

Heizen mit Umgebungswärme

Markt, Forschung und Anwendung von Wärmepumpen

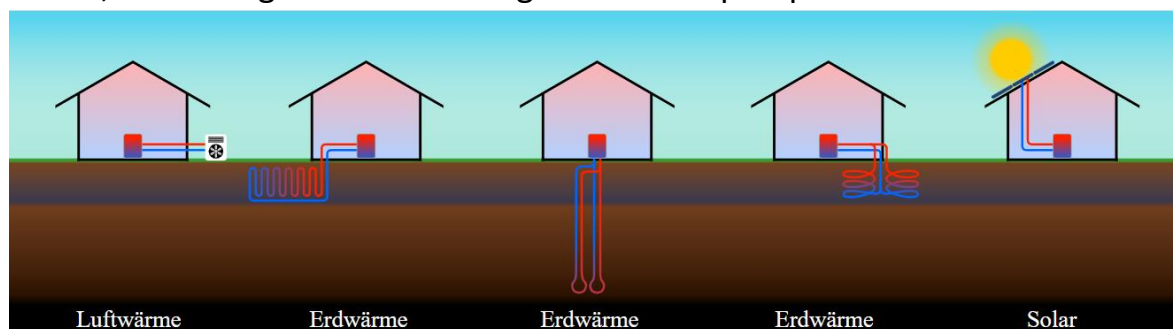


Bild: Adobe Stock, WoGi

Die Fähigkeit von Wärmepumpen, erneuerbare Umgebungswärme aus dem Erdreich, dem Wasser oder der Umgebungsluft für Heizzwecke zu verwenden, macht diese Energietechnologie besonders attraktiv für die Dekarbonisierung des Wärmesektors. Die Wärmepumpenbranche ist sehr dynamisch und diese Fachinformation soll die Funktionsweise, spannende Forschungsthemen und die Einsatzgebiete von Wärmepumpen aufzeigen.

Markt

In den letzten 20 Jahren stieg die Anzahl der installierten Wärmepumpen rapide an. Vor allem die Heizungsanwendung gewann stark an Bedeutung. Besonders auffällig ist auch der Anstieg der installierten Wärmepumpen vom Jahr 2021 mit insgesamt 38.354 Installationen bis 2022 mit 61.546¹. Hervorzuheben ist ebenso, dass im Jahr 2022 erstmals mehr erneuerbare Heizsysteme eingebaut wurden als fossile. Den 30.000 Gas- und Ölheizungen stehen

¹ Wärmepumpe Austria: <https://www.waermepumpe-austria.at/>

knapp 90.000 erneuerbare Heizsysteme gegenüber. Davon sind 50.400 Heizungswärmepumpen, 31.060 Biomassekessel und 8.000 Solarthermie-Anwendungen².

Die Besonderheit von Wärmepumpen ist es, dass sie unterschiedliche Wärmequellen zur Gewinnung von Heizwärme nutzen können. Die sogenannte Luft/Wasser-Wärmepumpe nutzt Umgebungsluft als Wärmequelle um Heizwasser auf Vorlauftemperatur zu erwärmen. Die Sole/Wasser-Wärmepumpe hingegen erwärmt das Wasser für den Heizkreislauf durch Rohre oder Kollektoren, die im Erdreich verlegt werden. Bei Wasser/Wasser-Wärmepumpen wird das Grundwasser über einen Brunnen entnommen und nach Nutzung dessen Wärme über einen Schluckbrunnen rückgeführt. Bei Wärmepumpen die auf dem Prinzip der Direktverdampfung basieren wird das Kältemittel direkt im Erdreich, beispielsweise mittels Erdkollektoren verdampft. Hierfür ist vergleichsweise viel Fläche nötig, dafür ist der Wirkungsgrad hoch. Luft/Luft-Wärmepumpen stellen eher eine Spezialanwendung dar und werden beispielsweise in Passivhäusern mit kontrollierter Wohnraumlüftung angewendet. Hier wird die Abluft aus dem Wohnbereich über einen Wärmetauscher genutzt um frische Außenluft zu erwärmen. Bei Nutzung einer Luft/Luft-Wärmepumpe entfällt die Notwendigkeit von Heizkörpern.

