was hat Einfluss auf die Wahl des Kältemittels?

Ob ein Kältemittel in Wärmepumpen eingesetzt werden kann, hängt zuerst einmal von seinen stofflichen Eigenschaften ab¹. Nicht alle verfügbaren Kältemittel erfüllen diese Kriterien. Unter den natürlichen Kältemitteln sind vor allem Kohlenwasserstoffe aufgrund ihrer thermodynamischen Eigenschaften hervorragend für den Einsatz in Wärmepumpen geeignet. Hier kommt vor allem Propan (R290) zum Einsatz, Isobutan (R600a) kann in Brauchwasserwärmepumpen, also Wärmepumpen, die Warmwasser aufbereiten, eingesetzt werden. Bei den künstlich hergestellten Kältemitteln werden je nach Anwendung und Hersteller verschiedene Substanzen eingesetzt.

Gesetzliche Vorschriften

Die Verwendung von Kältemitteln wird durch gesetzliche Vorschriften geregelt. Das Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht sorgt seit den 1980er Jahren dafür, dass FCKW (vollhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe) und HFKW (teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe) verboten werden. In Deutschland ist es schon seit vielen Jahren verboten, diese Stoffe einzusetzen. Die heute weit verbreiteten HFKW unterliegen Einschränkungen aufgrund ihres Treibhauspotenzials. Die EU hat das sogenannte „Kigali Amendment“ des Montrealer Protokolls ratifiziert, welches eine stufenweise Reduzierung der HFKW-Mengen vorsieht.

In der EU gilt auch die F-Gas Verordnung, die die Emissionen fluoriertes Treibhausgase senkt, indem HFKW stufenweise verknappt werden, bis im Jahr 2030 nur noch ca. 20 Prozent der ursprünglichen Menge auf den Markt gebracht werden dürfen². Ausschlaggebend ist hierbei die Menge der Kältemittel, multipliziert mit dem jeweiligen Treibhauspotential der Substanzen. Substanzen mit höherem Treibhauspotential müssen also deutlich stärker verringert werden. Die F-Gas Verordnung wird derzeit von der EU-Kommission überarbeitet. Sie schlägt deutlich strengere Reduktionen der Kältemittelmenge auf dem Markt vor. Dies bedeutet, dass HFKW in den nächsten zehn Jahren teurer und schwieriger zu beschaffen werden, etwa wenn das Kältemittel in einer Wärmepumpe nachgefüllt werden muss.

PFAS

Gleichzeitig wird momentan diskutiert den Einsatz von Kältemitteln, die zur Stoffgruppe der Per- und Polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) gehören, unter dem Chemikaliengesetz REACH einzuschränken. Dies würde den Einsatz von einigen HFKW und HFOs als Einzelsubstanz oder in Mischungen reduzieren oder verhindern.

PFAS werden auch *forever chemicals* genannt. Sie sind so stabil, dass sie eine Lebensdauer von ca. 1.000 Jahren haben können, bevor sie zersetzt werden. Demnach reichern sie sich mehr und mehr in unseren Ökosystemen an. Weltweit schlagen Expert:innen, darunter die Europäische Chemikalienagentur, bereits Alarm und sehen PFAS als globale Bedrohung für die Gesundheit von Mensch und Umwelt. PFAS wurden bereits mit vielen gesundheits- und umweltschädlichen Folgen wie Nierenkrebs und Grundwasserverunreinigung eindeutig in Verbindung gebracht und die Forschung dazu steht erst am Anfang.



Sicherheit

Die chlorierten Kältemittel, die heute verboten sind, sowie fluorierte Kältemittel mit hohen Treibhauspotentialen hatten einen Vorteil: Sie waren weder brennbar noch toxisch. Kohlenwasserstoffe, HFOs und einige HFKWs mit mittleren Treibhauspotentialen hingegen sind brennbar. Kohlendioxid benötigt hohe Drücke im Einsatz und Ammoniak hat eine erhöhte chronische Toxizität und geringe Entflammbarkeit. Erhöhte Sicherheitsanforderungen sind daher teils notwendig. Diese sind aber gut umsetzbar, so dass in bestimmten Anwendungen, wie zum Beispiel Haushaltskühlschränken (Kohlenwasserstoffe) und vielen Industrieanlagen (Kohlenwasserstoffe, CO₂, Ammoniak) natürliche Kältemittel seit Jahren der Standard in der Anwendung sind. In Zukunft werden bei den künstlich hergestellten Kältemitteln vor allem brennbare HFO/HFKW Mischungen auf den Markt kommen, um Anforderungen an das Treibhauspotential zu erfüllen.

