

Wärme! pumpen

zur energieeffizienten Wärmeversorgung

Technologieleitfaden **Wärmepumpen**

Wien!
voraus

Energieplanung

StadT  Wien

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:

Magistrat der Stadt Wien
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

Strategische Gesamtkoordination: Herbert Ritter
und Ursula Heumesser, MA 20 – Energieplanung
www.energieplanung.wien.at

Erstellt durch:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
www.ait.ac.at

Redaktions- und Abstimmungsteam:

Herbert Angrüner (Stadtbaudirektion),
Thomas Kreitmayer (MA 20), Felix Groth,
Wolfgang Mraz (MA 25), Christine Jaweckí (MA 29),
Christoph Wagner (MA 45), Michael Kotschan
(Wien Energie), Richard Freimüller,
Siegfried Kopatsch (Wärmepumpe-Austria),
Michael Haas, Bernhard Tschautscher (Ochsner),
Franz Bubich (Sozialbau AG)

Designkonzept, Illustration, Layout:

Typejockeys, Wien, www.typejockeys.at

Lektorat: Veronika Kofler

Druck: gugler cross media, www.gugler.at

Gedruckt auf Impact von Lenzing Papier:
(CO₂ neutral, 100 % rezyklierte Fasern)

Verlags- und Herstellungsort: Wien, März 2014

Wärme! pumpen

zur energieeffizienten Wärmeversorgung

von

Ing. Heinrich Huber, MSc
DI (FH) Petra Schöfmann
DI (FH) Andreas Zottl

Wien, im März 2014



AUFTRAGGEBER Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

INHALTSVERZEICHNIS

Vorworte

Maria Vassilakou	5
Bernd Vogl	6

1. Energie – Umwelt – Zukunft 8

2. Prinzipielle Funktionsweise von Wärmepumpen 10

2.1 Umweltrelevanz von Wärmepumpen	10
2.2 Wirkungsweise einer Wärmepumpenanlage.....	11
2.3 Elektrisch angetriebene Wärmepumpen	12
2.4 Thermisch angetriebene Wärmepumpen	13
2.4.1 Absorptions-Wärmepumpe.....	13
2.4.2 Adsorptions-Wärmepumpe.....	13
2.5 Komponenten einer Kompressionswärmepumpe	15
2.5.1 Verdampfer	15
2.5.2 Verdichter (Kompressor).....	15
2.5.3 Verflüssiger (Kondensator)	15
2.5.4 Expansionsventil (Drosselventil)	15
2.5.5 Kältemittel (Arbeitsmittel)	15
2.6 Kennzahlen.....	16
2.6.1 Leistungszahl – COP.....	16
2.6.2 Jahresarbeitszahl – JAZ	17

3. Verwendung/Anwendung/Einsatz der Technologie 18

3.1 Wärmequellenarten.....	18
3.1.1 Grundwasser.....	18
3.1.2 Untergrund.....	19
3.1.3 Außenluft	20
3.1.4 Verfügbarkeit der Wärmequellen Wasser, Erdreich und Luft	21
3.1.5 Wärme aus Abwasser	21
3.1.6 Ab-/Fortluft	22
3.2 Wärmenutzungsarten	22
3.2.1 Raumheizung	22
3.2.2 Warmwasserbereitung.....	24
3.3 Kühlen und Entfeuchten.....	24
3.3.1 Freie Kühlung	25
3.3.2 Aktive Kühlung – Kreislaufumkehr	25
3.3.3 Aktive Kühlung – hydraulische Umschaltung	26
3.4 Betriebsweisen von Wärmepumpenanlagen	27
3.4.1 Monovalente Betriebsweise	27
3.4.2 Bivalente Betriebsweise.....	27
3.5 Systemkombinationen mit anderen erneuerbaren Technologien	28
3.5.1 Kombination mit Photovoltaik	28
3.5.2 Kombination mit Solarthermie	28
3.6 Thermisch angetriebene Wärmepumpen in der Sanierung	30
3.6.1 Kompressions-Wärmepumpen mit höheren Vorlauftemperaturen.....	30
3.6.2 Anwendungen von thermisch angetriebenen Wärmepumpen.....	31

4. Überblick über relevante Technologien	32
5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Kosteneinsparungspotenziale	34
5.1.1 Einfamilienhaus.....	34
5.1.2 Mehrgeschossiger Wohnbau	35
6. Ausblick auf zu erwartende Entwicklungen	37
7. Best-practice-Beispiele	38
7.1 aspersn IQ	38
7.2 Bürogebäude STRABAG	39
7.3 Amalienbad	39
7.4 Stihl.....	40
7.5 Mehrfamilienhaus Simmeringer Hauptstraße	40
7.6 Einfamilienhaus Wien.....	41
7.7 Vattenfall.....	41
7.8 Campus WU Wien	42
8. Innovative Projekte	43
8.1 Abwasseranlage Inzersdorf.....	43
8.2 Wärmepumpen- und Photovoltaik-Kombinationsprodukte.....	43
9. Planung, Errichtung und Betrieb einer Wärmepumpenanlage.....	44
9.1 Qualitätssicherung bei Planung und Errichtung	44
9.1.1 Europäisches Gütesiegel für Wärmepumpen	44
9.1.2 Zukünftiges Ökodesign- und Energie-Label.....	45
9.1.3 Qualifizierte installierende und planende Personen	46
9.1.4 Grundlegende schalltechnische Anforderungen	46
9.2 Qualitätssicherung im Betrieb	48
9.2.1 Pflichten von Betreiberinnen und Betreibern beim Betrieb von Wärmepumpenanlagen.....	48
9.2.2 Laufende Betriebskontrolle einer Wärmepumpenanlage	48
9.3 Planungs-, Errichtungs- und Bewilligungsprozess einer Wärmepumpenanlage zusammengefasst.....	50
9.3.1 Allgemeiner Planungs- und Ausführungsprozess.....	50
9.3.2 Technischer Entscheidungsprozess für Wärmequellenanlagen	52
9.3.3 Behördliche Genehmigungsverfahren	54
9.3.4 Einreichung um Wohnbauförderung.....	55
10. Glossar	56
11. Literaturverzeichnis/Normen.....	58
Anhang	60
Warmwasserbereitung für Kleinanlagen.....	60
Warmwasserbereitung für Großanlagen	62

VORWORT MARIA VASSILAKOU

Potenzial von Wärmepumpen in Wien

Wien setzt seit Langem auf die Verknüpfung von Lebensqualität, Innovation und Umweltschutz und ist daher eine der führenden Umweltmusterstädte weltweit. In diesem Sinn ist es unsere Aufgabe, die Wiener Energieversorgung unter Einsatz fortschrittlicher Technologien einerseits auf erneuerbare Beine zu stellen und andererseits den Energieverbrauch zu reduzieren. Um das zu erreichen ist noch viel zu tun. Es stehen uns heute schon vielfach die notwendigen Technologien zur Verfügung, die es anzuwenden und in den Markt zu bringen gilt.

Zur Unterstützung und um einen weiteren Schritt zu gehen, ist dieser neue Leitfaden zum Thema Wärmepumpen entwickelt worden. Grundsätzlich kann mit einer Wärmepumpe der gesamte Wärmebedarf (Raumheizung und Warmwasserbereitung) eines Gebäudes gedeckt werden. Und das auf sehr ressourcenschonende Weise.

Die Umsetzung dieser dezentralen und innovativen Energieversorgung soll in Wien, als Smart City, weiter vorangetrieben werden. Der Leitfaden soll als Hilfestellung zur Umsetzung dienen. Finden Sie selbst heraus welche Art von Wärmepumpe für Sie am besten geeignet ist und wie diese effizient betrieben werden kann. Nützen Sie die Informationen und orientieren Sie sich an den Technologievergleichen. Konkrete Tipps sollen Ihnen weiterhelfen und erfolgreiche Umsetzungsbeispiele zur Nachahmung anregen.

Die Zukunft der Energieversorgung entscheidet sich heute. Wollen wir ein nachhaltiges und auf erneuerbaren Energien beruhendes System, dann müssen wir auch neue und unkonventionelle Wege beschreiten und neuen Technologien eine Chance geben.



Mag.^a Maria Vassilakou



* **Mag.^a Maria Vassilakou**
Vizebürgermeisterin der
Stadt Wien, amtsfüh-
rende Stadträtin für
Stadtentwicklung,
Verkehr, Klimaschutz,
Energieplanung und
BürgerInnenbeteiligung



* **Mag. Bernd Vogl** ist seit September 2011 Leiter der Magistratsabteilung 20 – Energieplanung (MA 20) und war zuvor über 18 Jahre im Umweltministerium mit dem Thema Energieplanung und innovative Energiesysteme befasst.

VORWORT **BERND VOGL**

Wärmepumpen – Zukunftsträchtige Technologie mit großem Potenzial für den urbanen Raum

Wärmepumpen sind eine vielversprechende Technologie in mehrfacher Hinsicht: Umgebungswärme aus Grundwasser, Erdreich oder Luft steht uns als erneuerbare Energiequelle praktisch überall zur Verfügung. Diese bisher kaum genutzten Ressourcen sind gerade für den urbanen Raum eine wertvolle erneuerbare Energiequelle.

Verglichen mit fossilen Heizungsanlagen können die Investitionskosten für Wärmepumpenanlagen höher sein. Auf Dauer gesehen, ergeben sich aber durch niedrige Betriebskosten und Nutzung der Umgebungswärme längerfristig ökonomisch und ökologische Vorteile. Um die Vorteile voll ausschöpfen zu können, muss eine Wärmepumpenanlage in optimierten Gebäuden gut geplant, innovativ eingesetzt und effizient betrieben werden.

Wärmepumpen sind heute in vielen europäischen Ländern etabliert und der Markt wächst kontinuierlich weiter. Um diese Entwicklungen positiv voranzutreiben, haben Innovationen, Qualitätssicherung und Ausbildung oberste Priorität. Vor allem die Entwicklung und Erprobung intelligenter Systemkombinationen (z.B. Wärmepumpe kombiniert mit Photovoltaikanlagen bzw. solarthermischen Anlagen unter Einbindung von Energiespeichern) eröffnen neue Möglichkeiten, wie Gebäude effizient und nahezu vollständig mit erneuerbarer Energie versorgt werden können.

Der gezielte und ressourcenschonende Einsatz von Energie, das „Städtische Energieeffizienz-Programm (SEP)“, mit dem Ziel der Steigerung der Energieeffizienz in Wien, forciert den Einsatz energieeffizienter Wärmepumpen. Im aktuellen Entwurf zum Renewable Action Plan Vienna (RAP) wird für Wien das Ziel verfolgt, den Anteil an erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch von derzeit rund 10 % bis 2030 weiter deutlich zu steigern. Dabei kommt gerade der Nutzung von Umgebungswärme durch Wärmepumpen eine große Bedeutung zu.

Die Leistung dieses Technologieleitfadens:

Mit dem vorliegenden Technologieleitfaden möchten wir aufzeigen, welche Möglichkeiten für den Einsatz von Wärmepumpen in Dienstleistungs- sowie in Wohngebäuden bestehen. Er bietet vor allem eine Orientierungshilfe für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger von Bauprojekten. Der Leitfaden gibt umfassende Informationen zum Stand der Technik, über unterschiedliche Anwendungsbereiche und die effiziente Betriebsführung.

Um Entscheidungs- sowie Planungsprozesse zu vereinfachen, sind in Folge die wichtigsten Schritte und Aspekte auf den Weg zu einer effizienten Wärmepumpenanlage zusammengefasst. Dabei wird auf die jeweiligen Kapitel des Leitfadens verwiesen, in denen Detailinformationen dargestellt und weiterführende Tipps gegeben werden.

Betrachtung der Ausgangslage:

- Ist das vorhandene Wärmeverteilsystem geeignet? (VGL. KAPITEL 3.2)
- Für welche Einsatzbereiche (Heizen/Kühlen/Warmwasser) soll die Wärmepumpe dienen? (VGL. KAPITEL 3.2 UND 3.3)
- Welche Heizlast bzw. Kühllast hat das Gebäude? Berechnung nach Norm erstellen lassen!

Auswahl der geeigneten Technologie:

- Welche Wärmequelle soll zum Einsatz kommen? (VGL. KAPITEL 3.1 UND 9.3.2)
- In welcher Betriebsweise soll die Wärmepumpe zum Einsatz kommen? (VGL. KAPITEL 3.4)
- Ist eine Kombination mit anderen erneuerbaren Energietechnologien sinnvoll? (VGL. KAPITEL 3.5)
- Wo soll die Wärmepumpe aufgestellt werden? Schall beachten! (VGL. KAPITEL 9.1.4)

Beachtenswertes bei der Ausführung:

- Wer wird mit der Installation und Wartung beauftragt? (VGL. KAPITEL 9.2.1)
- Wie kann höchste Qualität und Effizienz bei Planung und Betrieb gewährleistet werden? (VGL. KAPITEL 9)
- Bauliche Gegebenheiten beachten!
- Gesetze, Vorschriften und Richtlinien beachten!

Arten von Wärmequellen:

Grundwasser

- Ist genügend Grundwasser vorhanden? Hat es eine ausreichende (thermische und chemische) Qualität? Pumpversuch und Wasseranalyse durchführen lassen!
- Welche Genehmigungen sind erforderlich? (VGL. KAPITEL 9.3.3)
- Ist ausreichend Platz vorhanden? (VGL. KAPITEL 3.1.1)

Erdreich (Tiefensonde)

- Wie viele Sonden werden benötigt? Ist ausreichend Platz vorhanden? (VGL. KAPITEL 3.1.2)
- Welche Genehmigungen sind erforderlich? (VGL. KAPITEL 9.3.3)

Erdreich (Flachkollektor)

- Ist ausreichend Platz vorhanden? (VGL. KAPITEL 3.1.2)
- Welche Genehmigungen sind erforderlich? (VGL. KAPITEL 9.3.3)

Außenluft

- Split-Anlage: Ist ein geeigneter Ort für das Außengerät vorhanden? (VGL. KAPITEL 9.1.4)
- Kompaktanlage:
 - / Können die großen luftführenden Rohrleitungen durch die Kellerwand geführt werden?
 - / Kann der Strömungskurzschluss zwischen dem Ansaug- zum Ausblaskanal verhindert werden?

Abluft/Fortluft

- Ist eine mechanische Lüftungsanlage vorhanden bzw. geplant?
- Ist Ab- bzw. Fortluft in ausreichender Menge und Qualität vorhanden? (VGL. KAPITEL 3.1.6)

Als Abteilung der Stadt Wien für den Bereich Energieplanung sind wir bestrebt kontinuierlich die Grundlagen für den Weg in eine nachhaltige Energiezukunft zu schaffen. Zentrale Aufgabe der MA 20 – Energieplanung ist es, Maßnahmen zu unterstützen, die den Energieverbrauch langfristig deutlich reduzieren sowie den Ausbau erneuerbarer Energien weiter vorantreiben. Dabei wird die Weiterentwicklung von innovativen Technologien gezielt angestrebt und gefördert.



Mag. Bernd Vogl

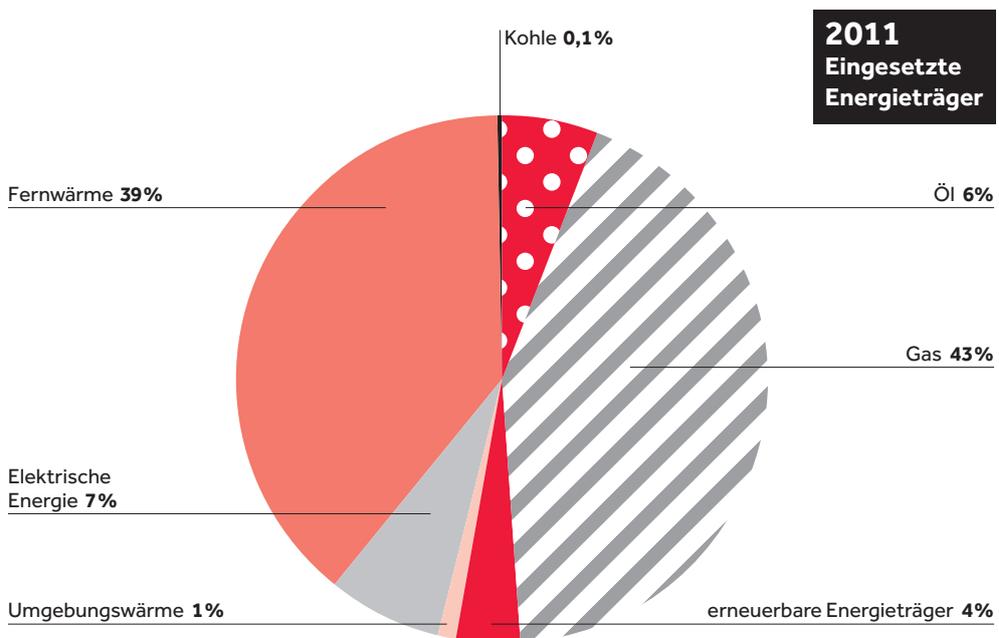
1. ENERGIE – UMWELT – ZUKUNFT

Energie ist die treibende Kraft unserer Gesellschaft und seit Langem der Motor der wirtschaftlichen Entwicklung. Dabei müssen wir uns mit grundlegenden Fragen auseinandersetzen, die zwangsläufig unsere Energienutzung beeinflussen werden: Versorgungssicherheit, Erschöpfung der weltweiten Erdöl- und Erdgasreserven und Klimawandel.

Um die Auswirkungen des Klimawandels einzudämmen, forderte der Rat der Europäischen Union bei der Klimakonferenz in Kopenhagen alle Verhandlungsparteien auf, den globalen Temperaturanstieg auf 2° C zu begrenzen. Mit diesem Ziel müssten die Industrieländer ihre Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um zumindest 80 % – 95 % gegenüber dem Niveau von 1990 reduzieren. Dieses Ziel bedeutet de facto einen Ausstieg aus der fossilen Energieversorgung. 2008 betrug in Österreich das gesamte Primärenergieaufkommen ca. 1.410 Peta Joule (PJ), das zu 67 % durch Importe fossiler Energieträger gedeckt wurde. Dies zeigt wiederum die hohe Importabhängigkeit Österreichs auf.

Im Rahmen der 2008 von der Europäischen Union beschlossenen 20-20-20 Ziele¹ verpflichtete sich Österreich bis 2020 den Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch um 34 % zu erhöhen, seine Treibhausgasemissionen um 16 % bzw. 21 %² gegenüber 2005 zu reduzieren und die Energieeffizienz um 20 % zu steigern. Mit diesen Vorgaben wurde im Auftrag der Bundesregierung die Energiestrategie Österreich erarbeitet, die im Aktionspaket Gebäude vorsieht, den Bedarf an fossiler Energie zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser durch hohe Standards im Neubau, Sanierung des Gebäudebestandes und durch Umstieg auf erneuerbare Energieträger deutlich zu reduzieren (Energiestrategie Österreich 2010).

Im Jahr 2011 wurde in Wien, bezogen auf den Endenergieverbrauch, die Raumwärme zu 43 % mit Gas und 39 % aus Fernwärme bereitgestellt. 7 % des Bedarfs wurden mit elektrischer Energie, 6 % mit Öl sowie zu 0,1 % mit Kohle gedeckt. Der Rest entfällt auf 4 % erneuerbare Energie und 1 % Umweltwärme.



¹ Mindestens 20 % weniger Treibhausgasemissionen, Anteil von 20 % erneuerbare Energie am Gesamtverbrauch und 20 % mehr Energieeffizienz

² 16 % – für die Sektoren, welche nicht dem EU-Emissionshandel unterliegen

Abb. 1 Eingesetzte Energieträger zur Raumwärmebereitstellung in Wien im Jahr 2011

Quelle: Statistik Austria, Darstellung AIT (2013)

Laut dem Entwurf zum Renewable Action Plan Vienna (RAP) hat Wien 2010 8,8 % des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt. Dieser Anteil an erneuerbarer Energie setzt sich unter anderem aus Solarthermie, Geothermie und Umgebungswärme zusammen. Im Leitszenario Wärme aus erneuerbaren Quellen wird bis 2020 ein Anteil von 11,6 % erwartet bzw. steigt dieser Anteil bis 2030 auf 18,6 %. Die größten Zuwächse werden im Bereich Fernwärme aus tiefer Geothermie und Nutzung der Umgebungswärme durch Wärmepumpen erwartet. So wird prognostiziert, dass sich in Wien der Marktanteil installierter Wärmepumpen bis 2030 im Wohnungsneubau verdoppelt bzw. auf 50 % ansteigt. Neben der Abwärmenutzung, z.B. Wärme aus Abwasserkanälen, werden besonders auch Wärmepumpen im großvolumigen Nicht-Wohnbausektor und im Sektor neuer dezentraler Wärmeversorgungssysteme basierend auf Umgebungswärme aus Grundwasser zunehmen. Damit wird laut dem Leitszenario im Handlungsfeld Umgebungswärme aus Wärmepumpen ein Zuwachs von 2011 – 2020 um 115 GWh_{th} und von 2021 – 2030 um 125 GWh_{th} an bereitgestellter Wärme erwartet (Entwurf zum RAP 2013).