Abbildung 1 beschreibt die prozentuale Aufteilung der unterschiedlichen Wärmequellsysteme zu Heizzwecken die im Jahr 2021 in Österreich abgesetzt wurden. Laut ENFOS wurden in 2021 in Österreich mehr als 31.000 Heizungswärmepumpen abgesetzt, deren Hauptanteil mit rund 82% Luft/Wasser-Wärmepumpen halten. 14% der in 2021 verkauften Heizungswärmepumpen werden als Sole/Wasser-Wärmepumpen betrieben. Wasser/Wasser, Luft/Luft und Wärmepumpen mit Direktverdampfung machen insgesamt 4% der in 2021 verkauften Heizungswärmepumpen in Österreich aus.

Laut dem Bericht ‚Innovative Energietechnologien in Österreich, Marktentwicklung 2021‘ lässt sich seit 1996 ein klarer Trend, weg von Heizungswärmepumpen mit Direktverdampfung bei gleichzeitigem Anstieg an Luft/Wasser-Wärmepumpen beobachten. Dies kann auf die geringeren Investitionskosten von Luft/Wasser-Wärmepumpen und die oft einfachere Installation im Vergleich zu Grundwasser- und Erdreichwärmepumpen zurückgeführt werden.

² proPellets Austria; Wärmepumpe Austria; Austria Solar

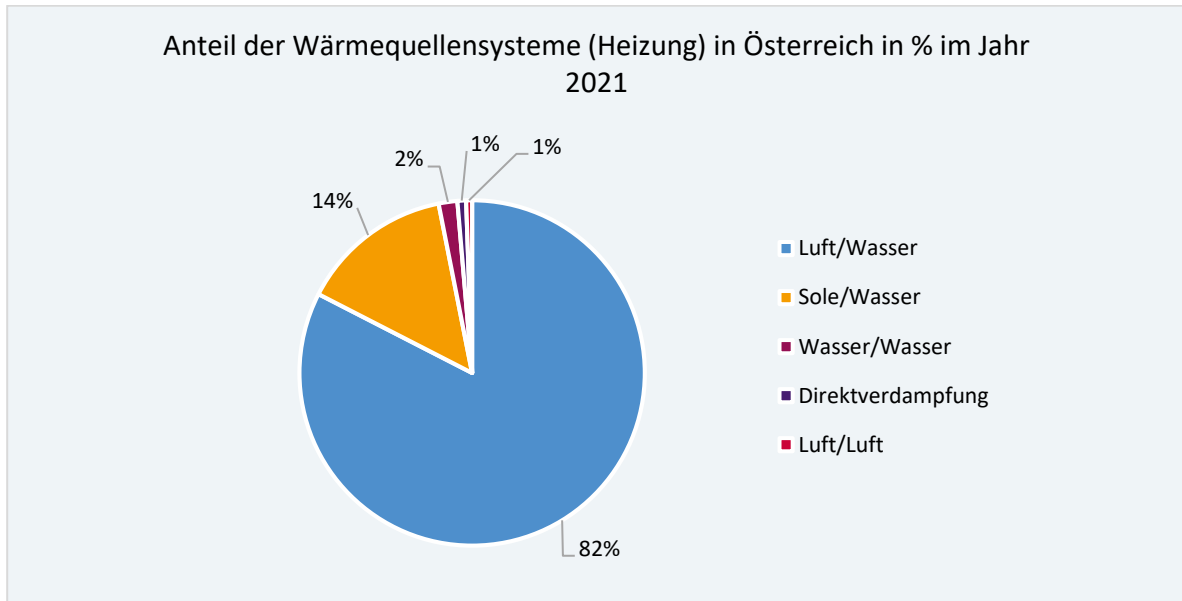


Abbildung 1: Anteil der Wärmequellsysteme von Wärmepumpen zu Heizzwecken am Jahresabsatz in österreichischen Markt in % im Jahr 2021. Quelle: ENFOS, eigene Darstellung.