Verschiedene Vorkehrungen können getroffen werden, um die Sicherheit von Wärmepumpen auch mit flammbaren Kältemitteln zu gewährleisten:

- Durch eine Außenaufstellung werden flammbare Konzentrationen in Gebäuden komplett vermieden.
- Falls nur eine Innenaufstellung in Frage kommt, kann eine Zwangsentlüftung eingebaut werden. Hierbei wird die Luft durch einen Lüftungskanal nach draußen gezogen. Im Fall eines Lecks wird das Kältemittel so schnell entfernt, dass sich keine brennbaren Mischungen bilden können.
- Hersteller halten sich im Design und der Produktion an strenge Sicherheitsnormen.

Sicherheitsnormen

Für die Produktsicherheit von Hauswärmepumpen gelten Industriestandards, an die sich die Hersteller halten müssen, um ihre Geräte auf den Markt zu bringen. Die Standards regeln zum Beispiel die maximalen Füllmengen für Kältemittel für verschiedene Aufstellungsorte, Warnsignale und Informationen, die von den Herstellern zur Verfügung gestellt werden müssen. Zudem benennen sie Detailanforderungen für Produzent:innen und Installateur:innen³.

Die Sicherheitsstandards lassen momentan bei Kohlenwasserstoffen in der Innenaufstellung nur eine Füllmenge von 150 Gramm zu, wenn keine zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden. Dies ist für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe zu gering. Bei anderen künstlich hergestellten Kältemitteln gelten in Abhängigkeit der jeweiligen Eigenschaften andere Füllmengen-grenzen, die in Abhängigkeit von der Raumgröße berechnet werden. Für die Außenaufstellung von Wärmepumpen spielen diese Sicherheitsvorkehrungen jedoch eine untergeordnete Rolle.



Klima- und Umweltauswirkungen

✘	<p>Treibhauspotential: Das Treibhauspotential von HFKW kann einige tausendmal höher sein als das von der gleichen Menge CO₂. Obwohl der Kältemittelkreislauf eigentlich geschlossen ist und Kältemittel damit nicht ohne Weiteres aus der Wärmepumpe entweichen, entstehen trotzdem Emissionen, zum Beispiel bei der Herstellung der Kältemittel, im Betrieb und bei der Reparatur und Entsorgung von Geräten. Das besonders häufig in Wärmepumpen eingesetzte Kältemittel R410A hat ein Treibhauspotential, das über 2000 Mal so hoch ist wie das von CO₂.</p>	 <p>Eine Füllung Kältemittel R410A in einer Wärmepumpe hat den gleichen Effekt auf unser Klima wie 17-mal mit dem Auto von Flensburg nach Garmisch-Partenkirchen zu fahren⁴.</p>
✘	<p>Anreicherung in der Umwelt: Der Abbau von HFO und einiger HFKW führt zur Bildung von persistenten Abbauprodukten, z.B. Trifluoressigsäure (engl. Trifluoroacetic acid (TFA)). Diese Säure verbleibt in der Umwelt – es gibt in der Natur keinen bekannten Abbauprozess. Durch die Zersetzung fluorhaltiger Kältemittel in der Atmosphäre haben die TFA-Konzentrationen bereits stark zugenommen⁵. Die Wirkung von steigenden TFA-Konzentrationen auf Mensch und Natur ist bisher nicht ausreichend untersucht und potentiell toxisch. Wissenschaftler:innen warnen bereits vor den Folgen eines weiteren Anstiegs.</p>	
✘	<p>Endliche Ressourcen: Für die Herstellung von F-Gasen wird Fluorspat eingesetzt. Die Ressourcen sind endlich und kommen vor allem aus China, Mexiko, der Mongolei, Südafrika und Namibia⁶.</p>	
✘	<p>Recycling und Entsorgung: F-Gase dürfen wegen ihrer negativen Klima- und Umweltauswirkungen nicht in die Umwelt entlassen werden. Recycling, Aufarbeitung und Zerstörung von F-Gasen haben jedoch einen erhöhten Energieverbrauch. Recycling ist vor allem für Einzelstoffe möglich, da sich die Zusammensetzung von Mischungen ändern kann. Hierbei werden Verschmutzungen entfernt. Bei Kältemittelmischungen müssen teure Spezialanlagen eingesetzt werden, um die Substanz wieder einsetzbar zu machen. Die Zerstörung von fluorierten Kältemitteln erfordert sehr hohe Temperaturen von über 1.000 Grad Celsius und ist daher sehr energieintensiv. Bei falscher Handhabung und ohne gute Abgasreinigung können krebserregende Produkte, wie zum Beispiel Dioxine und Furane entstehen⁷.</p>	
✔	<p>Natürliche Kältemittel</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Haben kein oder ein sehr geringes Treibhauspotential von 1 oder niedriger⁸. ■ Haben keine persistenten Abbauprodukte. ■ Verwenden keine endlichen Ressourcen. ■ Können nach ihrer Verwendung problemlos recycelt oder ohne negative Auswirkungen auf Klima und Umwelt in die Atmosphäre entlassen werden. 	