2. PRINZIPIELLE FUNKTIONSWEISE VON WÄRMEPUMPEN

2.1 Umweltrelevanz von Wärmepumpen

Wärmepumpen können ein Baustein zur Lösung der Energie- und Umweltproblematik sein. Je höher die Effizienz einer Wärmepumpenanlage, desto weniger Strom wird für ihren Betrieb und die Gewinnung der gewünschten Wärme benötigt. Dabei kommt die von der Wärmepumpe gewonnene Umgebungswärme aus regionalen, erneuerbaren Ressourcen und verursacht keinerlei Treibhausgasemissionen vor Ort.

Der gesamte Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung kann grundsätzlich mit einer Wärmepumpe gedeckt werden. Diese Heizwärme, wie in der **ABB. 2** dargestellt, besteht zu 75 % aus gratis verfügbarer Umweltwärme und 25 % aus Antriebsenergie, wie beispielsweise Strom. Der im Energieflussbild angeführte Strom bezieht sich auf den österreichischen Jahresdurchschnitt des Jahres 2012 der zu 75 % aus erneuerbaren und zu 25 % fossilen Energieträgern erzeugt wurde (E-Control 2013).

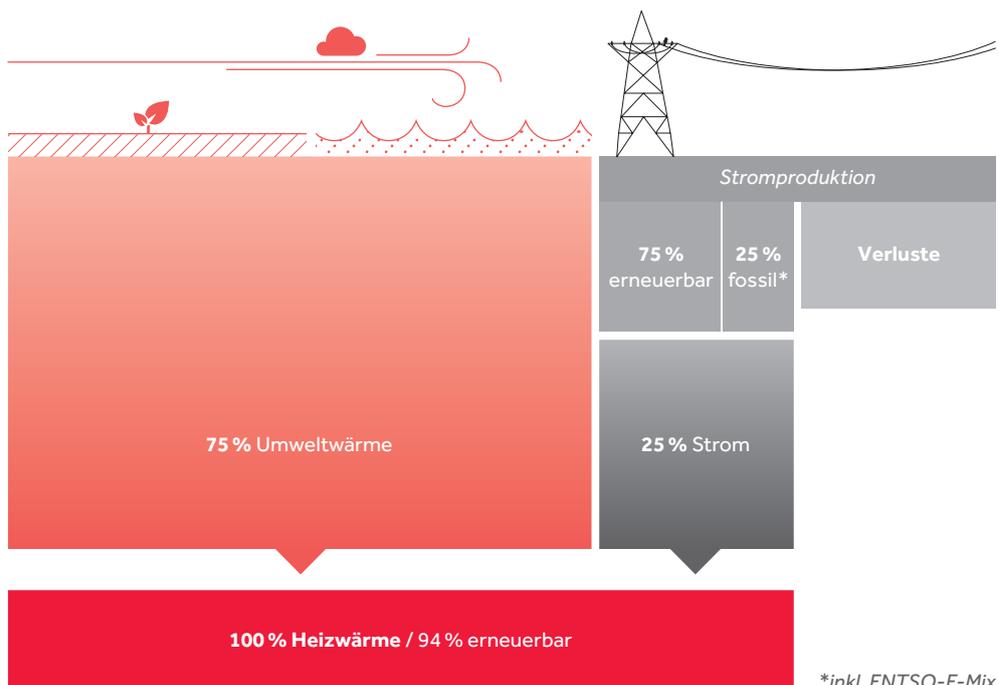


Abb. 2 Energieflussdiagramm einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe
Quelle: Energiedaten E-Control (2013), Darstellung AIT (2013)

Durch jahreszeitliche Schwankungen bei der Stromproduktion, kommt es dazu, dass im Winter der Anteil an fossiler Energie größer ist als im Sommer. Der Betreiber hat jedoch mit der Wahl eines Ökostrom-Anbieters die Möglichkeit den Anteil an fossilen Energieträgern zu reduzieren.

2.2 Wirkungsweise einer Wärmepumpenanlage

Eine Wärmepumpenanlage (WPA) besteht aus mehreren Anlagenteilen, die in drei wesentliche Anlagenbereiche zusammengefasst werden können:

Mit der Wärmequellenanlage (WQA) wird Wärme aus der Wärmequelle entzogen und mit einem Wärmeträger zur kalten Seite der Wärmepumpe transportiert. Diese Wärmeträger³ können Wasser, Sole⁴ oder Luft und bei Direktverdampfer ein Kältemittel als Arbeitsmittel⁵ sein.

Die Wärmepumpe (WP) hebt die Wärme aus der Wärmequelle von einem niedrigen auf das für die Raumheizung und Warmwasserbereitung notwendige Temperaturniveau.

Mittels der Wärmenutzungsanlage (WNA, Wärmesenke) wird die Wärme durch den Wärmeträger Wasser oder Luft von der warmen Seite der Wärmepumpe zu den Verbrauchern (z. B. Raumheizung) befördert.

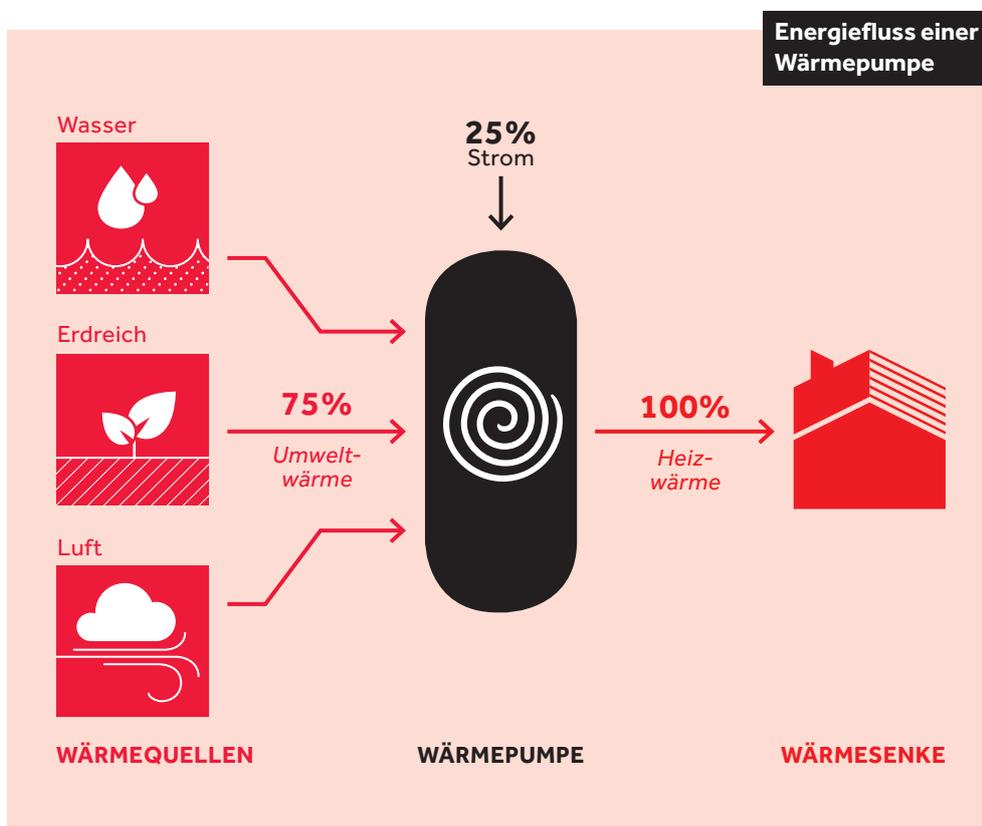


Abb. 3 Energiefluss einer Wärmepumpe Quelle: AIT 2013

Bei der Beschreibung der verschiedenen Wärmepumpensysteme wird die Art der Wärmequelle an erster Stelle und die Art der Wärmesenke an zweiter Stelle genannt. So hat zum Beispiel eine Sole/Wasser-Wärmepumpe eine soledurchflossene Wärmequellenanlage und eine Wärmenutzungsanlage mit Wasser als Wärmeträger.

- 3 Wärmeträger sind Stoffe, die beim Energietransport keinen Phasenwechsel durchmachen
- 4 Als Sole wird ein Wasser-Frostschutzgemisch bezeichnet.
- 5 Arbeitsmittel sind Stoffe, die beim Energietransport einen Phasenwechsel durchmachen

2.3 Elektrisch angetriebene Wärmepumpen

Die Kompressions-Wärmepumpe ist die gängigste Bauart. Dabei wird ein geschlossener Kreislauf von einem Kältemittel durchströmt, welches wiederholt den Aggregatzustand zwischen flüssig und gasförmig ändert:

1. Im Verdampfer verdampft das Kältemittel bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur und nimmt dabei Energie aus der Wärmequelle auf. Anschließend ist das Kältemittel auf einem niedrigen Temperatur- und Druckniveau gasförmig.
2. Der Verdichter (Kompressor) komprimiert den Kältemitteldampf. Durch die Erhöhung des Drucks steigt die Temperatur des Kältemittels. Das Kältemittel ist nach dem Verdichter auf einem hohen Temperatur- und Druckniveau gasförmig.
3. Im Verflüssiger (Kondensator) kondensiert das Kältemittel. Dabei wird Energie mit einem Wärmeübertrager an die Wärmesenke übertragen. Danach ist das Kältemittel auf einem hohen Druckniveau und niedriger Temperatur flüssig.
4. In einem Expansionsventil (Drosselventil) wird das Kältemittel wieder auf den Ausgangsdruck entspannt, dabei kühlt es ab. Das Kältemittel ist auf einem niedrigen Druckniveau und niedriger Temperatur größtenteils flüssig.

Danach wird das Kältemittel wieder dem Verdampfer zugeführt, der Kreislauf beginnt von vorne.

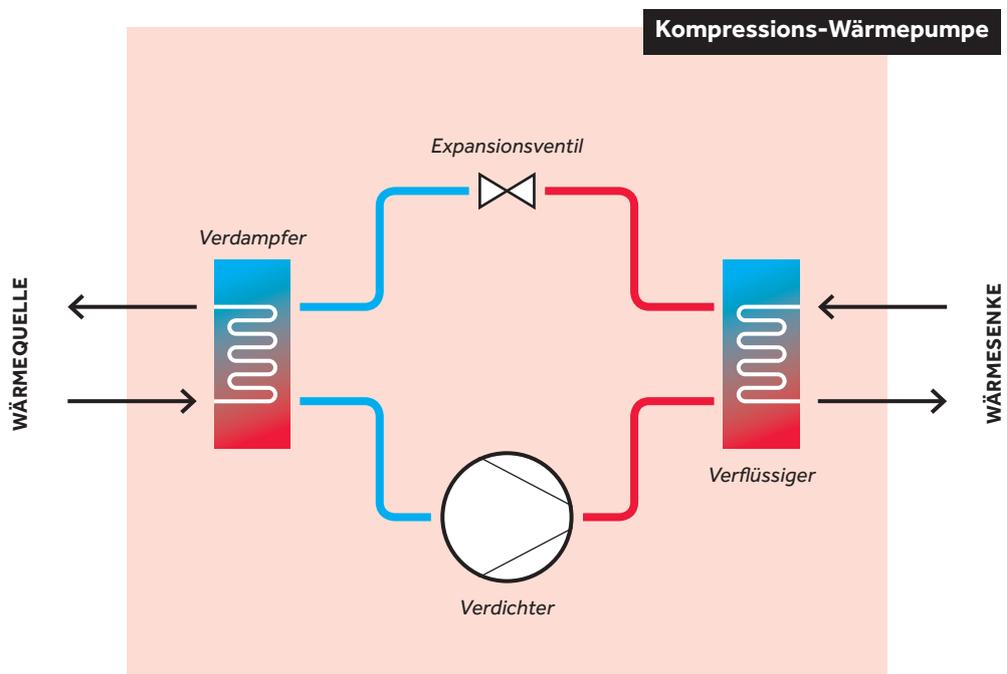


Abb. 4 Schema einer Kompressions-Wärmepumpe Quelle: AIT 2013

Für den Antrieb des Kältemittelverdichters werden hauptsächlich Elektromotoren eingesetzt. Bei größeren Einheiten (>100 kW Heizleistung) stehen auch Wärmepumpen zur Verfügung, deren Verdichter durch einen Gas- oder Dieselmotor angetrieben wird.

2.4 Thermisch angetriebene Wärmepumpen

Sorptions-Wärmepumpen nutzen umkehrbare Prozesse, bei denen zwei Stoffe durch Wärmezufuhr getrennt werden und die bei der Rekombination wieder Wärme abgeben. Sorptions-Wärmepumpen arbeiten mit Stoffpaaren – einem Kältemittel und einem Lösungsmittel bzw. Adsorptionsmittel.

2.4.1 Absorptions-Wärmepumpe

Thermisch angetriebene Absorptions-Wärmepumpen haben grundsätzlich den gleichen Kreislauf wie Kompressions-Wärmepumpen. Der Unterschied liegt beim Verdichter, dem die Antriebsenergie nicht elektrisch, sondern thermisch zugeführt wird.

ABB. 5 zeigt das Funktionsschema einer Absorptions-Wärmepumpe. Im Absorber wird das vom Verdampfer kommende, gasförmige Kältemittel im Lösungsmittel aufgenommen (absorbiert). Die nun „reiche“ Lösung wird in den Austreiber gepumpt und dabei verdichtet. Hier wird das absorbierte Kältemittelgas durch Zufuhr von Wärme (85 – 200° C) wieder ausgetrieben und gelangt in den Kondensator. Das Lösungsmittel gelangt über ein Expansionsventil erneut in den Absorber.

Häufige Arbeitsstoffpaare (Lösungsmittel/Kältemittel) sind Wasser/Ammoniak und Lithiumbromid/Wasser.

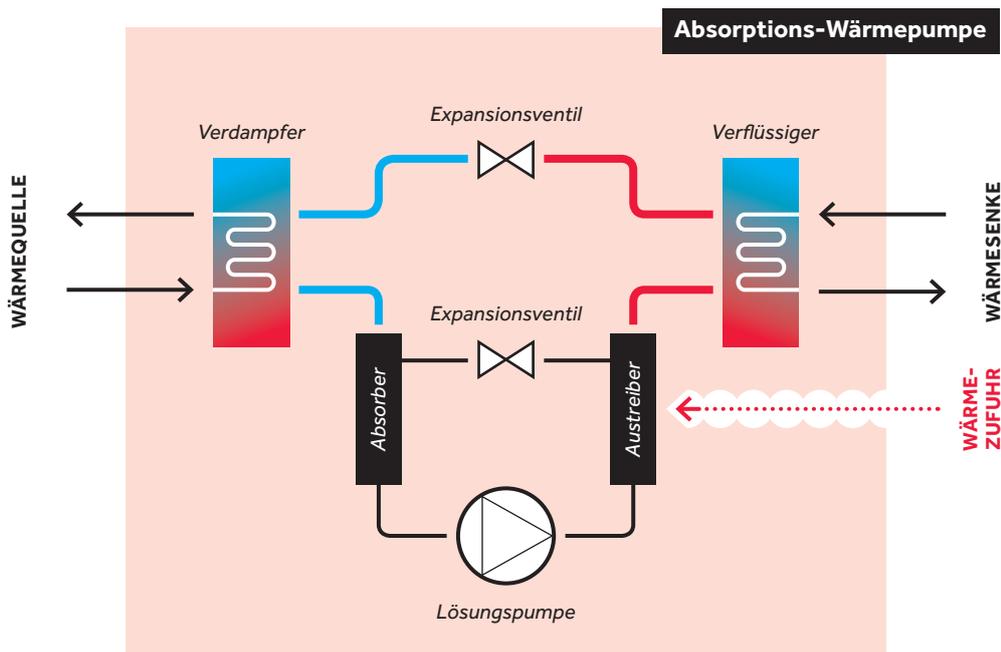


Abb. 5 Schema einer Absorptions-Wärmepumpe Quelle: AIT 2013

2.4.2 Adsorptions-Wärmepumpe

Im Gegensatz zur Absorptions-Wärmepumpe arbeitet die Adsorptions-Wärmepumpe mit Feststoffen, so genannte Adsorbens, wie beispielsweise Zeolith. Das Zeolith ist ein Mineral, das Wasserdampf an sich bindet (adsorbiert) und dabei Wärme abgibt. Durch Zufuhr von Wärme wird das Wasser wieder vom Zeolith herausgelöst (desorbiert).

Die Adsorptions-Wärmepumpe arbeitet wie die anderen Wärmepumpen in einem Kreisprozess, der allerdings mit Wasser als Kältemittel bei hohem Unterdruck, periodisch abläuft. Um einen kontinuierlichen Prozess zu ermöglichen, werden zwei thermische Systeme in einem Gerät zusammengefasst und abwechselnd gegengleich betrieben. Es können folgende zwei Phasen unterschieden werden:

In der Desorptionsphase (SIEHE ABB. 6) wird dem oben angeordneten mit Adsorbens beschichteten Wärmeübertrager Wärme zugeführt. Dies kann beispielsweise mit einem Gasbrenner erfolgen. Das in dem Feststoff gebundene Wasser wird als Wasserdampf frei und gelangt zum zweiten unteren Wärmeübertrager. In dieser Phase wird dieser Wärmeübertrager von Heizungswasser durchflossen. Der Dampf kondensiert und gibt dabei Wärme an das Heizungssystem ab. Die erste Phase ist beendet, wenn das Adsorbens wieder trocken und das Wasser am zweiten Wärmeübertrager kondensiert ist und die Wärmezufuhr abgestellt wird.

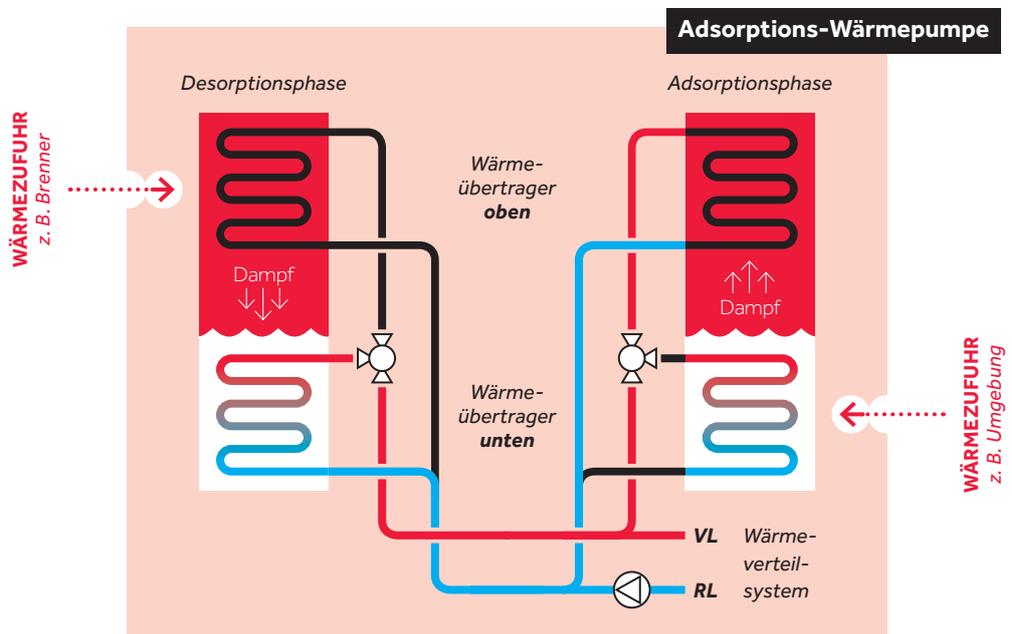


Abb. 6 Schema einer Adsorptions-Wärmepumpe Quelle: AIT 2013

In der folgenden Adsorptionsphase erfolgt eine hydraulische Umschaltung. Dabei wird einerseits der untere Wärmeübertrager vom Heizungssystem getrennt und andererseits der mit Adsorbens beschichtete obere Wärmeübertrager mit dem Heizungssystem verbunden. Der untere Wärmeübertrager fungiert nun als Verdampfer, an dem durch die Zufuhr von Umweltwärme das Wasser verdampft wird. Der entstehende Dampf gelangt wieder zu dem mit Adsorbens beschichteten oberen Wärmeübertrager, wo dieser erneut adsorbiert wird. Die dabei frei werdende Wärme wird durch den oberen Wärmeübertrager an das Heizungssystem übertragen. Diese Phase ist abgeschlossen wenn der Wasserdampf vollständig adsorbiert ist.