Der Trend zum steigenden Absatz von Wärmepumpen ist nicht nur in Österreich zu beobachten. Laut Internationaler Energieagentur (IEA) waren im Jahr 2021 weltweit rund 190 Millionen Wärmepumpen in Betrieb. So tragen Wärmepumpen derzeit ungefähr 10% zur Deckung des globalen Wärmebedarfs bei. Mit einer Zunahme von 35% (2021 im Vergleich zu 2020) ist die EU Spitzenreiter in der Zunahme des Absatzes an Wärmepumpen weltweit. Zum Vergleich: In den USA, China und Japan haben die Verkäufe im Jahr 2021 zwischen 13% und 15% zum Vorjahr zugenommen³. Die steigende Nachfrage lässt sich unter anderem auf ein geändertes Konsumentenbewusstsein und auf die EU-weit gestiegenen Gaspreise zurückführen.

³ IEA: <https://www.iea.org/reports/heat-pumps>

Funktion

Im Prinzip wandeln Wärmepumpen Umweltwärme unter Zuhilfenahme von Strom in thermische Energie um. Diese Umweltwärme wird aus Luft, Erde oder Wasser entzogen. Das zugrundeliegende Funktionsprinzip wird im Folgenden anhand der Abbildung 2 erläutert.

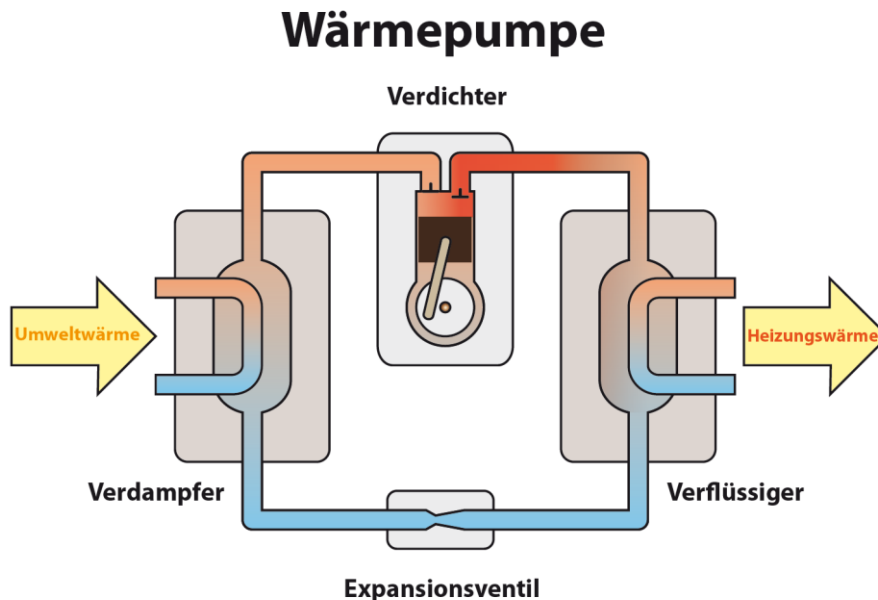


Abbildung 2: Schema des Funktionsprinzips einer Wärmepumpe. Bild: Adobe Stock, arahan

Das Kältemittel entzieht der Umwelt (Luft, Erde oder Wasser) ihre Wärme. Aufgrund der sehr niedrigen Siedetemperatur des Kältemittels, verdampft es dabei. In einem nächsten Schritt wird das Kältemittel in einem Kompressor unter Zuhilfenahme von Strom verdichtet, dadurch steigen sowohl der Druck als auch die Temperatur des Kältemittels. Danach gibt das Kältemittel seine Wärme an den Heizwasserkreislauf ab. Das Heizwasser erwärmt sich und verteilt die erhaltene Wärme über das gewählte Heizsystem im Gebäude. Auch Brauchwasser lässt sich über diese Technologie erwärmen. Das Kältemittel wird dabei stark abgekühlt und verflüssigt sich wieder. Über ein Expansionsventil wird der Druck des flüssigen Kältemittels wieder auf Ausgangsniveau gebracht, worauf es unverbraucht weiter im Kreislauf zur Verfügung steht.