Natürliche Kältemittel - der komplett nachhaltige Weg

Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick von Kältemitteln, die momentan in Wärmepumpen eingesetzt werden.

Tabelle 1: Übersicht der Kältemittel-Gruppen hinsichtlich ihrer Klima- und Umweltauswirkungen⁹

Kältemittel	Gruppe	Treibhauspotential	Anreicherung in der Umwelt oder in der Atmosphäre	Endliche Ressourcen	Recycling und Entsorgung
R410A	HFKW				
R407C	HFKW				
R32	HFKW				
R134a	HFKW				
R454B/R454C	HFKW/HFO				
R290	KW				

Das natürliche Kältemittel Propan

Nur durch den Einsatz eines natürlichen Kältemittels können langfristig Treibhausgasemissionen und sich in der Umwelt anreichernde Abbauprodukte vermieden werden.

Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Propan (R290) als Kältemittel zur Außenanstellung sind am Markt etabliert und auch eine Auswahl an innen aufgestellten Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit R290 ist verfügbar.

Die am Markt vorhandenen Modelle zeichnen sich durch eine hohe Effizienz aus und sind auch für höhere Vorlauftemperaturen im Bestand oder bei der Warmwasserbereitung effizient einsetzbar.



Die effizienteste Luft/Wasser-Wärmepumpe, die momentan in Deutschland auf dem Markt ist, enthält Propan.

Blauer Engel für Wärmepumpen

Das Umweltzeichen Blauer Engel für Wärmepumpen ist momentan in Vorbereitung. Nur Wärmepumpen mit einem natürlichen Kältemittel werden hierbei für den Blauen Engel in Erwägung gezogen ¹⁰.

Literatur:

- 1 Bauverlag BV GmbH. Potentielle Kältemittel für Wärmepumpen. https://www.kka-online.info/artikel/kka_Potentielle_Kaeltemittel_fuer_Waermepumpen_3241708.html.
- 2 Verordnung (EU) Nr. 517/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006. Amtsblatt der Europäischen Union, L 150, 195–230
- 3 DIN EN 60335-2-40:2014-01: Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 2-40: Besondere Anforderungen für elektrische Wärmepumpen, Klimageräte und Luftentfeuchter.
- 4 co2online. CO₂-Ausstoß und Klimabilanz von Pkw. <https://www.co2online.de/klima-schuetzen/mobilitaet/auto-co2-ausstoss/>.
- 5 Behringer, D., Heydel, F., Gschrey, B., Osterheld, S., Schwarz, W., Warncke, K., Freeling, F., Nödler, K., Henne, S., Reimann, S., Blepp, M., Jörß, W., Liu, R., Ludig, S., Rüdener, I., Gartiser, S. (2021). Persistent degradation products of halogenated refrigerants and blowing agents in the environment: type, environmental concentrations, and fate with particular regard to new halogenated substitutes with low global warming potential. Abgerufen von <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