Eine Wärmepumpe benötigt Antriebsenergie (z.B. elektrischen Strom) um Umweltwärme von einem tieferen (Wärmequelle) auf ein höheres Temperaturniveau (Wärmenutzungsanlage) zu heben. Wärmequellen sind z.B. Außenluft, Erdwärme, Grundwasser oder Abwärme (z.B. aus Prozessen, Abluft). Wärmenutzungsanlagen sind z.B. das Heizungssystem oder die Warmwasserbereitung.

2.5 Komponenten einer Kompressions-Wärmepumpe

2.5.1 Verdampfer

Der Verdampfer hat die Aufgabe Energie aus der Wärmequelle aufzunehmen und diese an das Kältemittel zu übertragen, das dadurch verdampft.

Verdampfer können nach der Art des Wärmepumpensystems unterschieden werden.

- Luft/Luft-Wärmepumpen und Luft/Wasser-Wärmepumpen: Der Verdampfer besteht aus Kupferrohren, auf die Aluminiumrippen aufgedrückt sind. Ein Ventilator fördert die Luft über die Aluminiumrippen.
- Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen: Der Verdampfer ist hier meist ein Plattenwärmeübertrager. Diese sind kompakt, wirtschaftlich und platzsparend. Außerdem können sie problemlos mit einer Wärmedämmung versehen werden.
- Direktverdampfer/Wasser-Wärmepumpen: In diesem Fall besteht der Verdampfer aus kunststoffummantelten Kupferleitungen, die im Erdreich verlegt sind und mit Kältemittel durchströmt werden.

2.5.2 Verdichter (Kompressor)

Die Aufgaben eines Verdichters sind das Fördern und Komprimieren des Kältemittels von einem niedrigen auf ein hohes Druckniveau. In Wärmepumpen werden hauptsächlich Verdichter folgender Bauarten eingesetzt: Rollkolbenverdichter, Scrollverdichter, Hubkolbenverdichter und Schraubenverdichter. Zunehmend werden Wärmepumpen mit leistungsgeregelten Verdichtern ausgestattet. Durch diese Regelung stellt sich die Wärmepumpe auf die momentan vom Gebäude geforderte Heizleistung ein, wodurch eine höhere Effizienz der Anlage erreicht wird.

2.5.3 Verflüssiger (Kondensator)

Der Kondensator überträgt die Wärme aus dem Kältemittelkreislauf an den Wärmeträger (Heizungswasser, Luft) des Heizungssystems. Bei den meisten Wärmepumpen werden dafür Plattenwärmeübertrager eingesetzt.

2.5.4 Expansionsventil (Drosselventil)

Das Drosselventil im Kältemittelkreislauf hat die Aufgabe, das flüssige Kältemittel von einem hohen Druck und einer hohen Temperatur auf einen niedrigen Druck und eine niedrige Temperatur zu entspannen. Für Wärmepumpen werden üblicherweise thermostatische oder elektronische Expansionsventile verwendet.

2.5.5 Kältemittel (Arbeitsmittel)

Da Kältemittel im Gegensatz zu üblichen Wärmeträgermedien immer wieder die Phase zwischen flüssig und dampfförmig wechseln, werden sie auch als Arbeitsmittel bezeichnet.

Bei ihrem Einsatz in Wärmepumpen müssen Kältemittel unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Um hohe Effizienz zu ermöglichen sollen ihre Eigenschaften optimal an den Wärmepumpeneinsatz angepasst sein. Beim ständigen Durchlaufen der unterschiedlichen Drücke und Temperaturen muss die chemische Stabilität erhalten bleiben.

Um den Einfluss auf die Umwelt möglichst gering zu halten, dürfen Kältemittel die Ozonschicht nicht angreifen (kein Ozonerstörungspotenzial) und die Treibhauswirksamkeit soll möglichst gering sein. Weiters soll es bei bestehenden Maschinen möglich sein, „alte“, umweltschädliche Kältemittel durch klimaverträglichere austauschen zu können.

In diesem Zusammenhang gibt es vier Kältemittelgruppen:

FCKW's (z.B. R11, R12) sind stark Ozonschicht abbauend und treibhauswirksam. Der Einsatz von FCKW ist in Österreich verboten.

H-FCKW's (z.B. R22) bauen die Ozonschicht ab und sind treibhauswirksam. Der Einsatz von H-FCKW in neuen Anlagen ist in Österreich verboten. Ab 2015 sind H-FCKW generell verboten.

H-FKW's (z.B. R407C) bauen die Ozonschicht nicht ab, sind allerdings treibhauswirksam. Diese Kältemittel werden derzeit am häufigsten eingesetzt.

Natürliche Kältemittel, wie beispielsweise Ammoniak, CO₂, Propan, Isobutan oder Wasser, sind nicht Ozonschicht abbauend und sehr gering treibhauswirksam. Allerdings sind sie teilweise brennbar, explosiv oder giftig. Aufgrund dieser Problematik werden die brennbaren Kältemittel nur bei sehr kleinen Leistungen, z.B. Kühlschränke, Gefrierschränke, oder im Fall von Ammoniak, in Industrieanlagen bzw. in Nischenanwendungen eingesetzt.

2.6 Kennzahlen

Zur Beurteilung der Wärmepumpen bzw. der Wärmepumpenanlagen werden Kennzahlen verwendet, welche sich aus der folgenden Bilanzgleichung ableiten:

$$\text{Heizleistung} = \text{Kälteleistung} + \text{elektrische Leistung}$$

Die aus der Wärmequelle entzogene Leistung wird üblicherweise als Kälteleistung bezeichnet. Die Summe aus Kälteleistung und elektrischer Leistung des Verdichters ergibt die Heizleistung, die an die Wärmesenke abgegeben wird.

2.6.1 Leistungszahl – COP

Die Leistungszahl ϵ (engl. Coefficient of Performance – COP) gibt die Effizienz einer Wärmepumpe in einem bestimmten Betriebspunkt an. Diese Leistungszahl wird auf einem Prüfstand (unter Normbedingungen) bei einem stationären Zustand ermittelt. Der Betriebspunkt wird durch Art (Buchstabe) und Temperatur (Zahl) der Quelle und der Senke beschrieben, beispielsweise B0/W35. Hierbei stehen der erste Teil für die Quelle und der zweite Teil für die Senke. Folgende Abkürzungen werden verwendet: „B“ – Sole (Brine); „W“ – Wasser (Water); „A“ – Luft (Air); „E“ – erdgekoppelte Direktverdampfung. Beim Beispiel B0/W35 handelt es sich um einen Betriebspunkt, bei der die Sole (B) der Wärmequelle eine Temperatur von 0° C und das Wasser (W) der Wärmesenke eine Temperatur von 35° C aufweist. Der COP ist das Verhältnis zwischen Nutzen zu Aufwand, also momentaner Heizleistung zu momentan aufgewendeter, elektrischer Leistung.

$$\text{COP} = \frac{\text{Heizleistung}}{\text{elektrische Leistung}}$$

Zum Aufwand zählt die elektrische Leistung von Verdichter, Regeleinrichtungen und anteilige Leistung der Pumpen für Wärmequelle und Wärmesenke.

2.6.2 Jahresarbeitszahl – JAZ

Definition der Jahresarbeitszahl

Die Rahmenbedingungen der Wärmepumpe, also Temperatur von Quelle und Senke, verändern sich stetig. Somit verändert sich auch der Betriebspunkt und demnach die Effizienz unaufhörlich.

Die Jahresarbeitszahl JAZ (engl. Seasonal Performance Factor – SPF) ist das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand über ein Jahr, also das Verhältnis der in einem Jahr gelieferten Wärme zu der in einem Jahr benötigten Antriebsenergie. Hierbei werden auch je nach Bilanzgrenze (VGL. 9.1.2. ABB. 22) die vorhandenen Hilfsaggregate (z.B.: Solepumpe, Abtauvorrichtung etc.) berücksichtigt.

$$\text{JAZ} = \frac{\text{Summe der an das Heizungssystem abgegebenen Wärmemenge}}{\text{Summe der aufgenommenen Antriebsenergie}}$$

Eine Möglichkeit die JAZ zu bestimmen ist, diese theoretisch aufgrund des vorhandenen bzw. geplanten Heizungssystems zu simulieren beziehungsweise abzuschätzen. Die andere Möglichkeit besteht darin die betreffende Anlage über ein oder mehrere Jahre messtechnisch zu erfassen und auszuwerten (VGL. KAPITEL 9.2.2). Meist ist der COP im Normbetriebspunkt höher als die JAZ. Sie können erheblich voneinander abweichen. Der COP ist vergleichbar mit dem Normverbrauch eines Autos, die JAZ entspricht dem tatsächlichen Verbrauch während der Nutzung.

Methoden zur Bestimmung der Jahresarbeitszahl

Zur Abschätzung der Jahresarbeitszahl haben sich in den letzten Jahren mehrere Methoden etabliert. Die am häufigsten verwendeten Methoden sind

- basierend der ÖNORM H 5056, die auch zur Erstellung des Energieausweises verwendet wird,
- Berechnung gemäß VDI 4650 oder
- mit JAZcalc⁶.

Bei allen diesen Methoden ist jedoch zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Eingangsparameter herangezogen werden, die Bilanzierungsgrenzen sich unterscheiden können und nur teilweise Klima und Nutzergewohnheiten berücksichtigt werden. Damit kann es bei der Abschätzung zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, die sich von einer real gemessenen Jahresarbeitszahl deutlich unterscheiden kann. Die mit diesen Verfahren abgeschätzten Jahresarbeitszahlen von unterschiedlichen Anlagen können nur dann untereinander verglichen werden, wenn diese mit der gleichen Methode ermittelt wurden. Aufgrund der Unsicherheiten bei den Methoden und der Eingangsparameter, kann die tatsächliche Jahresarbeitszahl für eine ausgeführte Anlage nur durch eine Messung bestimmt werden, VGL. KAPITEL 9.2.2.

Der COP (Leistungszahl) beschreibt die Effizienz einer Wärmepumpe in einem bestimmten Betriebspunkt am Prüfstand. Dieser Wert kann zum Vergleich verschiedener Wärmepumpenmodelle herangezogen werden.

Die JAZ (Jahresarbeitszahl) berücksichtigt die unterschiedlichen Rahmenbedingungen im realen Betrieb. Sie gibt die Effizienz der gesamten Wärmepumpenanlage über ein Betriebsjahr an.

Der COP im Normbetriebspunkt und die JAZ können erheblich voneinander abweichen.

⁶ JAZcalc ist ein basierend auf die SIA 384/3 in der Schweiz entwickeltes und für Österreich adaptiertes Prognoseprogramm

3. VERWENDUNG/ANWENDUNG/EINSATZ DER TECHNOLOGIE

3.1 Wärmequellenarten

Wie in KAPITEL 2.2 dargestellt, benötigt eine Wärmepumpenanlage für das Gewinnen der Umweltenergie einen speziellen Anlagenteil, der mit dem Fachbegriff „Wärmequellenanlage“ oder „Wärmequellensystem“ bezeichnet wird. Als Wärmequellensysteme kommen Anlagenteile zum Einsatz, die es ermöglichen die Wärme aus der Luft, dem Grundwasser oder dem Erdreich zu gewinnen. Die Wärmequellenanlage hat großen Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpenanlage. Wesentlich dabei ist, dass die Wärmequellenanlage ausreichend groß dimensioniert ist.

3.1.1 Grundwasser

Die Temperatur des Grundwassers in Tiefen von 10 m und mehr schwankt im Verlauf eines Jahres nur geringfügig und beträgt im städtischen Bereich im Mittel zumindest 12° C. Der Vorteil dieser Wärmequelle ist, dass das Grundwasser auch über die Wintermonate hinweg ein relativ hohes Temperaturniveau behält, welches für höhere Entzugsleistungen und bessere Arbeitszahlen sorgt. Technische Voraussetzungen für die Nutzbarkeit von Grundwasser sind einerseits eine ausreichende Verfügbarkeit (ca. 200 l/h pro kW Heizleistung) und andererseits die Einhaltung von Grenzwerten von gelösten Stoffen, z.B. Eisen, Mangan, Chlorid, Nitrat. Werden diese Grenzwerte nicht eingehalten, so hat das negativen Einfluss auf die Lebensdauer von Wärmeübertrager und Brunnenanlage. Bei der in **ABB. 7** dargestellten Quellenanlage wird das Grundwasser aus einem Brunnen (Förderbrunnen) mittels einer Unterwasserpumpe gefördert, durch die Wärmepumpe um etwa 3 – 4 Kelvin (K) abgekühlt und danach über einen Sickerschacht und nur in Ausnahmefällen mit einem zweiten Brunnen (Schluckbrunnen) wieder in den gleichen Grundwasserhorizont zurückgeführt.

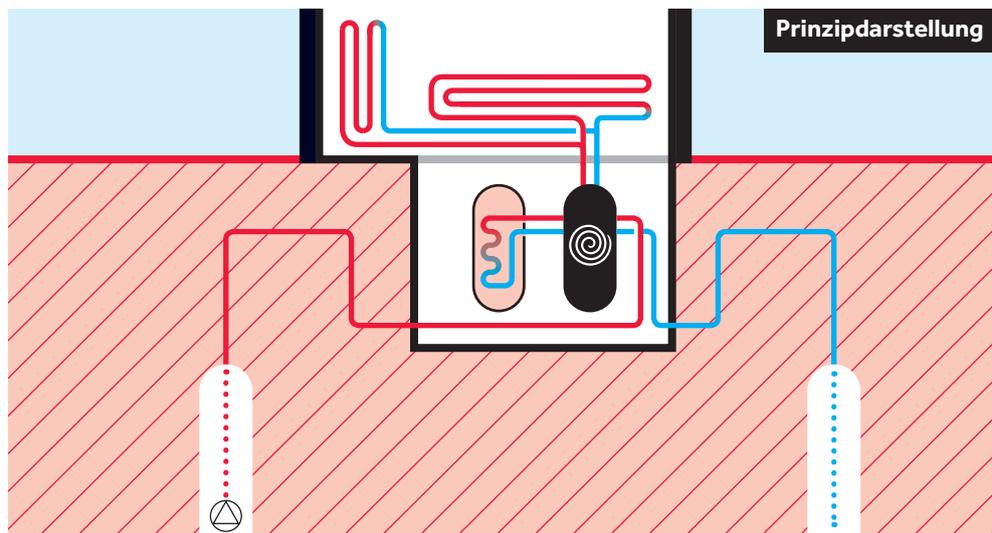


Abb. 7 Prinzipdarstellung einer Wärmepumpenanlage mit der Wärmequelle Wasser Quelle: AIT 2013

Zwischen den Brunnen ist ein Abstand in Anhängigkeit von Grundwassergefälle und -mächtigkeit laut ÖWAV Regelblatt 207⁷ einzuplanen. Die Brunnenbauausführung hat nach ÖNORM B 2601⁸ und ÖNORM B 2279⁹ zu erfolgen. Damit bei Wärmepumpenanlagen in Einfamilienhäusern die Antriebsleistung der Unterwasserpumpe im Verhältnis zur Verdichterleistung der

7 ÖWAV Regelblatt 207-2, Wärmepumpen – Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds – Heizen und Kühlen

8 ÖNORM B 2601, Wassererschließung – Brunnen – Planung, Bau und Betrieb

9 ÖNORM B 2279, Spezialtiefbauarbeiten – Aufschluss-, Brunnen- u. Grundbauarbeiten – Werkvertragsnorm

Wärmepumpe nicht zu hoch wird, sollte der Grundwasserspiegel nicht tiefer als 15 m liegen. Grundwasser-Wärmepumpen erfordern wenig Baugrundfläche, die Nutzung von Grundwasser muss wasserrechtlich bewilligt werden (VGL. KAPITEL 9.3.3).

3.1.2 Untergrund

Da sich die Temperatur des Untergrunds ab einer Tiefe von etwa 1 m durch den Jahresverlauf der Außentemperatur weniger stark ändert, ist diese Schicht des Untergrunds sehr gut für die Nutzung als Wärmequelle geeignet. Die im oberflächennahen Erdreich enthaltene Wärme stammt überwiegend von der Sonne, die durch Strahlung, warme Luft und Regen in der obersten Schicht eingespeichert wird. Als Wärmeträger wird in den meisten Fällen ein Wasser-Frostschutzgemisch, welches allgemein als Sole bezeichnet wird, eingesetzt.

Flachkollektoren

Bei dem in **ABB. 8.a** gezeigten Flachkollektor, handelt es sich um Rohrleitungen, die im Erdreich in einer Tiefe von 1 m – 1,2 m verlegt und mit der Wärmepumpe verbunden werden. Das Material der Rohrleitungen ist im Fall von Sole/Wasser-Wärmepumpen aus Polyethylen und bei Direktverdampfer/Wasser-Wärmepumpen aus mit einem Polyethylen ummantelten Kupferrohr. Je besser der thermische Standard des Gebäudes ist, desto weniger Fläche wird für den Flachkollektor benötigt. Zur groben Abschätzung kann mit einer Kollektorfläche von etwa 40 m² pro kW Heizleistung gerechnet werden. Die exakte Planung der Kollektorfläche erfolgt gemäß dem ÖWAV Regelblatt 207. Um eine natürliche Regeneration durch Niederschläge, warme Luft und Sonnenstrahlung während der Sommermonate zu ermöglichen, dürfen Flachkollektoren nicht unter Fundamentplatten, geteerten Oberflächen oder Ähnlichem eingebaut werden. Eine Ausnahme bilden hier Wärmequellenanlagen, die künstlich regeneriert werden, wie beispielsweise durch Wärmeeintrag im Kühlbetrieb oder mit der Überschusswärme einer solarthermischen Anlage.

Erdwärmesonden

Eine andere Möglichkeit ist die thermische Nutzung des Erdreichs bis zu einer Tiefe von etwa 300 m mittels Erdwärmesonden. Hier wird die Erdwärme durch Sonden entzogen und der Wärmepumpe zugeführt, siehe **ABB. 8.b**. Als grober Richtwert für die Länge der Erdwärmesonden kann mit ca. 25 m pro kW Heizleistung gerechnet werden. Beim Einsatz mehrerer Sonden sollte deren Abstand zumindest 10 m betragen. Auch hier erfolgt die korrekte Dimensionierung der Erdwärmesondenanlage gemäß dem ÖWAV Regelblatt 207.