Förderungen

Die Installation einer Wärmepumpe wird in Österreich von Bund und Ländern gefördert. Förderprogramme gibt es sowohl für Privatpersonen als auch für Betriebe und Vereine. Teilweise werden diese von der EU finanziert.

Beispielsweise unterstützen das Förderprogramm ‚Raus aus Öl und Gas‘ und die Sanierungs-offensive 2023/2024 Private und Betriebe beim Ausstieg aus Öl- und Gasheizungen mit 940 Mio.€. Mit 24.04. wurden laut der Kommunalkredit Public Consulting GmbH, bereits mehr als 15% der Fördermittel beansprucht. Zudem bieten auch die Länder und einige Energieversorger Förderungen an. Eine gute Übersicht der Förderungen für Wärmepumpen, Erdwärme und/oder Heizungssanierung bietet die Wärmepumpe Austria an.

Einsatzgebiete

Wie alle anderen Heizsysteme hat auch die Wärmepumpe Stärken und Schwächen, die geschickt eingesetzt werden müssen, um ihr volles Potenzial auszuschöpfen. Ein wesentlicher Vorteil der Wärmepumpe besteht darin, dass sie mit Strom betrieben wird und unabhängig von fossilen Energieträgern arbeiten kann. Allerdings gibt es thermodynamische Grenzen für die Effizienz, die stark von der Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Wärmequelle abhängen. Um eine wirtschaftliche Nutzung zu gewährleisten, muss die Wärmepumpe entsprechend ihrer Aufgabe dimensioniert werden und die richtige Arbeitszahl, Leistungszahl und Vorlauftemperatur aufweisen. Dabei spielen die spezifischen Bedingungen des Gebäudes eine entscheidende Rolle.

In Verbindung mit einem Niedertemperaturheizsystem und einem gut gedämmten Gebäude, sind Wärmepumpen am effizientesten. Die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Luft, Erdreich oder Grundwasser) und Vorlauftemperatur sollte möglichst gering sein. Konventionelle Heizkörper benötigen bei schlechter Dämmung oft Vorlauftemperaturen um 70°C. Für den Einsatz von Wärmepumpen sind Vorlauftemperaturen von unter 50°C anzustreben. Die richtige Dimensionierung der Wärmepumpe ist ebenso entscheidend. Eine zu knapp bemessene Leistung senkt zwar den Preis, führt aber zu einem ineffizienten und unwirtschaftlichen Betrieb mit möglichen Schäden durch erhöhten Strombedarf. Diese Grundprinzipien gelten für alle Wärmepumpentechnologien. Im Einzelnen unterscheiden sich die Anforderungen an die Wärmepumpentechnik je nach Wärmequelle. Diese und die

jeweiligen Vor- und Nachteile der Ausführungen führen zu unterschiedlichen optimalen Einsatzmöglichkeiten.

Luftwärmepumpen bieten eine Reihe von Vorteilen, wie z.B. niedrigere Anschaffungskosten im Vergleich zu Grundwasser- und Erdwärmepumpen und die flexible Einsatzmöglichkeit sowohl im Innen- als auch im Außenbereich. Sie können zu Heiz- und Kühlzwecken verwendet werden und sind wartungsarm, einfach zu installieren und arbeiten vor allem im Sommer sehr effizient. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) von Luftwärmepumpen im Neubau liegt typischerweise bei 2,5-3,5. Allerdings weisen Luftwärmepumpen auch einige Nachteile auf. Ihre Effizienz ist nicht ganzjährig konstant und generell niedriger im Vergleich zu anderen Wärmepumpen-Typen. Vor allem an kalten Tagen kann die Effizienz beeinträchtigt sein, was zu einer gewissen Unwirtschaftlichkeit führen kann. Abhilfe kann in diesem Fall ein bivalenter Betrieb (z.B. in Verbindung mit einem Elektroheizstab) schaffen. Die Ventilatoren, die für die Außengeräte notwendig sind um der Umgebung die Wärme zu entziehen sind Lärmquellen. Diese Schallemissionen gilt es durch die richtige Platzierung, Schallschutzgehäuse oder durch die Wahl des Modells zu verringern, um keine Nachbarschaftsrechte einzuschränken. Insgesamt stellen Luftwärmepumpen jedoch für viele Anwendungsbereiche eine attraktive und effiziente Heizlösung dar. An erster Stelle sind hier gut gedämmte Einfamilienhäuser zu nennen. Dies liegt vor allem an den verhältnismäßig geringen Investitionskosten und dem niedrigen Heizwärmebedarf.

Erdwärmepumpen nutzen die Erdwärme als Energiequelle für eine sehr effiziente und nachhaltige Beheizung von Gebäuden. Die Wärme kann entweder über Erdkollektoren oder über Erdwärmesonden aufgenommen werden. Ähnlich wie Luftwärmepumpen können auch Erdwärmepumpen im Niedertemperaturbereich (45 bis 50 °C) wirtschaftlich betrieben werden. Ihre Effizienz liegt jedoch über der von Luftwärmepumpen. Die durchschnittliche Jahresarbeitszahl liegt bei Neubauten zwischen 3,5 und 5. Neben dem Vorteil der Hohen Effizienz und Verlässlichkeit, gibt es jedoch auch einige Nachteile, die bei der Anschaffung einer Erdwärmepumpe berücksichtigt werden müssen. Einer der Hauptnachteile sind die höheren Anschaffungskosten im Vergleich zu herkömmlichen Heizsystemen. Dies liegt an den teuren Bohrungen, die notwendig sind, um die Erdwärme effektiv nutzen zu können. Diese anfänglichen Investitionskosten können für viele Hausbesitzer eine Hürde darstellen. Darüber hinaus erfordert die Installation einer Erdwärmepumpe einen gewissen Platzbedarf. Insbesondere muss ausreichend Platz für die Bohrungen und den Bau des Wärmetauschers vorhanden sein. Dies kann vor allem bei dichter Bebauung oder kleinen Grundstücken zu Einschränkungen führen. Aus diesen Gründen ist der Einsatz einer Erdwärmepumpe technisch und wirtschaftlich sinnvoll, wenn große Flächen zur Verfügung stehen und die hohen

Investitionskosten durch Einsparungen bei den Betriebskosten kompensiert werden können. Hierfür ist der mehrgeschossige Wohnbau mit niederen spezifischen Heizwärmebedarf oft besonders geeignet.

Grundwasserwärmepumpen sind eine effiziente Methode zur Nutzung der natürlichen Wärmeenergie des Grundwassers für die Beheizung von Gebäuden. Sie ist die effizienteste Technologie zur Wärmebereitstellung durch Wärmepumpen und kann eine JAZ von bis zu 5 erreichen. Dies wirkt sich positiv auf die Betriebskosten aus. Zudem ist die Effizienz sehr gut prognostizierbar, da das Grundwasser nahezu konstante Temperaturen aufweist. Ähnlich wie bei den Erdwärmepumpen sind auch bei den Luftwärmepumpen mehrere Eingangsvoraussetzungen zu erfüllen. Neben der Flächenverfügbarkeit für die Bohrungen und die beiden Brunnen (Saug- und Schluckbrunnen) muss eine optimale Tiefe und Fließgeschwindigkeit des Grundwassers vorhanden sein. Außerdem ist eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen, die in bestimmten Fällen auch für Erdwärmesonden erforderlich ist. Weiterhin ist zu beachten, dass die Grundwasserkörper in Städten tendenziell überwärmt sind und daher eine Erwärmung des Grundwassers durch Kühlung im Sommer oft nicht genehmigt wird. Aufgrund der geringen Betriebskosten, der hohen Investitionskosten und der Anforderungen an die Erschließung sind ähnlich wie bei den Erdwärmesonden größere Anwendungen durch professionelle Energieversorgungsunternehmen den kleineren Anwendungen vorzuziehen.