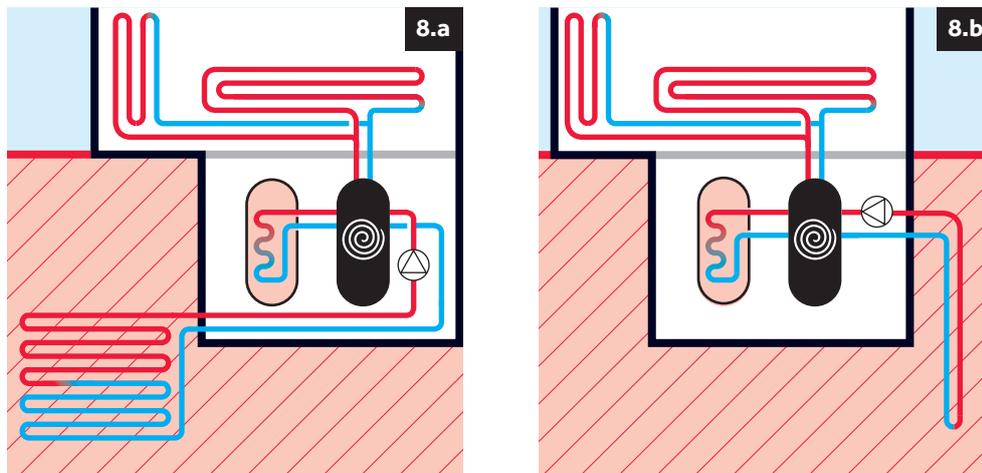


Abb. 8 Unterschiedliche Systeme von erdreichgekoppelten Wärmepumpenanlagen, **8.a** Erdreich mit Flachkollektor, **8.b** Erdreich mit Erdwärmesonde *Quelle: AIT 2013*

Grabenkollektoren und Spiralsonden

Grabenkollektoren und Spiralsonden sind Sonderformen der Erdkollektoren. Für den Grabenkollektor wird ein Graben mit schrägen Wänden ausgehoben. An den Wandflächen werden die Rohre in regelmäßigen Abständen verlegt. Die Grabentiefe beträgt etwa 3 m. Je kW Heizleistung sind etwa 1,5 m Grabenlänge notwendig. Bei der Errichtung der Wärmequellenanlage ist der notwendige ArbeitnehmerInnenschutz zu berücksichtigen. Spiralsonden sind zylindrische Körbe (meist aus Draht oder Kunststoff) die mit Kollektorrohren umwickelt sind. Sie werden im frostfreien Bereich zwischen 1,5 m und 5 m vergraben (LLUR 2001, S7f). Auch hier ist auf eine ausreichende Regeneration des Untergrunds zu achten.

Energiepfähle

Das Prinzip von Energiepfählen ist dem von Erdwärmesonden ähnlich. Größere Gebäude benötigen oft aus statischen Gründen Gründungspfähle. In solche, aus Beton gefertigten, Gründungspfähle wird während der Errichtung ein Wärmeübertrager (meist Sole durchflossene Kunststoffrohre) eingelassen. Diese Art der Wärmequellenanlage ist besonders bei großen Bürogebäuden sehr empfehlenswert, da sich diese auch für den Kühlbetrieb als Wärmesenke gut eignen. Somit kann Heizen und Kühlen mit nur einem Gerät realisiert werden.

Für eine erste Abschätzung für die Einsetzbarkeit der Energiepfähle werden die folgenden spezifischen Entzugsleistungen herangezogen (Adam 2007)

- Durchmesser 30 – 50 cm: 40 – 60 W/lfm
- Durchmesser > 60 cm: 35 W/m² Mantelfläche

3.1.3 Außenluft

Außenluft ist eine Wärmequelle, die überall unbegrenzt zur Verfügung steht. Die Luft wird mittels eines Ventilators durch einen Lamellenwärmeübertrager gefördert, der entweder im Freien (Splitanlage), siehe **ABB. 9.a**, oder im Gebäude (Kompaktanlage), siehe **ABB. 9.b**, aufgestellt werden kann. Für die Dimensionierung der luftführenden Leitungen ist ein Luftvolumenstrom von etwa 350 m³/h pro kW Heizleistung anzusetzen.

Bei einer Außenaufstellung kann Nutzfläche im Gebäude gespart werden. Bei der Aufstellung im Freien müssen einige Besonderheiten beachtet werden. Um unnötigen Wärmeverlust zu vermeiden ist auf eine ausreichende Dämmung der warmen Rohrleitungen zum Gebäude zu achten. Außerdem muss sichergestellt werden, dass durch das entstehende Kondensat und durch das Geräusch der Wärmepumpe keine Störungen oder Nachteile für die Eigentümerinnen bzw. Eigentümer oder für ihre Nachbarinnen bzw. Nachbarn entstehen (**VGL. KAPITEL 9.1.4**).

Bei der Innenaufstellung sind alle Komponenten der Luft/Wasser-Wärmepumpe in einem Gehäuse untergebracht. Die Ansaugung der Außenluft erfolgt über Rohrleitungen. Die Aufstellung der Luft-Wärmepumpe ist in allen trockenen und frostfreien Räumen möglich.

Es ist zu beachten, dass bei sinkender Außentemperatur die Heizlast des Gebäudes steigt und gleichzeitig die Heizleistung und Effizienz der Wärmepumpe sinken. Deshalb werden Luft/Wasser-Wärmepumpen üblicherweise für einen Betrieb in Kombination mit einem anderen Wärmebereitstellungssystem (monoenergetischer oder bivalenter Betrieb, **VGL. KAPITEL 3.4**) ausgeführt.

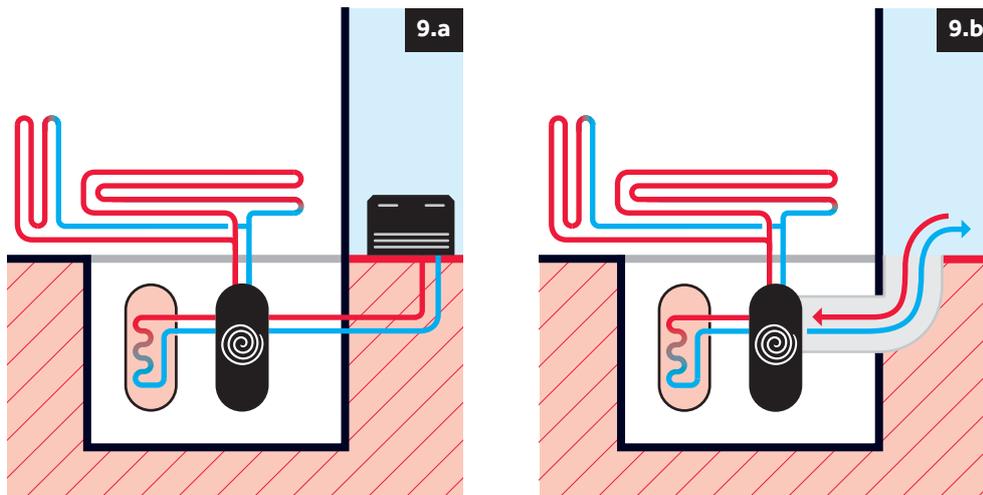


Abb. 9 Unterschiedliche Systeme von Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen;
9.a Luft – Splitanlage, 9.b Luft – Kompaktanlage Quelle: AIT 2013

Da Lamellenwärmeübertrager ab Außentemperaturen von ca. 5°C Reif bzw. Eis ansetzen können, wodurch die Wärmeübertragung vermindert wird, ist ein Abtauen der Oberfläche notwendig. Für das Abtauen des Verdampfers muss Energie eingesetzt werden. Bei Luft/Wasser-Wärmepumpen gibt es verschiedene Abtausysteme, wie z.B. Heißgas-Bypass oder Prozessumkehr.

3.1.4 Verfügbarkeit der Wärmequellen Wasser, Erdreich und Luft

In der in **ABB. 10** ist der Zusammenhang zwischen Effizienz und Verfügbarkeit der unterschiedlichen Wärmequellen dargestellt.

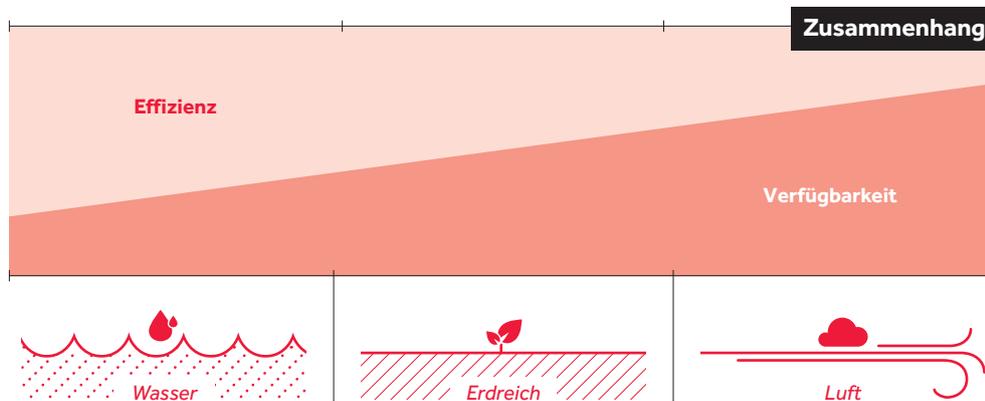


Abb. 10 Bewertung von Verfügbarkeit und Effizienz der Wärmequellen Quelle: AIT 2013

Es ist daraus ersichtlich, dass die Wärmequelle Wasser zwar die höchste Effizienz ermöglicht jedoch nur begrenzt zur Verfügung steht. Die Quelle Luft steht dafür quasi unbegrenzt zur Verfügung, hat aber durch die starke Schwankung der Außenluft-Temperatur eine geringere Effizienz.

3.1.5 Wärme aus Abwasser

Abwasser aus Haushalten hat in Abhängigkeit der Jahreszeit, Temperaturen zwischen 8°C und 22°C. Die Temperatur des Abwassers von Industriebetrieben kann deutlich darüber liegen und ganzjährig vorhanden sein. Aufgrund dieser hohen Quelltemperaturen kann eine Wärmepumpenanlage hohe Jahresarbeitszahlen erreichen.

Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten Wärme aus dem Abwasser zu nutzen. Die Wärme kann entweder direkt aus dem hauseigenen Abwasserkanal oder aus der Kanalisation des Abwasserbetreibers gewonnen werden. In diesen Fällen wird der benötigte Wärmeübertrager entweder nachträglich in vorhandene Rohrleitungen eingelegt, oder es werden im Zuge einer Sanierung Kanalelemente mit integriertem Wärmeübertrager verwendet. Die dritte Möglichkeit besteht in der Nutzung des bereits gereinigten Abwassers aus dem Ablauf der Kläranlage. Hierbei wird der Wärmeübertrager meist in einem Sammelschacht angebracht.

Wichtige Voraussetzung für die technische und wirtschaftliche Nutzung von Abwasser als Wärmequelle sind die Reinheit des Abwassers (vor oder nach der Kläranlage), die vorhandenen Platzverhältnisse, die verfügbare Abwassermenge (mindestens 20 l/s), die Entfernung zum Wärmeabnehmer und die rechtlichen Rahmenbedingungen. Beim Einsatz einer solchen Wärmequelle vor der Kläranlage ist das Temperaturniveau ein limitierender Faktor (Schinnerl et al. 2007).

3.1.6 Ab-/Fortluft

Voraussetzung für die Nutzung von Ab- oder Fortluft ist das Vorhandensein einer mechanischen Lüftungsanlage. Bei einer einfachen Abluft- oder Zu- und Abluft-Anlage wird die Wärmepumpe in den Abluftkanal eingebunden. Ist eine Wärmerückgewinnung vorhanden, wird die Fortluft (nach der Wärmerückgewinnung) als Quelle herangezogen.

Die Temperatur der Fortluft liegt im Winter immer einige Grad über der Außenlufttemperatur. Die Temperatur der Abluft hängt vom Abluftbereich ab. Je höher die Temperatur des Raumes und somit der Abluft ist, desto effizienter kann die Wärmepumpe arbeiten. Abluftbereiche können beispielsweise Wohn- oder Büroräume sein, aber auch Serverräume und ähnliches. Die Abluft von Bereichen, die ohnehin ganzjährig gekühlt werden müssen, eignet sich besonders gut als Quelle für eine Wärmepumpe, da sie auch im Winter, wenn das restliche Gebäude beheizt werden muss, Abwärme zur Verfügung stellt.

Je höher die Temperatur der Quelle, desto effizienter kann die Wärmepumpe arbeiten. D.h. je höher die JAZ, desto niedriger sind die Betriebskosten. Die höchsten JAZ ermöglichen die Quellen Grundwasser und Erdreich.

3.2 Wärmenutzungsarten

3.2.1 Raumheizung

Die Wärmenutzungsanlage (WNA) ist ein weiterer wesentlicher Faktor einer effizienten Wärmepumpenanlage. Grundsätzlich ist bei der Anlagenplanung zu beachten, dass das System bei möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen (VL) betrieben werden kann. Weiters sollte die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf ca. 6 Kelvin betragen und der Wärmeträgerstrom durch Zonen- bzw. Regelventile des Heizungssystems nur wenig verändert werden.

Daher muss eine genaue Berechnung des Wärmebedarfs in Österreich nach ÖNORM EN 12831¹⁰ gemeinsam mit der ÖNORM H 7500¹¹, und Auslegung der Anlage gemäß dem Stand der Technik bzw. den nationalen Normen wie z. B. ÖNORM EN 12828¹², erfolgen. Um sicherzustellen, dass jeder Raum mit der notwendigen Heizleistung versorgt wird, ist ein besonderes Augenmerk auf den hydraulischen Abgleich des Wärmeverteilsystems zu legen. Dies gilt nicht nur für Wärmepumpenanlagen, sondern für alle Heizungssysteme.

10 ÖNORM EN 12831, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

11 ÖNORM H 7500, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Nationale Ergänzung

12 ÖNORM EN 12828, Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen

Wohngebäude

Niedertemperaturheizungssysteme bieten die optimale Voraussetzung für den Einsatz einer Wärmepumpe, da die nötige Energie zur Beheizung des Gebäudes durch möglichst niedrige Vorlauftemperaturen erfolgt. Die Vorlauftemperaturen liegen meist zwischen 28° und 35° C. Die auch als Flächenheizung bezeichneten Niedertemperaturheizungssysteme können als Fußbodenheizung, Deckenheizung oder Wandheizung ausgeführt werden. Zur Anwendung kommen einerseits Bauformen bei denen die Heizungsrohre entweder direkt im Estrich oder Wandputz eingearbeitet werden. Damit wird durch die direkte Kopplung mit Wand bzw. Fußboden deren Speichermasse thermisch aktiviert und reagiert dadurch träge auf Temperaturänderungen. Es können auch Bauformen angewendet werden bei denen die Rohrleitungen in Gipskartonplatten oder Trockenestrichplatten eingebracht werden. Diese haben keinen thermischen Kontakt zur Wand oder Betondecke, wodurch dieses System schneller Wärme abgibt, da die Speichermasse des Gebäudes nicht benutzt wird.

Unter besonderen Voraussetzungen können auch Heizkörper (Radiatorheizungssysteme) in Wärmenutzeranlagen eingesetzt werden. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die maximale Vorlauftemperatur der Wärmepumpe (auch als Einsatzgrenze bezeichnet) nicht überschritten wird. Die Vorlauftemperatur für die Heizkörper kann durch Vergrößerung der Heizkörperflächen, so weit möglich und wirtschaftlich sinnvoll, reduziert werden. Eine weitere Voraussetzung ist, dass geeignete Heizkörper für Vorlauftemperaturen von 45°C verfügbar sind. Aufgrund der früher üblichen Praxis, Heizungsanlagen überzudimensionieren, kann auch im Fall einer Sanierung beim Umstieg auf eine Wärmepumpenanlage sehr oft mit den vorhandenen Radiatoren das Auslangen gefunden werden.

Büro- und Gewerbebau

Beim Einsatz von Wärmepumpen in Bürogebäuden gibt es verschiedene Möglichkeiten an Wärmeübergabesystemen. Flächenheizungen wie beispielsweise Betonkernaktivierung¹³ zählen zu den statischen Systemen, da sie eine hohe Speicherkapazität aufweisen und eher träge sind. Je mehr die vom Medium durchflossenen Rohre von der Speichermasse (z.B.: Betondecke) entkoppelt sind, desto schneller kann das System die Raumtemperatur beeinflussen bzw. desto höher ist die Leistung des Systems. Dies gilt sowohl für Heiz- als auch für Kühlanwendungen. Der Vorteil dieses Systems liegt zum einen bei seiner Trägheit und dadurch in der Möglichkeit Leistungsspitzen abzupuffern, zum anderen reichen im Kühl- bzw. Heizfall Wärmeträgertemperaturen aus, die sich sehr nahe der gewünschten Raumtemperatur befinden.

Betonkernaktivierung und Fußboden- bzw. Deckenheizung sind die trägsten Systeme, gefolgt von Kapillarrohrmatten, die an der Unterseite der Decke angebracht und überputzt werden. Eine abgehängte Heiz- und Kühldecke ist das am schnellsten reagierende System.

Heizkörper reagieren zwar relativ schnell, benötigen aufgrund der verhältnismäßig kleinen Fläche allerdings höhere Vorlauftemperaturen, die für den Betrieb einer Wärmepumpe ungünstig sind.

Die Beheizung oder Kühlung über die Zuluft zählt zu den dynamischen Systemen, da reaktions-schnell. Es lassen sich allerdings nur deutlich geringere Wärmeleistungen in den Raum einbringen.

Je niedriger die Vorlauftemperatur des Heizungssystems, desto effizienter kann die Wärmepumpe arbeiten. Niedertemperaturheizungssysteme (z.B.: Fußbodenheizung oder großflächige Radiatoren) mit < 45° C Vorlauftemperatur sind zu empfehlen.

¹³ Bei einer Betonkernaktivierung werden die wärmeträgerführenden Rohrleitungen in die tragende Betondecke eingebaut.

3.2.2 Warmwasserbereitung

Wärmepumpen können nicht nur zur Raumheizung eingesetzt werden, sondern auch zur Warmwasserbereitung (WWB). Bei der Dimensionierung solcher Anlagen sind zwei wesentliche Anforderungen zu berücksichtigen, welche jedoch zu unterschiedlichen Anlagenauslegungen führen:

1. Aus hygienischen Gründen soll das gespeicherte Warmwasservolumen so klein wie möglich sein
2. Je kleiner das Speichervolumen, desto höher muss die Leistung des Wärmeerzeugers sein, um die notwendige Warmwasserzapfmenge decken zu können

Neben diesen Anforderungen sind natürlich auch die Aspekte Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit miteinzubeziehen. Das bedeutet, dass die Planung von Anlagen zur Warmwasserbereitung mittels Wärmepumpe eine große Sorgfalt erfordert.

Die Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe kann auf verschiedene Arten erfolgen:

- Zentrale WWB mittels einer Warmwasser-Wärmepumpe
- Zentrale WWB mittels Wärmepumpe und Warmwasserspeicher
- Zentrale WWB mittels Wärmepumpe und Energiespeicher mit einem zentralen Frischwassermodul
- Dezentrale WWB mittels Wärmepumpe und Energiespeicher mit dezentralen Frischwassermodulen

Aufgrund unterschiedlicher Anforderungen wird bei der Auswahl bzw. der Dimensionierung von Warmwasser-Versorgungsanlagen in Kleinanlagen für private Ein- und Zweifamilienhäuser bzw. für Wohnungen mit dezentraler Warmwasserbereitung und in Großanlagen für den mehrgeschossigen Wohnbau bzw. öffentliche Anlagen mit zentraler Warmwasserbereitung unterschieden. Details und prinzipielle Möglichkeiten für Warmwasserbereitungssysteme für Klein- und Großanlagen finden sich im Anhang (S.60).

Ob die Warmwasserbereitung mit der Heizungs-Wärmepumpe oder separat erfolgen soll bzw. auf welche Art das Wasser erwärmt wird, hängt von vielen Randbedingungen wie Nutzerbedürfnisse, Hygiene, Effizienz und Wirtschaftlichkeit ab. Daher sind alle Aspekte bei jeder Planung und Dimensionierung solcher Anlagen immer zu berücksichtigen. Auf jeden Fall wird ein Frischwassersystem empfohlen.

Aus hygienischen Gründen muss das gespeicherte Warmwasservolumen so klein wie möglich sein und der Einbau eines Frischwassersystems ist anzustreben.

Je kleiner das Speichervolumen, desto höher muss die Leistung des Wärmeerzeugers sein, um den notwendigen Warmwasserbedarf decken zu können.

Bei der Auswahl des geeigneten Anlagenkonzepts sind die individuellen Nutzerbedürfnisse, Effizienz und Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen.

3.3 Kühlen und Entfeuchten

Wärmepumpen haben den Vorteil, dass sie neben der Wärmeversorgung auch zu Kühlzwecken eingesetzt werden können. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei der Entfeuchtung der Zuluft eine Vorlauftemperatur von etwa 6° C erforderlich ist. Zur reinen Kühlung, also zur Abfuhr der Kühllast, werden hingegen nur ca. 16° C benötigt. Erfolgt die Kühlung nicht über die Zuluft sondern über Bauteile (z.B. Bauteilaktivierung, Kühldecken), muss auf die minimal zulässige Vorlauftemperatur geachtet werden, um Kondensatbildung zu vermeiden.