Wärmepumpen haben im Vergleich zu anderen Heizsystemen zwar etwas höhere Anschaffungskosten, können sich aber langfristig durch die Einsparungen bei der Wärmeerzeugung amortisieren. In gut gedämmten Gebäuden ist die Energieeffizienz in der Regel besonders hoch. Ideale Einsatzgebiete für Luftwärmepumpen sind gut gedämmte Einfamilienhäuser, während neue Mehrfamilienhäuser und größere Anwendungen von professionellen Energieversorgungsunternehmen für Erd- oder Grundwasserwärmepumpen gut geeignet sind. Obwohl in den letzten Jahren Fortschritte bei der Entwicklung von Wärmepumpen gemacht wurden, gibt es noch einige Anwendungsgrenzen. Insbesondere bei Vorlauftemperaturen über 50 °C nimmt der Wirkungsgrad stark ab. Hier können unter anderem, mehrstufige Wärmepumpensysteme Abhilfe schaffen. Es wird intensiv daran geforscht, die Anwendungsgrenzen durch alternative Ansätze zu erweitern, von denen einige Beispiele im folgenden Kapitel erläutert werden.

Forschung und Innovation

Wärmepumpen tragen als Ersatz fossiler Heizsysteme dazu bei, die Treibhausgasemissionen des Wärmesektors zu senken. Zur Erreichung des ambitionierten Ziels der EU bis 2050 klimaneutral zu sein, bedarf es jedoch großer Anstrengungen. Die Forschung ist dabei ein wichtiges Instrument, um Herausforderungen zu bewältigen, nachhaltige Technologien weiterzuentwickeln und deren Ausbau damit zu beschleunigen.

Technologieprogramme wie das der IEA namens Wärmepumpentechnologien (HPT TCP) helfen dabei, durch internationale Zusammenarbeit, Fortschritte in der Forschung und Entwicklung zu erlangen und deren Sichtbarkeit zu verbessern. Es werden gemeinsame Forschungsprojekte, Workshops und Konferenzen rund um die Wärmepumpentechnologie durchgeführt. Dem jährlichen Report des Programms 2021 können wichtige Themen und Herausforderungen entnommen werden, die zurzeit näher beleuchtet werden⁴. Dazu zählen beispielsweise die Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten von Wärmepumpen (Hochtemperaturwärmepumpen für die Industrie oder für Trocknungsprozesse), die Verringerung des Treibhausgaspotentials von Kältemitteln und der Schallemissionen der Wärmepumpe und viele weitere.

Auch in Österreich wird an Lösungen geforscht, um die Anwendungsmöglichkeiten von Wärmepumpen zu erweitern. Das Austrian Institute of Technology (AIT) zum Beispiel forscht gemeinsam mit Ochsner Wärmepumpen an einer modular aufgebauten Wärmepumpe, die als „Plug and Play“ System die Gastherme im großvolumigen Wohnbau ersetzen soll. Das System soll so entwickelt werden, dass beim Heizungstausch keine übermäßigen Umbauten nötig sind und andere Wohnparteien dabei nicht beeinflusst werden. Die modulare Wärmepumpe wird mit dem elektrischen Hausanschluss betrieben und an die bereits vorhandenen Gasanschlüsse für Heizung und Warmwasser angeschlossen. Die nötige Umgebungswärme kann wie in Abbildung 3 dargestellt durch das Erdreich, den ungenutzten Kamin oder die Gebäudefassade bereitgestellt werden. Idealerweise nutzen alle Geräte in dem Gebäude dieselbe Wärmequelle. Laut dem AIT-Experten Christian Köfinger, sollten in der Regel die bereits vorhandenen Radiatorflächen ausreichen, bei sehr alten Ausführungen mit geringen Oberflächen sollte jedoch ein Radiatortausch in Betracht gezogen werden, um

⁴ IEA Annual Report 2021- Technology Collaboration programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP): <https://heatpumpingtechnologies.org/publications/technology-collaboration-programme-on-heat-pumping-technologies-hpt-tcp-annual-report-2021/>

die Effizienz der Wärmekonvektion und somit des Systems zu optimieren. Das Forschungsprojekt läuft bis Ende 2024. Bis dahin wird ein funktionierender Prototyp im Labor entwickelt worden sein. Weitere Ziele der Projektpartner sind es, die Schallemissionen der Wärmepumpe auf das Level eines Kühlschranks zu reduzieren und ein passendes Kältemittel mit reduziertem Treibhausgaspotential zu finden. Wann die erste modulare Wärmepumpe am Markt verfügbar sein wird, ist noch schwer abzuschätzen und hängt schlussendlich vom entwickelten Prototyp ab.