3.3.1 Freie Kühlung

Bei der freien Kühlung (engl. Direct Cooling oder Free Cooling) kann die Wärmequellenanlage (z.B. Untergrund oder Grundwasser) zur Kühlung des Wärmeträgers genutzt werden. Der abgekühlte Wärmeträger ist über einen Wärmeübertrager mit dem Kühlsystem verbunden. In diesem Betrieb wird nur für die Umwälzpumpe elektrische Energie benötigt. Es ist darauf zu achten, dass die Wärmequellenanlage im Sommer eine ausreichend niedrige Temperatur hat, um den Wärmeträger genug abzukühlen. Direct Cooling kann auch zur Deckung der Kühllast in den Übergangszeiten herangezogen werden. Für Kühlspitzen wird dann die Wärmepumpe im Kühlmodus hinzugeschaltet. Freie Kühlung mit Grundwasser stößt in Wien häufig an ihre Grenzen, da die Temperatur des Grundwassers dafür teilweise zu hoch ist.

3.3.2 Aktive Kühlung – Kreislaufumkehr

Manche Wärmepumpen werden mit der Möglichkeit einer Kreislaufumkehr ausgeführt. In diesem Fall ermöglicht beispielsweise ein 4-Wege-Umschaltventil innerhalb der Wärmepumpe einen Kühlbetrieb. Durch eine interne Umlenkung des Kältemittelstroms wird die Funktion der Wärmeübertrager vertauscht. Die Wärmeabgabe erfolgt auf der Umgebungsseite, die Wärmeaufnahme auf der Gebäudeseite.

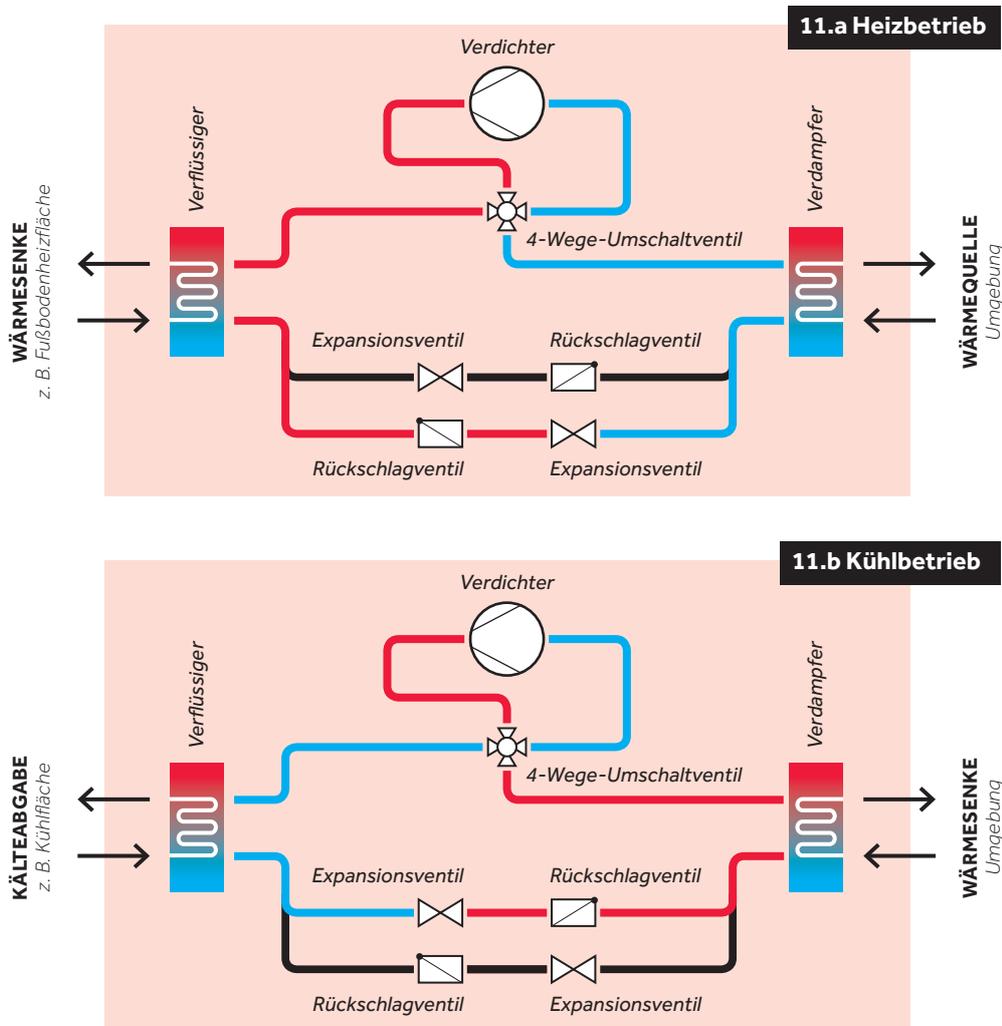


Abb. 11 Hydraulisches Schema der Kreislaufumkehr; 11.a Heizbetrieb, 11.b Kühlbetrieb

Quelle: AIT 2013

3.3.3 Aktive Kühlung – hydraulische Umschaltung

Der Kühlbetrieb kann auch mit einer Wärmepumpe ohne Kreislaufumkehr erfolgen, indem die Umschaltung außerhalb der Wärmepumpe durch eine hydraulische Verschaltung realisiert wird. In ABB. 12 wird eine Verschaltung dargestellt, mit der Direct Cooling, reiner Kühlbetrieb, reiner Heizbetrieb und gleichzeitiges Heizen und Kühlen möglich ist.

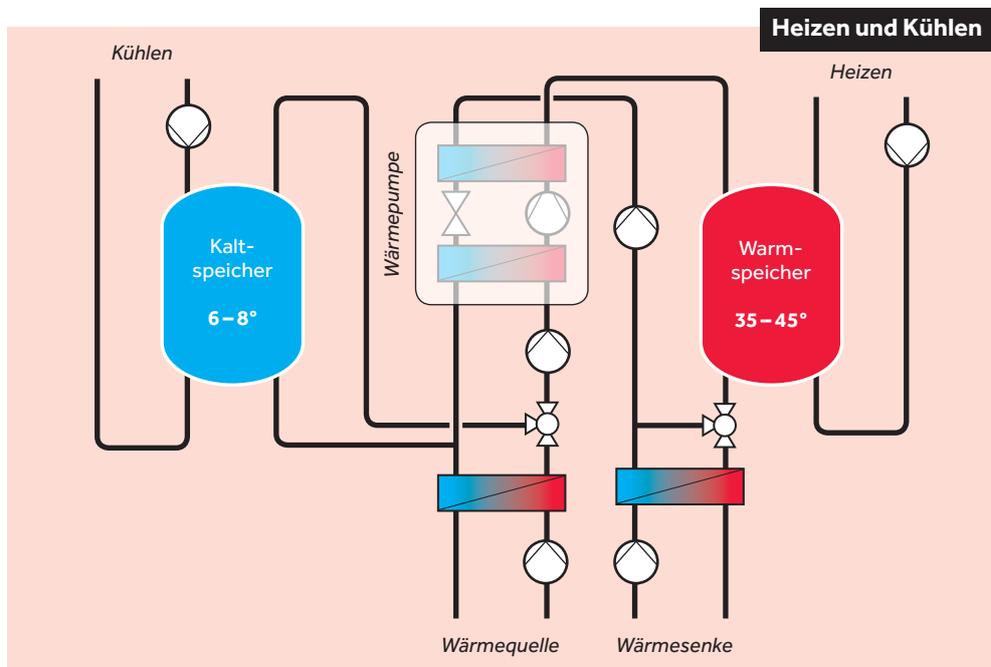


Abb. 12 Beispielschema zur hydraulischen Umschaltung bei Heizen und Kühlen Quelle: AIT 2013

Verbesserungen können durch sogenannte Hochtemperatur-Kühlsysteme und Niedertemperatur-Heizungssysteme, die auch als Low-ex-Systeme (Niedrig-Energie-Systeme) bezeichnet werden, erreicht werden. Das Prinzip dieser Systeme beruht darauf, den Temperaturhub¹⁴ im Wärmepumpen-Kaltwassersatz so klein wie möglich zu halten. Das Kaltwasser zur Entfeuchtung mit einer Temperatur von 6°C wird durch einen Kaltwassersatz erzeugt. Ein zweiter Kaltwassersatz erzeugt Kaltwasser mit einer Temperatur von 16°C zur Abfuhr der Kühllast. Wenn man davon ausgeht, dass in einem großen Gebäude ohnedies mehr als ein Kaltwassersatz installiert wird, ergeben sich die Mehrkosten zur Kälteerzeugung lediglich aus der aufwendigeren Verrohrung.

14 Temperaturdifferenz, die die Wärmepumpe leisten muss, um die Temperatur der Quelle auf die in der Wärmesenke benötigte Temperatur zu bringen.

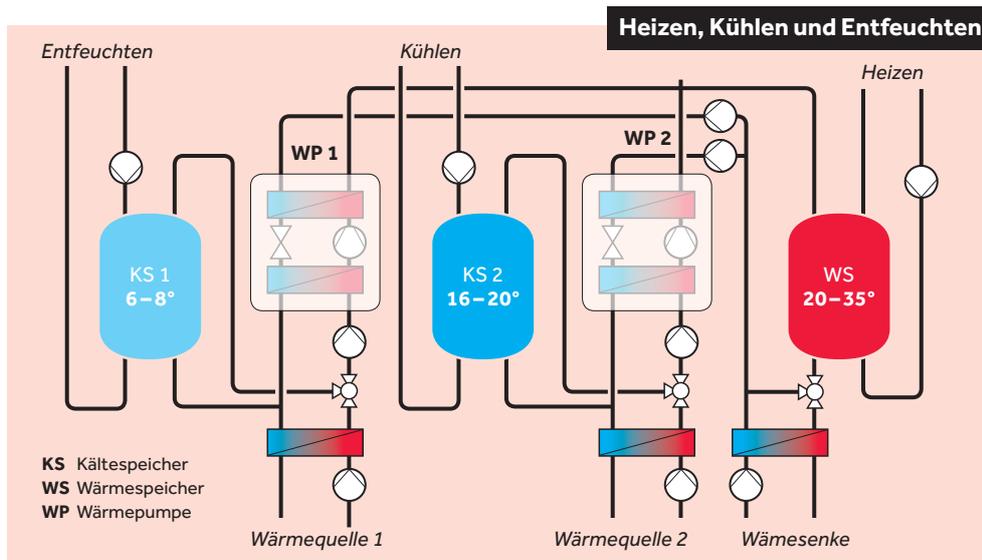


Abb. 13 Beispielschema zur hydraulischen Umschaltung bei Heizen, Kühlen u. Entfeuchten Quelle: AIT 2013

Durch den Doppelnutzen der Wärmepumpen als Heiz- bzw. Kühlgerät können die Investitionen von Heizkessel und die Rückkühleinrichtung eingespart werden. Wodurch sich solche Anlagen oft in sehr kurzer Zeit amortisieren.

Wird die Wärmepumpe auch zum Kühlen verwendet, sollte das benötigte Kaltwasser nicht unter das dafür notwendige Temperaturniveau abgekühlt werden.

Soll die Zuluft auch entfeuchtet werden, ist es ratsam, das hierfür benötigte Kaltwasser (6°C) separat zu erzeugen. Die Doppelnutzung der Wärmepumpe als Heiz- und Kühlgerät spart Investitionskosten.

3.4 Betriebsweisen von Wärmepumpenanlagen

Der vorhandene Wärmebedarf kann entweder nur durch eine Wärmepumpe oder durch eine Wärmepumpe in Kombination mit einem anderen Wärmeerzeuger gedeckt werden. Welche Betriebsweise ökonomisch und ökologisch die sinnvollste ist, hängt vor allem vom Gebäude, der Nutzung und den vorhandenen Umgebungsbedingungen ab. Im Folgenden werden die möglichen Betriebsweisen dargestellt.

3.4.1 Monovalente Betriebsweise

Bei einer monovalenten Betriebsweise wird der Wärmebedarf ausschließlich von der Wärmepumpe bereitgestellt. Es kommt kein weiterer Wärmeerzeuger zum Einsatz.

3.4.2 Bivalente Betriebsweise

Bei einer bivalenten Betriebsweise sind sowohl eine Wärmepumpe als auch ein weiterer Wärmeerzeuger vorhanden. Die Wärmepumpe kann mit dem zweiten Wärmeerzeuger entweder abwechseln oder ergänzen. Der Punkt der Um-, bzw. Zuschaltung wird als Bivalenzpunkt bezeichnet. Die richtige Wahl des Bivalenzpunktes hat großen Einfluss auf die ökonomische und ökologische Effizienz der Anlage. Der Vorteil einer bivalenten Anlage liegt darin, dass die Wärmepumpe und die Wärmequellenanlage nicht auf die maximale Heizlast ausgelegt

werden müssen. Dies verringert die Investitionskosten für die Wärmepumpenanlage in den meisten Fällen deutlich.

Beim bivalent-alternativen Betrieb deckt die Wärmepumpe den Wärmebedarf solange wie möglich. Liegt die benötigte Vorlauftemperatur über dem Einsatzbereich der Wärmepumpe, wird sie abgeschaltet und der alternative Wärmeerzeuger übernimmt die Wärmebereitstellung komplett.

Beim bivalent-parallelen Betrieb deckt die Wärmepumpe den Wärmebedarf solange die Leistung ausreicht. Ist die benötigte Heizleistung höher, wird der zweite Wärmeerzeuger zugeschaltet und erbringt die restliche, noch benötigte Leistung.

Der monoenergetische Betrieb stellt eine Sonderform der bivalenten Betriebsweise dar. Hierbei wird der zusätzliche Wärmeerzeuger mit der gleichen Energieform (Strom) wie die Wärmepumpe betrieben. In diesem Fall wird die Wärmepumpe so ausgelegt, dass diese beinahe die gesamte benötigte Wärmeenergie bereitstellt. Der elektrische Heizstab kommt nur bei absoluten Spitzenlasten beziehungsweise als Back-up zum Einsatz.

Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern fungiert die Wärmepumpe in den meisten Fällen als einziger Wärmeerzeuger. Bei Außenluft als Wärmequelle ist ein zweiter Wärmeerzeuger ratsam.

3.5 Systemkombinationen mit anderen erneuerbaren Technologien

3.5.1 Kombination mit Photovoltaik

Bei einer Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik (PV) ergänzen sich die beiden Technologien gut, da der von der Photovoltaikanlage produzierte Strom teilweise direkt durch die Wärmepumpe genutzt werden kann, nur der Überschuss wird in einem anderen Bereich genutzt oder ins elektrische Netz eingespeist.

Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

- erhöhter Eigenverbrauch
- höhere Wirtschaftlichkeit (in Abhängigkeit des Einspeisetarifs des Energieversorgers bzw. des Fördermodells)
- Strombedarf der Wärmepumpe wird teilweise durch nachhaltig erzeugte Energie gedeckt

Besonders vorteilhaft ist diese Kombination, wenn die Wärmepumpe nicht nur zum Heizen, sondern auch zum Kühlen verwendet wird. In diesem Fall kann im Sommer die große Menge an PV-Strom nicht nur für die Warmwasserbereitung, sondern auch für eine eventuelle Kühlung genutzt werden.

3.5.2 Kombination mit Solarthermie

Je höher die im Heizungs- oder Warmwassersystem benötigte Vorlauftemperatur, desto ineffizienter arbeitet die Wärmepumpe. Sofern ein Niedertemperaturheizungssystem vorhanden ist, treten die höchsten benötigten Vorlauftemperaturen bei der Warmwasserbereitung auf. Solarkollektoren können zu einem großen Teil des Jahres, vor allem im Sommer und in der Übergangszeit, das nötige Temperaturniveau für das Warmwasser bereitstellen. In der Heizperiode kann die solarthermische Anlage zur Unterstützung der Wärmequellenanlage dienen und somit den Jahresnutzungsgrad der Solaranlage erhöhen, siehe **ABB. 14**.

Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

- Liefert die Solaranlage ausreichend Energie für die Warmwasserbereitung kann die Wärmepumpe außerhalb der Heizperiode abgeschaltet bleiben, wodurch sich die Lebensdauer der Wärmepumpe erhöht
- Solarthermie-Anlage nimmt der Wärmepumpe also teilweise ungünstige Betriebszustände ab
- höhere Jahresarbeitszahl des Gesamt-Systems¹⁵
- bei einer Wärmepumpe mit oberflächennaher Wärmequellenanlage kann der solare Überschuss zur Regeneration des Untergrunds herangezogen werden

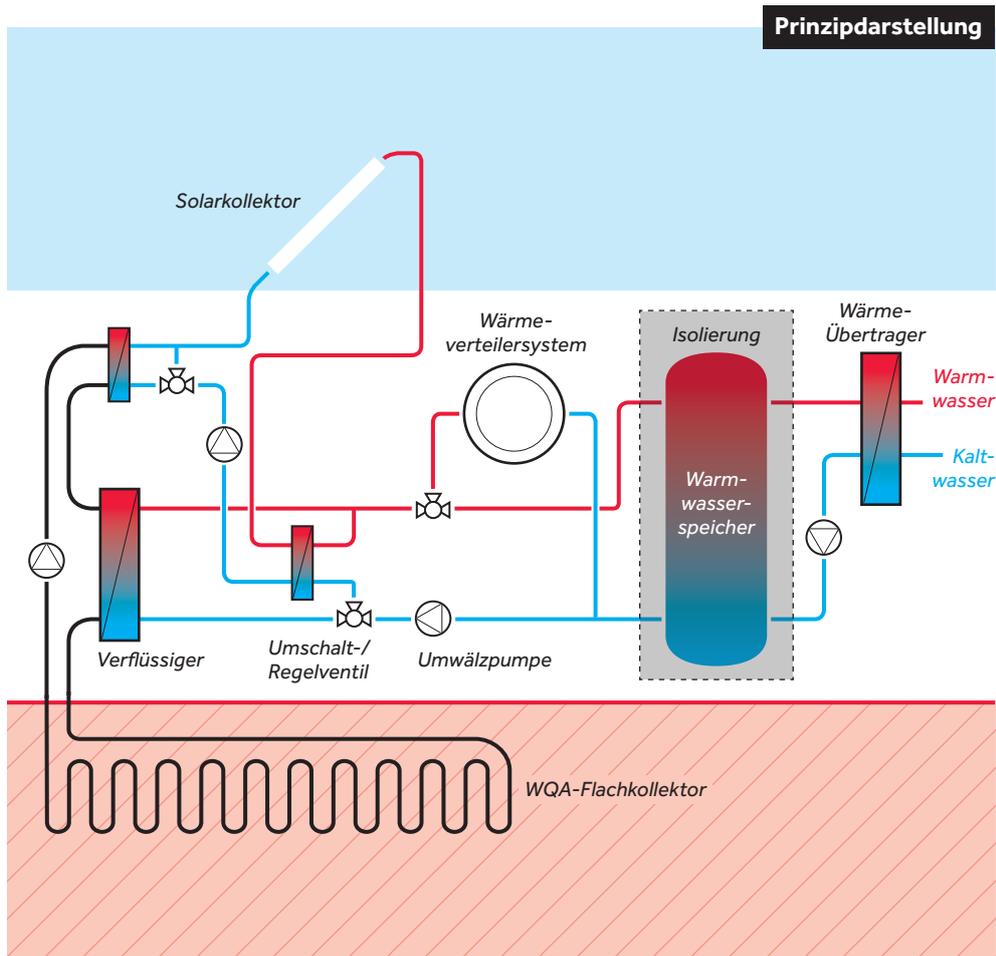


Abb. 14 Prinzipdarstellung einer Wärmepumpenheizungsanlage kombiniert mit einer solarthermischen Anlage zur teilsolaren Raumheizung, Warmwasserbereitung mit Frischwassersystem und Regeneration der Wärmequellenanlage *Quelle: AIT 2013*

Auch die Kombination mit einer Photovoltaikanlage oder mit einer solarthermischen Anlage ist ökologisch sinnvoll.

¹⁵ Mit der Jahresarbeitszahl des Gesamt-Systems wird die Effizienz der Wärmepumpe- und der Solaranlage zusammengefasst.

3.6 Thermisch angetriebene Wärmepumpen in der Sanierung

Besonders in städtischen Bereichen gibt es einen sehr hohen Anteil an Bestand-Gebäuden, welche bereits mit einer Zentralheizung ausgestattet wurden. Diese Gebäude haben oft einen höheren Wärmebedarf und benötigen daher Heizgeräte, die höhere Heizungsvorlauftemperaturen bis etwa 60 – 70°C bereitstellen können. Dies ist derzeit entweder mit Hochtemperatur-Kompressions-Wärmepumpen oder mit thermisch angetriebenen Wärmepumpen möglich.

3.6.1 Kompressions-Wärmepumpen mit höheren Vorlauftemperaturen

Wärmepumpen mit einem herkömmlichen Kältekreislauf, siehe **ABB. 4**, sind mit den üblichen Kältemitteln die Vorlauftemperaturen mit etwa 55°C begrenzt. Eine seit einigen Jahren am Markt vorhandene Weiterentwicklung sind Kältekreisläufe mit einer sogenannten Dampfeinspritzung, bei der Kältemitteldampf direkt in den Verdichtungsprozess eingespritzt wird. Damit werden trotz des hohen Temperaturhubes keine zu hohen Kältemitteltemperaturen am Austritt des Verdichters und trotzdem mit Niedertemperatur-Wärmepumpen vergleichbare Leistungszahlen erreicht.

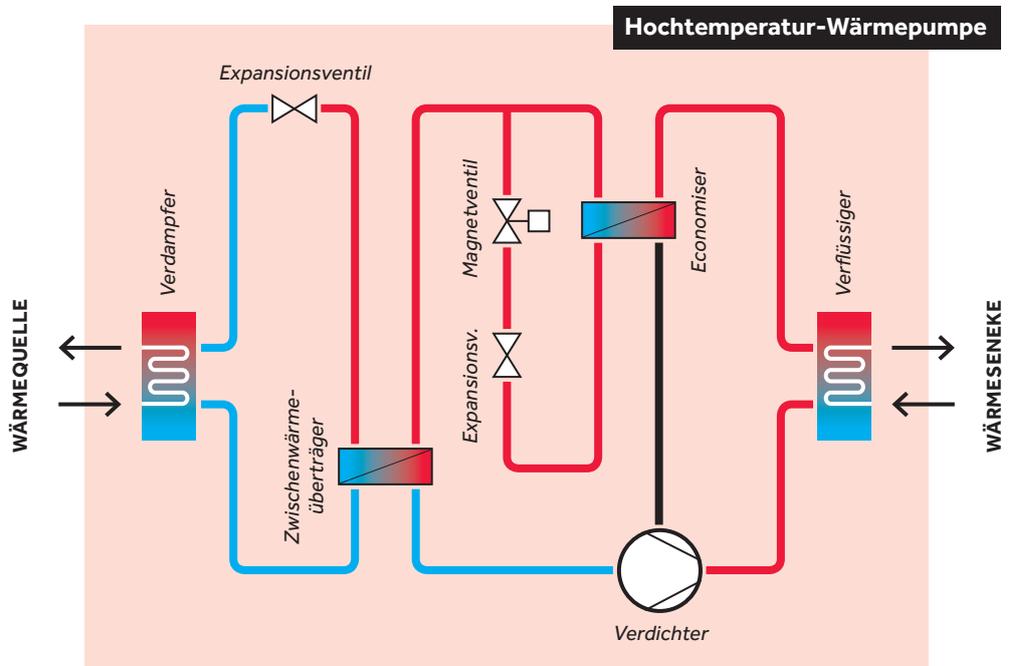


Abb. 15 Schema einer Hochtemperatur-Wärmepumpe Quelle: AIT 2013

Mit solchen Hochtemperatur-Wärmepumpen ist es daher möglich, bei bestehenden, mit fossilen Brennstoffen versorgten Heizungsanlagen, die alten Heizgeräte mit reduziertem Umrüstkosten zu ersetzen.

3.6.2 Anwendungen von thermisch angetriebenen Wärmepumpen

Die in 2.4 beschriebenen thermisch angetriebenen Wärmepumpen bzw. Gas-Wärmepumpen stellen eine Weiterentwicklung der etablierten Gasbrennwerttechnik dar. Solche Systeme können, wie in ABB. 16 dargestellt, pro eingesetzte Kilowattstunde, Erdgas zwischen 1,2 und 1,6 kWh Wärme durch die zusätzliche Nutzung von Umweltwärme erzeugen. Mit dieser Technologie lassen sich somit im Vergleich zu rein fossilen Heizgeräten der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen deutlich reduzieren.

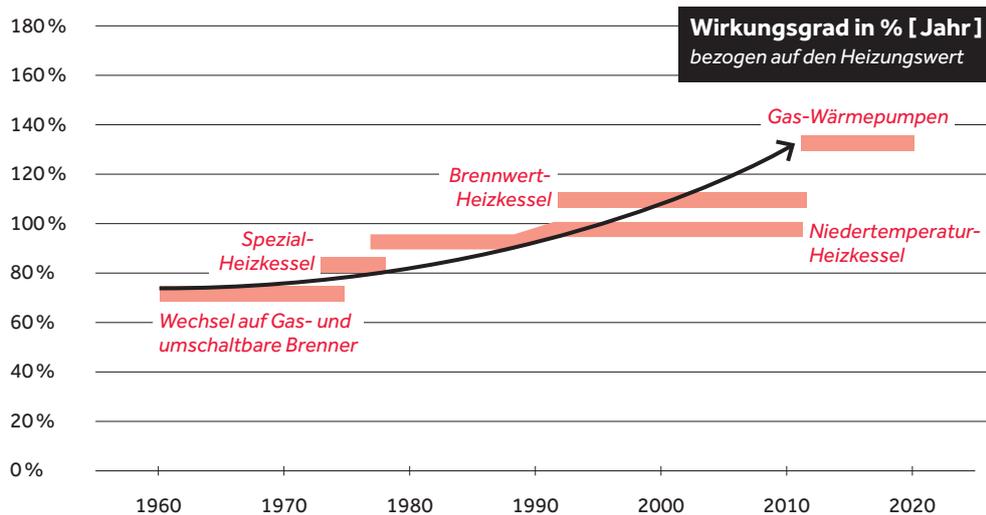


Abb. 16 Wirkungsgradvergleich von Gasgeräten Quelle: sbz-online.de 2013

Bei einer Modernisierung des Heizungssystems können bestehende Heizflächen, wie Fußbodenheizungen und Radiatoren in der Regel weiterverwendet werden bzw. sind Pufferspeicher nicht erforderlich. Für die Abgasabführung können die von der Brennwerttechnik bekannten Kaminsysteme verwendet werden. Damit hält sich der bauseitige Aufwand im Falle eines Austausches der Heizungsanlage in Grenzen. Es lassen sich alle bekannten Wärmequellen wie Abwasser, Wasser, Erdreich, Luft und Sonne nutzen, können jedoch im Vergleich zu Kompressions-Wärmepumpen kleiner dimensioniert werden.

Bei der Nutzung von Außenluft als Wärmequelle haben Gaswärmepumpen auch bei niedrigen Außentemperaturen die notwendige Heizleistung, da, wenn weniger Wärme aus der Umgebung zur Verfügung steht, der Gasbrenner die notwendige Heizleistung bereitstellt. Somit ist in der Regel kein weiterer Wärmeerzeuger erforderlich.

Für den Fall eines Heizkesseltausches sind spezielle Kompressions- und gasbetriebene Wärmepumpen mit höheren Vorlauftemperaturen verfügbar.

Es sollte jedoch unbedingt vor einem Kesseltausch die Möglichkeit einer vorherigen thermischen Sanierung des Gebäudes überprüft werden.

4. ÜBERBLICK ÜBER RELEVANTE TECHNOLOGIEN

Der folgende Technologievergleich bietet einen Überblick über die relevanten Technologien. Die Vor- und Nachteile sowie die Voraussetzungen der verschiedenen Quellen werden ersichtlich. Eine wichtige Basis für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe ist ein Niedertemperaturheizungs-system. Außerdem muss die Wärmequellenanlage ausreichend groß geplant werden. Eine Überdimensionierung der Wärmepumpe ist nicht sinnvoll. Um den Umwelteinfluss noch weiter zu verringern, kann die benötigte elektrische Energie der Wärmepumpe aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden. Beispielsweise durch eine eigene Photovoltaikanlage oder durch den Bezug von Öko-Strom.

32

Quelle	Wasser/Wasser	Direktverdampfung/Wasser	
	Grundwasser	Flachkollektor	Flachkollektor
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • 200 l/h pro kW Heizleistung (Probebohrung, Pumpversuch) • ausreichende Grundwasserqualität • EFH*¹: Grundwasserspiegel in max. 15 m Tiefe 	Platzbedarf vorhanden	Platzbedarf vorhanden
Platzbedarf (außerhalb Technikraum)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 × Entnahmebrunnen • 1 × Sickerschacht • Abstand zwischen Brunnen abhängig von Grundwassergefälle und -mächtigkeit (in Grundwasserflussrichtung) 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 m²/kW Heizleistung • 1 m Abstand zu Grundstücksgrenze • 1,5 m Abstand zu Ver- und Entsorgungsleitungen (Kanal, Wasser etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • 40 m²/kW Heizleistung • 1 m Abstand zu Grundstücksgrenze • 1,5 m Abstand zu Ver- u. Entsorgungsleitungen (Kanal, Wasser etc.)
JAZ	3,5–5	3,5–4,5	3,5–4,5
Betriebskosten	++	+	+
Empfehlung	Um Verunreinigungen des Verdampfers zu vermeiden, Brunnenanlage mindestens zwei Tage laufen lassen, bevor die Wärmepumpe angeschlossen wird.	Kollektorfläche eher überdimensionieren als unterdimensionieren	Kollektorfläche eher überdimensionieren als unterdimensionieren
VT/NT	VT: ganzjährig stabile, hohe Quellentemperatur, hohe Effizienz, geringer Platzbedarf NT: nur unter bestimmten Randbedingungen möglich	VT: bei Neubau geringer Mehraufwand NT: Flächenverlust für z.B. Pool	VT: bei Neubau geringer Mehraufwand NT: Flächenverlust für z.B. Pool
Betriebsweise	monovalenter Betrieb	monovalenter Betrieb	monovalenter Betrieb
Genehmigungen	wasserrechtliches Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> • Anzeigeverfahren • in bestimmten Fällen (VGL. KAP. 9.3.3) wasserrechtliches Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzeigeverfahren • in bestimmten Fällen (VGL. KAP. 9.3.3) wasserrechtliches Verfahren

Sole/Wasser		Luft/Wasser	
Erdwärmesonden	Abwasser	Außenluft	Abluft
<ul style="list-style-type: none"> geeigneter Untergrund benötigte Tiefe: 25 m/kW Heizleistung 	<ul style="list-style-type: none"> Abwassermenge: mind. 20 l/s Fließgeschwindigkeit: mind. 0,2 m/s 	<ul style="list-style-type: none"> ausreichender Abstand zwischen Zu- und Abluftkanal Split-Gerät: Schallschutz sicherstellen, frostsicherer Kondensatablauf 	Gebäude mit mechanischer Lüftungsanlage
<ul style="list-style-type: none"> Sondenabstand: ca. 10 m 2,5 m Abstand zu Grundstücksgrenze 1,5 m Abstand zu Ver- und Entsorgungsleitungen (Kanal, Wasser etc.) 	0,5 – 1 m ² Rohrkollerktorfläche pro kW Heizleistung	<ul style="list-style-type: none"> Split-Gerät: herstellerspezifisch Innenaufstellung: keiner 	keiner
3,5 – 5	3,5 – 4,5	2,5 – 3,5	3,5 – 4,5 (stark abhängig von Temperaturniveau der Abluft)
++	+	~ *2	+
<ul style="list-style-type: none"> wenige tiefe Sonden ermöglichen effizienteren Betrieb als viele seichte Sonden Sondenlänge eher überdimensionieren als unterdimensionieren 	<ul style="list-style-type: none"> ab 100 kW Anlagengröße wirtschaftlich möglichst geringe Entfernung zwischen Wärmeabnehmer und Wärmequelle (Abwasserrohr) 	Außengerät oder Luftansaugung an Südseite des Gebäudes	ein Niedertemperaturheizungssystem ermöglicht höhere Effizienz als ein wassergeführtes Nachheizregister zur Beheizung der Zuluft
VT: ganzjährig hohe, stabile Quellentemperatur, hohe Effizienz, geringer Platzbedarf NT: höhere Investitionskosten	VT: ganzjährig hohe, stabile Quellentemperaturen NT: Wärmeübertrager in Abwasserrohr muss gereinigt werden (ca. 2 × pro Jahr)	VT: niedrigere Investitionskosten, geringer Platzbedarf NT: geringe Effizienz höhere Betriebskosten	VT: geringer zusätzlicher Installationsaufwand NT: stark abhängig von Temperaturniveau*3 und Menge der Abluft
monovalenter Betrieb	bivalenter oder monoenergetischer Betrieb	bivalenter oder monoenergetischer Betrieb	bivalenter oder monoenergetischer Betrieb
<ul style="list-style-type: none"> Anzeigeverfahren in bestimmten Fällen (VGL. KAP. 9.3.3) wasserrechtliches Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> wasserrechtliche Genehmigung Auflagen von Kanalnetzbetreiber 	Bauerlaubnis oder Bauanzeige für Außengerät	keine

*1 EFH = Einfamilienhaus

*2 Die Außenluft-Wärmepumpe dient als Basis für den Betriebskostenvergleich zwischen den Technologien.

*3 Das Temperaturniveau von Bereichen bei denen Wärme abgeführt werden muss (z.B. Serverräume) ermöglicht eine höhere Effizienz der Wärmepumpenanlage.

5. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNGEN UND KOSTENEINSPARUNGSPOTENZIALE

Heizungsanlagen mit Wärmepumpen verursachen zunächst höhere Investitionskosten als konventionelle Heizungssysteme, jedoch stehen diesen Kosten deutlich geringere Betriebskosten gegenüber. Damit der/die BauherrIn leichter die für ihn/sie richtige Entscheidung treffen kann, ist hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eine umfassende Beratung notwendig.

Bei der Analyse der Wirtschaftlichkeit ist darauf zu achten, dass diese mit der dynamischen Investitionsrechnung, z.B. gemäß VDI 2067¹⁶, durchgeführt wird und alle Kostenfaktoren inklusive der Preissteigerungen berücksichtigt werden, die für eine korrekte Beurteilung notwendig sind. Zu den notwendigen Kostenfaktoren zählen die der Erstinvestition wie auch die der Ersatzinvestitionen, die notwendig werden, wenn Bauteile der Anlage auszutauschen sind, weiters die bedarfsgebundenen Kosten, die Kosten für Wartung und Bedienung enthalten und die verbrauchsgebundenen Kosten, zu denen die Energiekosten zählen.

5.1.1 Einfamilienhaus

So ergeben sich für ein Neubaeinfamilienhaus in Wien mit einer Wohnnutzfläche von 150 m² und einem spez. Heizwärmebedarf von 35 kWh/m².a und für die unterschiedlichen Heizungssysteme folgende durchschnittliche Wärmegestehungskosten für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.

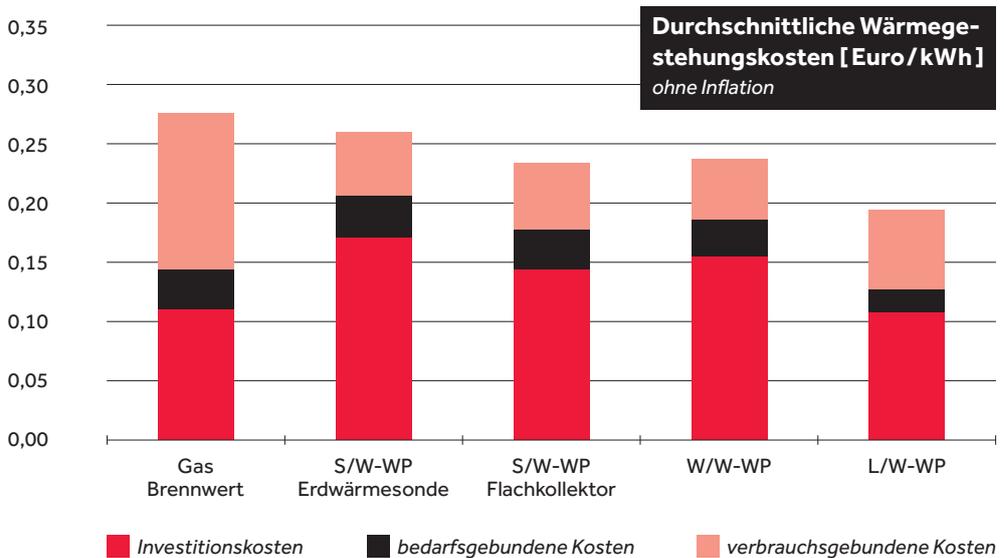


Abb. 17 Durchschnittliche Wärmegestehungskosten der Anlagen für Einfamilienhaus Quelle: AIT 2013

¹⁶ VDI 2067, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenrechnung

¹⁷ Laut Wiener Bauordnung sind Gas-Brennwert-Geräte mit solarthermischen Anlagen zu kombinieren.

ABB. 17 zeigt die Wärmegestehungskosten über den Betrachtungszeitraum. Es wird ersichtlich, dass bei den Wärmepumpenanlagen (ausgenommen Luft/Wasser-Wärmepumpen) die Investitionskosten überwiegen. Durch geringe verbrauchsgebundene Kosten, also Kosten für elektrische Energie, sind sie über die Nutzungsdauer des Gebäudes wirtschaftlicher. Bei Gas-Brennwert-Anlagen¹⁷ sind die verbrauchsgebundenen Kosten die dominierende Größe. Dies hat zur Folge, dass eine Änderung der Kosten für den Brennstoff Gas einen großen Einfluss auf die Kosten über die Betriebsdauer hat.

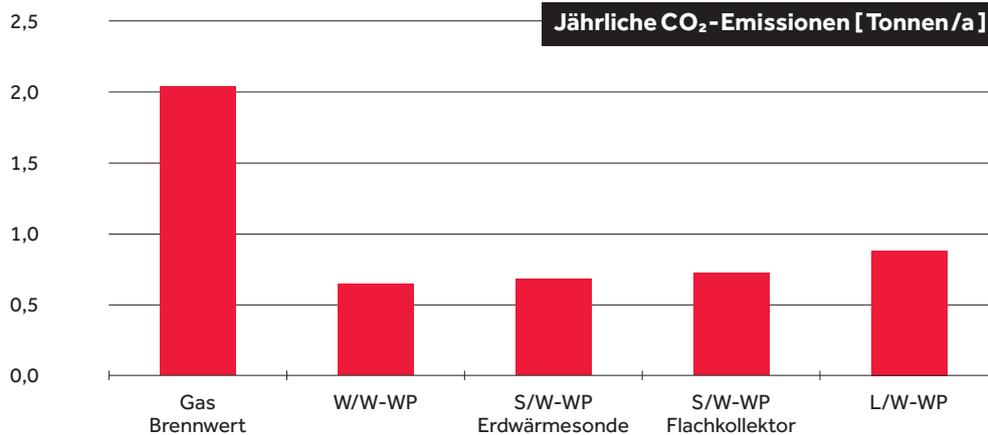


Abb. 18 Jährliche CO₂-Emissionen der untersuchten Anlagen für Einfamilienhaus Quelle: Daten: UBA 2003, Biermayer 2013 (Darstellung AIT 2013)

In **ABB. 18** sind die CO₂-Emissionen der unterschiedlichen Wärmebereitstellungsanlagen pro Jahr dargestellt. Dieser Vergleich zeigt, dass die CO₂-Emissionen aller Wärmepumpenanlagen unter denen von Gas-Brennwertkesseln liegen. Beim Vergleich zwischen den Wärmepumpenanlagen bietet die Wärmequelle Grundwasser die ökologischste Alternative, knapp gefolgt von erdgekoppelten Wärmequellenanlagen.

5.1.2 Mehrgeschossiger Wohnbau

Für ein Wohnhaus in Wien mit 30 Wohneinheiten und einem spez. Heizwärmebedarf von 30 kWh/m².a und den betrachteten Heizungssystemen ergeben sich folgende durchschnittliche Wärmegestehungskosten.