Das AIT beschäftigt sich mit vielen weiteren innovativen Projekten rund um Wärmepumpen/Geothermie, wie beispielsweise „Sozial 100% Erneuerbar“, bei dem erstmals Asphaltkollektoren und unverglaste Solarkollektoren als kostengünstige Lösung für den sozialen Wohnbau eingesetzt werden. Weitere Aktivitäten können der [Webseite](#) entnommen werden.

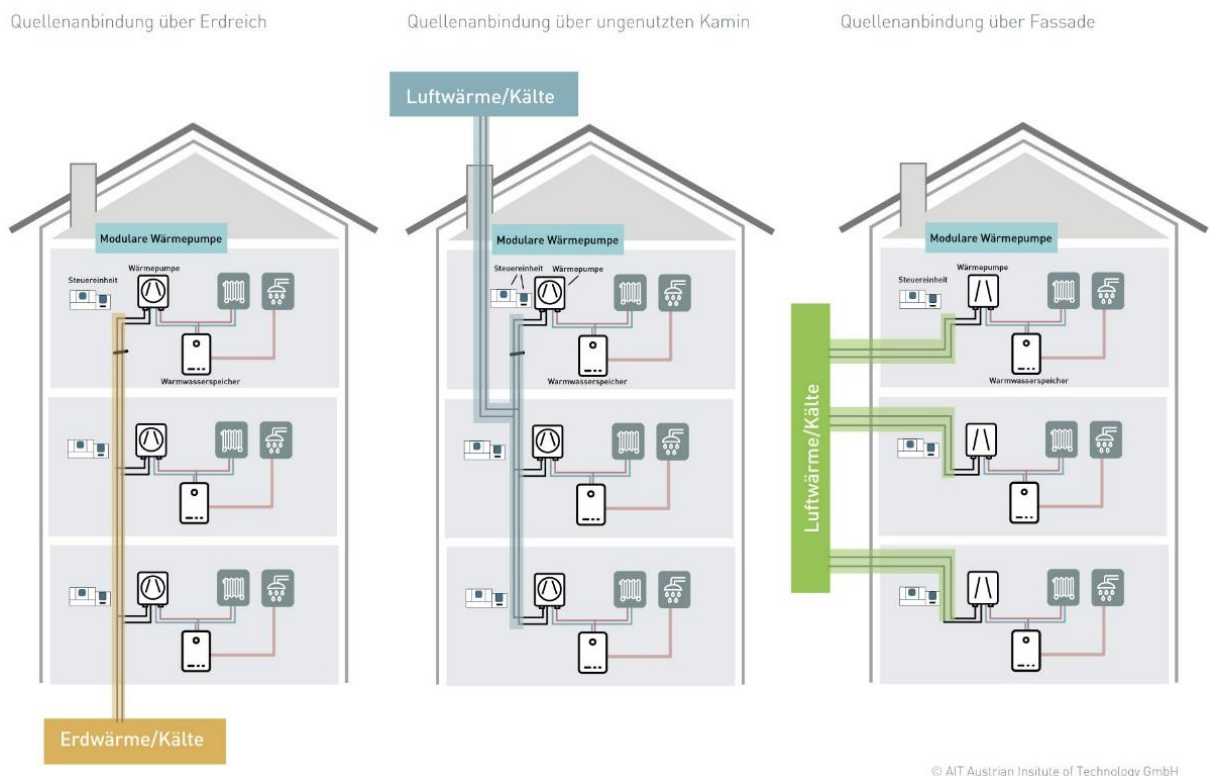


Abbildung 3: Darstellung der verschiedenen Ansätze zur Wärmequellenanbindung für die modulare Wärmepumpe. Quelle: AIT