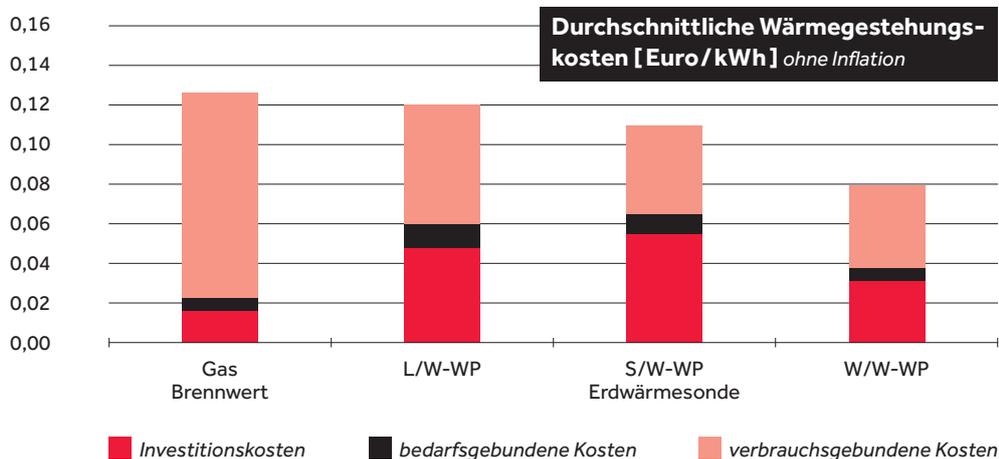


Abb. 19 Wärmegestehungskosten der Anlagen für Mehrfamilienhaus Quelle: AIT 2013

ABB. 19 zeigt die durchschnittlichen Wärmegestehungskosten über den Betrachtungszeitraum. Es wird ersichtlich, dass bei den Wärmepumpenanlagen die Investitionskosten einen größeren Anteil im Vergleich zum Gas-Brennwertkesseln haben. Durch geringe verbrauchsgebundene Kosten für die elektrische Energie sind Wärmepumpen über die Nutzungsdauer des Gebäudes wirtschaftlicher. Bei Gas-Brennwert-Anlagen¹⁸ überwiegen die verbrauchsgebundenen Kosten, da sich die Preissteigerung des Erdgases im Betrachtungszeitraum stärker auswirkt.

¹⁸ Laut Wiener Bauordnung sind Gas-Brennwert-Geräte mit solarthermischen Anlagen zu kombinieren.

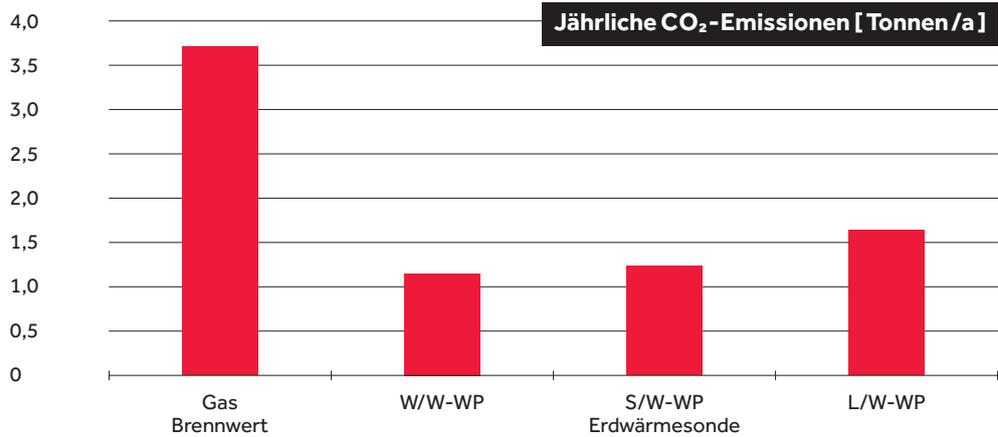


Abb. 20 Jährliche CO₂-Emissionen der untersuchten Anlagen für Mehrfamilienhaus
Quelle: Daten UBA 2003, Biermayer 2013 (Darstellung AIT 2013)

In **ABB. 20** sind die CO₂-Emissionen der unterschiedlichen Wärmebereitstellungsanlagen pro Jahr dargestellt. Dieser Vergleich zeigt, dass die CO₂-Emissionen aller Wärmepumpenanlagen unter den Emissionen von Gas-Brennwertkesseln liegen.

6. AUSBLICK AUF ZU ERWARTENDE ENTWICKLUNGEN

Das Hauptanwendungsgebiet von Wärmepumpen ist im Moment noch im Bereich der Raumheizung mit niedrigen Vorlauftemperaturen $< 35^\circ\text{C}$ zu finden. Die für den Austauschsektor angebotenen Wärmepumpen weisen schon heute mit den Niedertemperatur-Wärmepumpen vergleichbare Leistungszahlen auf. Um die Wärmepumpentechnologie für den Tausch von bestehenden Öl- oder Gaskessel und damit für den Betrieb mit höheren Vorlauftemperaturen ($> 45^\circ\text{C}$) noch interessanter zu machen, bedarf es weiterer Entwicklungen in Richtung hocheffiziente Hochtemperatur-Wärmepumpen. Die aktuellen Marktentwicklungen (VGL. EHPA 2012) zeigen hohe Marktanteile von Luft/Wasser-Wärmepumpen mit weiterer steigender Tendenz. Diese werden vor allem in der Sanierung eingesetzt, da sie mit geringen baulichen Maßnahmen umgesetzt werden können.

Durch den jahrzehntelangen Einsatz der Wärmepumpentechnologie unterlag diese Technologie einem laufenden Verbesserungsprozess, der zu sehr ausgereiften und betriebssicheren Geräten geführt hat. Das Ziel der weiteren Optimierungsmaßnahmen ist eine weitere Steigerung der Effizienz. Das Leitbild ist die schrittweise Annäherung des realen Kreisprozesses an den idealen Kältekreislauf, der nur theoretisch erreicht werden kann und damit einen Benchmark für die maximal erreichbare Effizienz darstellt. Die weiteren zu erwartenden Entwicklungen behandeln deshalb Teilbereiche der Wärmepumpe (Komponenten), die Regelung und die optimale Systemintegration. Weiters gibt es Tendenzen hin zu neuen Einsatzgebieten wie zum Beispiel Wärmepumpen in industriellen Prozessen und Fernwärmeanwendungen.

Der Einsatz von Wärmepumpen in industriellen Prozessen und die Integration in Fernwärmenetze stellt im Vergleich zu herkömmlichen Anwendungen (Heizung, Warmwasser) andere Anforderungen an die Temperaturniveaus von Wärmequellen und -senken, da Wärmepumpen in diesen Anwendungen mit hohen Wärmequellen und -senkentemperaturen betrieben werden. Daraus ergibt sich weiterer Entwicklungsbedarf in den Themengebieten Verdichtertechnologie, Schmieröle, Kältemittel und Regelung.

Durch die Umsetzung der ErP-Richtlinie¹⁹ stehen nur mehr hocheffiziente Komponenten wie z.B. Umwälzpumpen, Ventilatoren und Verdichter als Bestandteile einer Wärmepumpenanlage zur Verfügung und steigern damit die gesamte Anlageneffizienz.

Durch den Einsatz leistungsgeregelter Wärmepumpen und der damit verbundenen Leistungsanpassung, die eine optimale Systemintegration ermöglichen, werden Effizienzsteigerungen von bis zu 30 % erwartet (Tippelt 2013). Speziell für Wärmepumpen, die als Wärmequelle Außenluft nutzen, führt die Leistungsanpassung zu einer Effizienzsteigerung und vereinfacht die Systemintegration. Zusätzliches Effizienzsteigerungspotenzial von Luft/Wasser-Wärmepumpen bieten optimierte Wärmeübertrager und Abtaustrategien für den Verdampfer. Die Eisbildung und damit notwendige Enteisung ist mit zusätzlichem Energieaufwand für die Aufrechterhaltung des Wärmepumpenbetriebes verbunden. Maßnahmen, die die Vereisung verhindern oder zumindest möglichst lange hinauszögern, werden die Effizienz dieser Systeme noch weiter steigern.

Ein weiterer Entwicklungsschritt im Bereich der Regelung ist hinsichtlich Interaktion mit anderen Technologien (Solarthermie, Photovoltaik) und elektrischen Netzen (Smart Grid) zu erwarten, damit aus den momentan nebeneinander betriebenen Anlagenteilen hochintegrative Systeme entstehen und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Systemkombinationen erhöht wird.

19 ErP-Richtlinie 2009/125/EG, Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energierelevanter Produkte

7. BEST-PRACTICE-BEISPIELE



7.1 aspern IQ

Gebäudetyp
Technologiezentrum

Baujahr
2012

Gesamtnutzfläche
rund 6.600 m²

Büroflächen
ca. 4.900 m²

**Produktions- und
Gewerbeflächen**
1.230 m²

Anwendung
Heizen, Kühlen

Wärmequelle
Grundwasser

Verteilssystem Heizen
Bauteilaktivierung
(VL 30°C /
RL 26°C)

Verteilssystem Kühlen
Bauteilaktivierung
(VL 17°C /
RL 21°C) ²⁰

Zusatzheizung
Fernwärme

Sonstiges
1.300 m²
Photovoltaikanlage
mit 130 kWp



Mit dem Technologiezentrum aspern IQ als erstes Gebäude in der Seestadt Aspern wurde von der Wirtschaftsagentur Wien eine moderne Infrastruktur für innovative und technikorientierte Unternehmen geschaffen. Das Gebäude erzeugt mehr Energie als es verbraucht.

So erfolgt die Beheizung und Kühlung der Mieteinheiten ausschließlich über eine Betonkernaktivierung. Hier werden in der Stahlbetondecke eingelegte Kunststoffrohre je nach Bedarf mit warmem oder kaltem Heizungswasser durchflossen. Mittels Zonenventile ist eine getrennte Ansteuerung innerhalb der Mieteinheiten möglich, sodass theoretisch sogar gleichzeitig eine Zone geheizt und eine andere gekühlt werden könnte.

Die Wärmeversorgung erfolgt mittels Nutzung der Abwärme aus den Serverräumen. Diese wird mittels Kleinwärmepumpen rückgewonnen, in Pufferspeicher zwischengelagert und bei Bedarf für die Beheizung mittels Betonkernaktivierung verteilt. Zur Abdeckung von Schwankungen kann ergänzend auch die Fernwärme zugeschaltet werden. Für die Kühlung der Mieteinheiten wird Grundwasser genutzt bzw. in der Übergangszeit – aufgrund des höheren Wirkungsgrades – automatisch ein Rückkühler (Free Cooling) zugeschaltet, der sich am Dach des Gebäudes befindet. Das Grundwasser wird zudem bei entsprechend niedrigen Temperaturen zur Vorwärmung der angesaugten Luft genutzt.

7.2 Bürogebäude STRABAG



Foto: Andreas Buchberger

Das STRABAG-Gebäude wurde im Jahr 2003 als Maßstab für zukünftige, multifunktionale Bürogebäude errichtet. Das 13-stöckige Gebäude umfasst etwa 35.000 m² Bürofläche und 4.000 m² Verkaufsfläche. Der Kühlbedarf liegt bei rund 2 MW, der Heizbedarf bei rund 1,7 MW. Das Gebäude wird von Bodenkonvektoren beheizt, die Kühlung erfolgt über mikroperforierte Kühldecken. Die Wärmequelle der Wärmepumpe ist das Erdreich, das über Energiepfähle und die Fundamentplatte erschlossen wird. Im Heizbetrieb wird Energie entzogen, im Kühlbetrieb wird das abgekühlte Erdreich wieder aufgewärmt und dadurch regeneriert. Der Kühlbetrieb erfolgt als freie Kühlung, sofern die direkte Temperatur des Erdreichs ausreicht. Ist dies nicht mehr möglich, wird in den aktiven Kühlbetrieb gewechselt (Presetschnik und Huber 2005).



Gebäudetyp
Bürogebäude

Baujahr
2003

Nutzfläche
21.000 m²

Anwendung
Heizen, Kühlen

Wärmequelle
Erdreich (Energiepfähle und Fundamentplatte)

Verteilsystem Heizen
Bodenkonvektoren
(VL 55°C / RL 45°C)²⁰

Verteilsystem Kühlen
Kühldecke und Zuluft
(VL 15°C/RL 17°C bzw.
VL 7°C / RL 13°C)

Zusatzheizung
2 × 250 kW elektrischer
Durchlauferhitzer

7.3 Amalienbad



Das 1924 im Art-déco-Stil erbaute Amalienbad wurde im zweiten Weltkrieg fast völlig zerstört und mit einem mächtigen Glasdach neu aufgebaut. Bei der Sanierung 2013 wurde die komplette Haustechnik erneuert. Die der Abluft durch Wärmerückgewinnung entzogene Energie kann wahlweise der Zuluft und/oder dem Beckenwasser zugeführt werden. Die Regelung der Kälteleistung erfolgt nahezu stufenlos zwischen 25 % und 100 %. Durch die gesamten Umbauten werden die Energie- und Wasserkosten um rund eine Million Euro pro Jahr gesenkt (o.V. 2013).



Gebäudetyp
Schwimmbad

Baujahr
1924 (2013 saniert)

Anwendung
Heizen

Installierte Kälteleistung
3 × 48 kW

Luftmenge
2 × 19.000 m³/h,
1 × 15.750 m³/h

Wärmequelle
Fortluft (nach
Wärmerückgewinnung)

Verteilsystem Heizen
Zuluft und Wärme-
tauscher im Becken

²⁰ VL Vorlauftemperatur
RL Rücklauftemperatur



7.4 Stihl

Gebäudetyp

Vertriebsgebäude

Baujahr

2012

Nutzfläche

5.500 m²

Anwendung

Heizen, Kühlen,
Warmwasserbereitung

Wärmequelle

Erdreich (Flachkollektor
unter Gebäude)

Installierte

Kälteleistung

2 × 178 kW

Verteilsystem Heizen

Fußbodenheizung
(VL 40°C/RL 30°C)
Torluftschleier und
Nachheizregister
in der Lüftung
(VL 45°C/RL 35°C)

Verteilsystem Kühlen

Zuluft (VL 10°C/RL 16°C)

Zusatzheizung

257 m² solarthermische
Flachkollektoren



Das Vertriebs-, Schulungs- und Logistikzentrum von Stihl hat eine Grundfläche von etwa 5.500 m² und besteht unter anderem aus Lagerflächen, Werkstätten, Büros und Ausstellungensräumen. Der Heizbetrieb erfolgt Großteils über eine Fußbodenheizung, die durch die Beheizung der Zuluft unterstützt wird. In den Büros wird somit eine minimale Raumtemperatur von 20° C sichergestellt, die Hallen werden auf mindestens 17° C beheizt. Die Raumtemperatur soll im Kühlfall 22° C betragen. Die Heizlast beträgt im Bürotrakt 83 kW und in der Halle 207 kW. Die berechnete Kühllast des Bürotraktes beträgt 75 kW.

Am Dach des Gebäudes sind rund 260 m² solarthermische Flachkollektoren angebracht, die im Sommer den Warmwasserbedarf abdecken und im Winter einen solarunterstützten Heizbetrieb ermöglichen. Weiters wird der Überschuss an solarer Wärme zur saisonalen Speicherung in Teile der Bodenplatte und das Erdreich eingespeichert. Dieser Erdspeicher dient den beiden umkehrbaren Sole/Wasser-Wärmepumpen im Winter als Quelle und im Sommer als Wärmesenke.



7.5 Mehrfamilienhaus Simmeringer Hauptstraße

Gebäudetyp

mehrgeschossiger
Wohnbau

Baujahr

2008

Nutzfläche

1.500 m²

Anwendung

Heizen und Warm-
wasserbereitung

Wärmequelle

Grundwasser

Installierte Heizleistung

1 × 85 kW (prim. für
Heizung), 1 × 26 kW (prim.
für WW-Bereitung)

Verteilsystem Heizen

Fußbodenheizung
(VL 35°C / RL 28°C)

Zusatzheizung

keine



Der 2008 errichtete Wohn- und Gewerbebau hat eine beheizte Fläche von etwa 1.500 m². Das Gebäude wurde in geschlossener Bauweise im 11. Wiener Gemeindebezirk gebaut. Als Wärmequelle dient Grundwasser, das über einen Brunnen erschlossen wird. Die Wärmeversorgung erfolgt über eine Fußbodenheizung. Eine zweistufig regelbare Wärmepumpe mit 85 kW Heizleistung stellt primär den Bedarf an Heizwärme zur Verfügung und unterstützt zusätzlich die Warmwasserbereitung. Eine einstufige Wärmepumpe mit 26 kW Heizleistung ist speziell für hohe Temperaturen bis 67° C geeignet. Sie ist für die hygienische Warmwasserbereitung zuständig und dient als Ausfallsicherung für die Heizung (Schwarz 2013).

7.6 Einfamilienhaus Wien



Das Einfamilienhaus wurde 2013 in einem Wiener Außenbezirk errichtet. Zwei 85 m tiefe Erdwärmesonden dienen als Wärmequelle im Winter und Wärmesenke im Sommer. Eine 8 kW Sole/Wasser-Wärmepumpe versorgt in Kombination mit einer 7,5 m² großen Solarthermieanlage ein Niedertemperaturheizsystem und einen 350 l Wärmwasserspeicher. Ein Kaltwasserspeicher dient im Sommer zur Pufferung von Kaltwasser, welches zur Kühlung des Gebäudes, das mit einer Bauteilaktivierung ausgestattet ist, verwendet wird.

Bei der 6 kWpeak Photovoltaikanlage wurde auf Eigenverbrauchsoptimierung geachtet. So erfolgt die Warmwasserbereitung über die Wärmepumpe beispielsweise bevorzugt in den frühen Nachmittagsstunden, wenn der größte Ertrag zu erwarten ist (Tschernigg 2013).



Gebäudetyp

Einfamilienhaus

Baujahr

2013

Nutzfläche

165 m²

Anwendung

Heizen, Kühlen und Warmwasserbereitung

Wärmequelle

Erdreich

Install. Heizleistung

8 kW

Verteilsystem Heizen

Bauteilaktivierung
(VL 35°C / RL 28°C)

Zusatzheizung

7,5 m² solarthermische
Flachkollektoren

Sonstiges

6,1 kWp PV-Anlage

7.7 Vattenfall



Das 1968 errichtete Verwaltungsgebäude der Hamburger Zentrale der Vattenfall Europe AG wurde bisher mit Fernwärme und Fernkälte versorgt. Der Lastanteil, der innerhalb des Gebäudes verschoben werden kann, wird nun mit zwei Turbo-Wärmepumpen bewältigt. Zum Einsatz kommen zwei hocheffiziente Wasser/Wasser-Wärmepumpen mit jeweils bis zu 330 kW Heizleistung. Die Anlage nutzt die Abwärme der hausinternen EDV-Serverräume und Rechenzentren. Mit der Wärmeverschiebung lässt sich die gesamte Wärmegrundlast des 13-geschossigen Gebäudes mit 50.000 m² Geschossfläche abdecken.

Durch den kombinierten Betrieb von Kühlen und Heizen wird eine sehr hohe Effizienz erreicht. Mit einer Einheit Strom werden 7,8 Einheiten nutzbare Wärme und Kälte erzeugt.