An einem außergewöhnlichen Wärmepumpenkonzept wird in den Niederlanden gearbeitet. Es basiert auf dem Prinzip der Thermoakustik. Eine thermoakustische Kältemaschine

wurde bereits für die Kühlung des Infrarotspektrometers des Weltraumteleskops James Webb angewendet. Das Konzept wurde bisher jedoch aufgrund der zu geringen Leistung nicht für Wärmepumpen verwendet. Das niederländische Unternehmen blue heart Energy hat in Zusammenarbeit mit der niederländischen Organisation für angewandte naturwissenschaftliche Forschung TNO spezielle Kolben entwickelt, mit denen es möglich ist die Leistung der thermoakustischen Kälte/Wärmemaschine deutlich zu erhöhen⁵.

Das Besondere an diesem System ist neben der vom Hersteller angegebenen hohen wartungsfreien Lebensdauer von 15 Jahren, der kältemittelfreie Betrieb. Die Umgebungswärme aus Luft, Wasser oder Erde, wird nämlich nicht an ein Kältemittel, sondern an Helium übertragen. Anstelle eines Kompressors, der das Temperaturniveau des Kältemittels erhöht, erzeugen in der thermoakustischen Wärmemaschine zwei Kolben Schallwellen, die damit das Helium erwärmen. Die erzeugte Wärme wird analog zur herkömmlichen Wärmepumpe durch einen Wärmetauscher an den Heizkreislauf weitergegeben. Die 2 Kolben schwingen in entgegengesetzter Richtung in einer Frequenz von 100 Herz und erzeugen dabei Drücke von bis zu 50 bar. Der Vorteil davon ist, dass sich die Vibrationen dabei auslöschen, was einen vergleichsweise leisen Betrieb (bis 30 Dezibel) ermöglicht. Das kältemittelfreie Heizsystem ermöglicht außerdem größere Flexibilität bei der Auswahl der Temperaturbereiche für die Wärmequelle und den Betrieb. Es müssen in anderen Worten, keine Siedetemperaturen der Kältemittel berücksichtigt werden. Laut dem niederländischen Hersteller, funktioniert die Wärmemaschine mit Wärmequellen von -20 bis +50 °C und erzeugt Vorlauftemperaturen von 7 bis 80°C. Den Grenzen von Carnot kann sich jedoch auch dieses System nicht entziehen, je höher die Temperaturdifferenz zwischen Quelle und Vorlauftemperatur, desto geringer ist die Effizienz. Genauere Daten zur Jahresarbeitszahl und zu den Kosten werden nach der ersten Serienherstellung der thermoakustischen Wärmepumpe von blue heart veröffentlicht werden. Ende 2023 soll ein erstes marktreifes System mit 6 kW Leistung zur Verfügung stehen, welches allerdings nicht an Endkunden, sondern als Systemkomponente an andere Hersteller verkauft wird.

Wie diese Beispiele aufzeigen, ist das Entwicklungspotential auf technologischer Ebene noch nicht ausgeschöpft. In Zukunft werden weitere Forschungsbemühungen in diesem Bereich gesetzt werden um den Einsatz von Wärmepumpen im Neubau, aber auch im Zuge von Sanierungen in bestehenden Immobilien attraktiver zu gestalten.

⁵ Blue Heart Energy: <https://www.blueheartenergy.com/ourtechnology>

Weiterführende Informationen zur Auswahl des geeigneten Heizungssystems:

- Die richtige Heizung für mein Haus: eine Entscheidungshilfe
- Klimaaktiv Heizungsmatrix
- So läuft ihre Wärmepumpe rund: Tipps für die Planung und Installation

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Erstellt von

Programm **klimaaktiv** Erneuerbare Energiewende

Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency

DI Lorenz Strimitzer

E-Mail: klimaaktiv@energyagency.at; Erstellt am: 6. Oktober 2023