Gebäudetyp

Bürogebäude

Baujahr

2011

Gesamtnutzfläche

41.200 m²

Anwendung

Heizen und Kühlen

Wärmequelle

EDV-Serverräume

Installierte Heizleistung

2 × 360 kW

Verteilsystem Heizen

VL 35°C – 45°C

Zusatzheizung

Fernwärme



Gebäudetyp

Universität

Baujahr

2013

Nutzfläche

100.000 m²

Anwendung

Heizen und Kühlen

Wärmequelle

Grundwasser
(Heiz-/Kältemaschinen)
Abwärme der Server-
anlagen (Heiz-/Kälte-
maschine)

Installierte

Kälteleistung HT

5,26 MW (HT 14°C / 19°C)

Installierte

Heizleistung NT

5,1 MW (NT 55°C / 35°C)

Verteilssystem Heizen NT

Niedertemperatur-
radiatoren
(VL 50°C/RL 35°C)
Bodenkonvektoren
(VL 50°C/RL 35°C)
Fußbodenheizung
(VL 35°C/RL 25°C)
Bauteilaktivierung
(VL 30°C/RL 27°C)
Vor- u. Nachheizregister
Lüftung (VL 45°C/RL 30°C)

Verteilssystem Kühlen HT

Bauteilaktivierung
(VL 16°C/RL 19°C)
Kühldecken
(VL 16°C/RL 19°C)
Fan Coils
(VL 14°C/RL 19°C)
Vorkühlregister Lüftung
(VL 14°C/RL 19°C)
Data Center u. LAN-R.
(Racks, Klimaschränke)
(VL 14°C/ RL 19°C)

Zusatzheizung

Fernwärme

2,7 MW (NT-Spitzen-
lastabdeckung)

Hochtemperatur

Fernwärme

1,85 MW
(VL 80°C/RL 50°C)

7.8 Campus WU Wien



Foto: MA 20 / Christian Fürthner

Das Herzstück der Energieversorgung der WU Wien ist die Nutzung von Grundwasser sowohl zur Versorgung mit Kälte als auch mit Wärme. Hierfür wurde eine der größten Anlagen zur thermischen Grundwassernutzung in Österreich mit einer maximalen Grundwassermenge von bis zu 150 l/s errichtet. Dies entspricht bei einer mittleren Grundwassertemperatur von 12°C unter Einhaltung der bewilligten Rückgabetemperatur von +7°C bzw. +17°C einer Leistung (Kälte- bzw. Heizleistung) von ca. 3,2 MW. Bedingt durch die teilweise Kurzschlussströmung mit einer Verzögerung um ca. ein halbes Jahr – das im Sommer zurückgeführte erwärmte Grundwasser erreicht im Winter bei der Entnahme das Temperaturmaximum des Kurzschlusses und das im Winter zurückgeführte abgekühlte Grundwasser verursacht durch die Kurzschlussströmung im Sommer dafür die niedrigste Temperatur – und der dadurch entstehenden Verschiebung der Entnahmetemperatur bis zu ca. 2 K, erhöht sich die mögliche Leistungsausbeute auf bis zu 4,5 MW.

Die Nutzung des Grundwassers zur Kälteversorgung erfolgt direkt über Trennwärmetauscher, ohne zwischengeschaltete Kältemaschinen. Dadurch fällt lediglich der Pumpenstrom zur Kälteversorgung an und es können sehr hohe Leistungsziffern erreicht werden. Um eine direkte Nutzung zu ermöglichen ist für die Kälteabgabe eine Bauteilaktivierung vorhanden, die mit dem für die Kälteversorgung relativ hohen Temperaturniveau des Grundwassers das Auslangen findet. Die Nutzung des Grundwassers für Heizzwecke erfolgt über Heiz-/Kältemaschinen, die Wärme auf einem Niedertemperaturniveau bereitstellen, um möglichst hohe Leistungsziffern zu erreichen. Aus diesem Grund sind die Abgabesysteme überall wo dies technisch sinnvoll ist auf dieses Niedertemperaturnetz ausgelegt. Im Wesentlichen sind dies Niedertemperaturradiatoren, Luftheizregister, Bauteilaktivierung zur Heizung und Fußbodenheizung. Zusätzlich zur oben beschriebenen Grundwassernutzung wird in den Wintermonaten die Abwärme der IT-Anlagen über eine Heiz- Kältemaschine (Wärmepumpe) zur Heizungsversorgung verwendet, die ebenfalls in das Niedertemperaturheiznetz speist. Zur Abdeckung von Spitzenlasten und zur Versorgung des Hochtemperaturwärmenetzes wird umweltfreundliche Fernwärme verwendet. Spitzenlasten des Kältebedarfs im Sommer werden über die Heiz-/Kältemaschinen und „konventionelle“ Rückkühler abgedeckt.

8. INNOVATIVE PROJEKTE

8.1 Abwasseranlage Inzersdorf

Die anfallenden Abwassermengen des Liesingtal Sammelkanals werden in die Hauptkläranlage Wien in Simmering abgeleitet und dort gereinigt. Es wurde auf dem Areal der ehemaligen Schmutzwasserkläranlage Blumental ein neuer Kanal gebaut, in dem ein 30 m langer Abwasserwärmeübertrager integriert wurde. Das darüber liegende Gebäude hat eine Nutzfläche von 4.900 m² (Allplan 2008).

Seit 2005 wird das Abwasser als Quelle zur Beheizung und Kühlung des Gebäudes verwendet. Die durchschnittliche Abwassermenge des Kanals beträgt 600 l/s. Die Abwassertemperatur schwankt je nach Jahreszeit zwischen 11°C und 21°C. Die umkehrbare Wärmepumpe liefert im Heizbetrieb eine Leistung von 190 kW und im Kühlbetrieb eine Leistung von rund 150 kW. Es können etwa 75 – 90 % des jährlichen Wärmebedarfs dieses Gebäudes (Nettonutzfläche: 4.900 m²) gedeckt werden. Die Beheizung des Gebäudes erfolgt auf Basis eines Niedertemperatursystems (Decken- und Fußbodenheizungen). Aufgrund schwankender Abwassermengen und Temperaturen ist am Standort eine zusätzliche Wärmeversorgung mittels Fernwärme integriert.

Die Anlage wird als Forschungsanlage zur Weiterentwicklung der Energiegewinnung aus Abwasser betrieben. Die Kosten für Wärmeübertrager und Wärmepumpe belaufen sich auf rund 133.000 €. Durch Betriebskosten von 55,40 €/MWh können etwa 11.800 € pro Jahr an Betriebskosten und ca. 47 Tonnen/a an CO₂-Emissionen eingespart werden (GEA 2007).

8.2 Wärmepumpen- und Photovoltaik-Kombinationsprodukte

Derzeit werden vermehrt Wärmepumpen- und Photovoltaik-Kombinationsprodukte für Großkunden angeboten²¹. Mit dieser Form der Energiedienstleistung heizen und kühlen Betreiberinnen von Großimmobilien wie z.B. Bürohäuser oder Wohnhausanlagen ihre Objekte ohne die Investitionen in Wärmepumpen- und Photovoltaikanlage am Dach selbst tätigen zu müssen.

Der Solarstrom unterstützt den Betrieb der Wärmepumpe, die im Winter heizt und im Sommer kühlt, und macht unabhängiger von fossilen Energieträgern. Diese Produkte bieten mehr Unabhängigkeit bei der Versorgung des Objektes und bereiten keinen zusätzlichen Betriebsführungsaufwand. Die KundInnen unterzeichnen einen langfristigen Wärme- bzw. Kälteliefervertrag, alles Übrige übernimmt der Energieversorger. Dieser plant, finanziert, betreut und wartet die Anlagen.



Gebäudetyp
Bürogebäude

Baujahr
2005

Gesamtnutzfläche
4.900 m²

Anwendung
Heizen und Kühlen

Wärmequelle
Abwasser

Installierte Kälteleistung
1 × 148,6 kW

Verteilssystem Heizen
Decken- und
Fußbodenheizung

Zusatzheizung
Fernwärme

²¹ z. B. Wien Energie hat für Großkunden ein Kombinationsprodukt aus Wärmepumpe und Photovoltaik entwickelt.

9. PLANUNG, ERRICHTUNG UND BETRIEB EINER WÄRMEPUMPENANLAGE

9.1 Qualitätssicherung bei Planung und Errichtung

Wärmepumpen sind heute in vielen europäischen Ländern etabliert und der Markt wächst, wie die letzten Marktanalysen bestätigen, kontinuierlich weiter. Um diese Entwicklung positiv voranzutreiben haben Innovation, Qualitätssicherung und regelmäßige Weiterbildung in Österreich oberste Priorität.

Die Qualität von Wärmepumpenanlagen ruht im Wesentlichen auf zwei Säulen. Als erstes muss das Wärmepumpenaggregat selbst hohen Qualitätsanforderungen entsprechen, diese werden mit dem Wärmepumpengütesiegel des Europäischen Wärmepumpen Verbandes (EHPA²²) bestätigt. Im zweiten Schritt sind die Planung, Dimensionierung und die Errichtung der gesamten Anlage entsprechend dem Stand der Technik für die Effizienz, Funktionalität und Zufriedenheit der Kundinnen und Kunden verantwortlich. Daher ist es wichtig bei der Auswahl des anlagenbauenden bzw. installierenden Unternehmens auf notwendige Kompetenzen und Referenzen zu achten.

9.1.1 Europäisches Gütesiegel für Wärmepumpen

Das Gütesiegel für Wärmepumpen wurde 2009 von der EHPA, basierend auf das DACH-Gütesiegel²³ (1998) eingeführt, um einheitliche und damit vergleichbare Standards in Europa zu schaffen, mit denen die Qualität von Produkt und Service beurteilt werden kann. Das Gütesiegel ist derzeit (Stand September 2013) neben den deutschsprachigen Ländern in elf weiteren Ländern der EU verfügbar und bestätigt, dass serienmäßig hergestellte Wärmepumpenaggregate u.a. folgende Kriterien erfüllen:

- Minimale Leistungszahlen (COP), wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, müssen erreicht werden. Diese werden durch akkreditierte und von der EHPA anerkannte Testzentren, wie z.B. dem AIT (Austrian Institute of Technology), nach genormten Prüfgeln geprüft.

Wärmepumpensysteme	im Prüfpunkt	min. COP
Sole/Wasser	B0/W35	4.30
Wasser/Wasser	W10/W35	5.10
Luft/Wasser	A2/W35	3.10
Direktverdampfer/Wasser	E4/W35	4.30

- CE-Konformität, Einhaltung der relevanten europäischen Richtlinien und Normen
- Einhalten der elektrischen Anschlussbedingungen (TAEV²⁴)
- Verständliche und vollständige Planungsunterlagen und Betriebsanleitung
- Kundendienstnetz, Service innerhalb von 24 Stunden
- 10 Jahre Ersatzteilgarantie
- 2 Jahre Vollgarantie ab Inbetriebnahme

Es wird daher empfohlen, bei der Auswahl der Wärmepumpe bzw. bei der Ausarbeitung der Ausschreibungsunterlagen auf das EHPA-Gütesiegel zu achten. Welche Wärmepumpen aktuell dieses Gütesiegel besitzen, kann unter www.ehpa.org/de/qldb/at abgerufen werden. Weiters können Ergebnisse von Wärmepumpenprüfungen unter www.ait.ac.at eingesehen werden.



Abb. 21: EHPA Gütesiegel für Wärmepumpen
Quelle: EHPA

22 EHPA European Heat Pump Association

23 DACH Vereinigung der Wärmepumpenverbände Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, 2007 in die EHPA überführt

24 TAEV Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an öffentliche Versorgungsnetze

9.1.2 Zukünftiges Ökodesign- und Energie-Label

Mit der Umsetzung der EU-Richtlinie für energieverbrauchsrelevante Produkte müssen Wärmepumpen und Verbundanlagen mit einer Nennheizleistung von höchstens 70 kW ab 26. September 2015 mit einem sogenannten Energylabel gekennzeichnet werden. Zusätzlich müssen sie Ökodesign-Kriterien erfüllen, um auf den Markt gebracht werden zu dürfen (VGL. EU 2013).

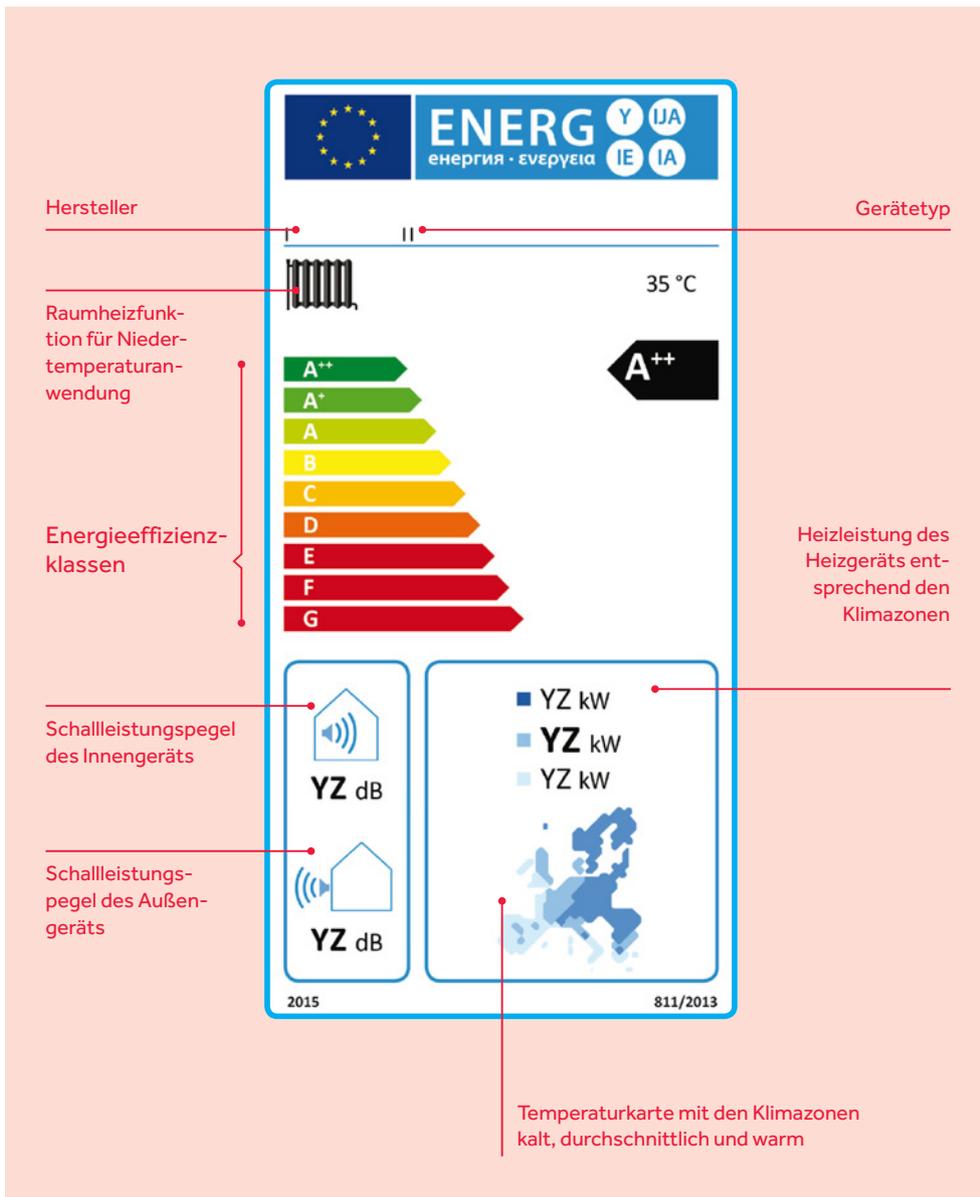


Abb. 22 Energie-Label für Niedertemperatur- Wärmepumpen *Quelle: EU 2013*

Die **ABB. 22** zeigt ein Beispiel des Energylabels für Wärmepumpen mit einem Niedertemperatur Wärmeverteilsystem. Jenes in **ABB. 23** gilt für Verbundanlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung. Mit diesen Labels können die Endkundinnen bzw. die Endkunden die Energieeffizienz von Wärmepumpen bzw. von Anlagen sowie z.B. Weißware (Kühlschrank, Waschmaschine usw.) oder Leuchtmitteln vergleichen.

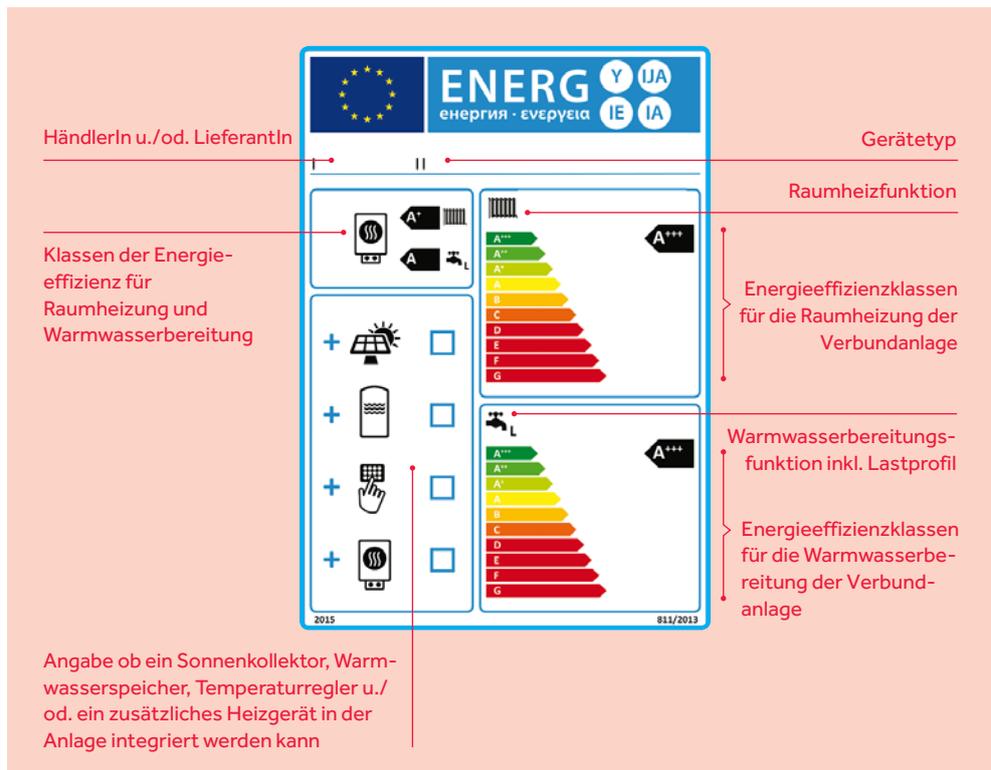


Abb. 23 Energie-Label für Verbundanlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung Quelle: EU 2013



Abb. 24: EHPA Gütesiegel für zertifizierte Wärmepumpeninstallateure Quelle: EHPA

9.1.3 Qualifizierte installierende und planende Personen

Als weitere qualitätssichernde Maßnahme wird angeregt, die Planung und Ausführung solcher Anlagen von speziell aus- bzw. weitergebildetem Personal ausführen zu lassen. So sind zum Beispiel Weiterbildungsprogramme wie die vom AIT angebotene Schulungsreihe zur zertifizierten Wärmepumpeninstallateurin/zum zertifizierten Wärmepumpeninstallateur bzw. zur zertifizierten Wärmepumpenplanerin/zum zertifizierten Wärmepumpenplaner zu empfehlen. Im Rahmen dieser Weiterbildungsmaßnahme wird in 40 Unterrichtseinheiten speziell auf alle notwendigen Aspekte für eine funktionierende und effiziente Wärmepumpenanlage eingegangen. Wobei dieser Kurs in zwei Module geteilt wurde. Ein Modul speziell für Planerinnen bzw. Planer und hauptsächlich planende Installateurinnen bzw. Installateure und in ein zweites Modul besonders für Monteurinnen und Monteure auf der Baustelle. Weitere Informationen können unter www.ait.ac.at/Weiterbildung abgerufen werden.

Sowohl bei der Wahl der Wärmepumpe, als auch der planenden und ausführenden Personen, muss auf Qualität geachtet werden. Qualitätsindikatoren sind beispielsweise das EHPA Gütesiegel oder spezifisch weitergebildete Planerinnen bzw. Planer und Installateurinnen bzw. Installateure.

9.1.4 Grundlegende schalltechnische Anforderungen

Aus Rücksicht auf die Nachbarn ist die Geräuschbelastung an die Umgebung auf ein Mindestmaß zu beschränken. Hierfür ist eine sorgfältige Planung und fachgerechte Ausführung der Wärmepumpenanlage erforderlich. Da es sich bei der Akustik von Wärmepumpenanlagen um ein sehr komplexes Thema handelt, müssen die Vorgaben der Herstellerin bzw. des Herstellers bei der Installation berücksichtigt werden. In Spezialfällen kann eine spezifische Betrachtung durch eine/n fachkundige/n AkustikerIn bzw. Sachverständige/n.

Innenaufstellung

Der von einer Schallquelle, wie in **ABB. 25** dargestellt, ausgehende Schall wird Schallemission genannt. Die Schallausbreitung im Gebäude erfolgt einerseits durch die Körperschallübertragung. Dabei werden Vibrationen der Wärmepumpe über harte Verbindungen an das Gebäude übertragen. Andererseits kann der Schall durch den sogenannten Luftschall innerhalb des Gebäudes übertragen werden. Eine schallentkoppelte Aufstellung der Wärmepumpe (z.B. ein vom Estrich getrenntes Fundament) kann hier Abhilfe schaffen, siehe **ABB. 26**.

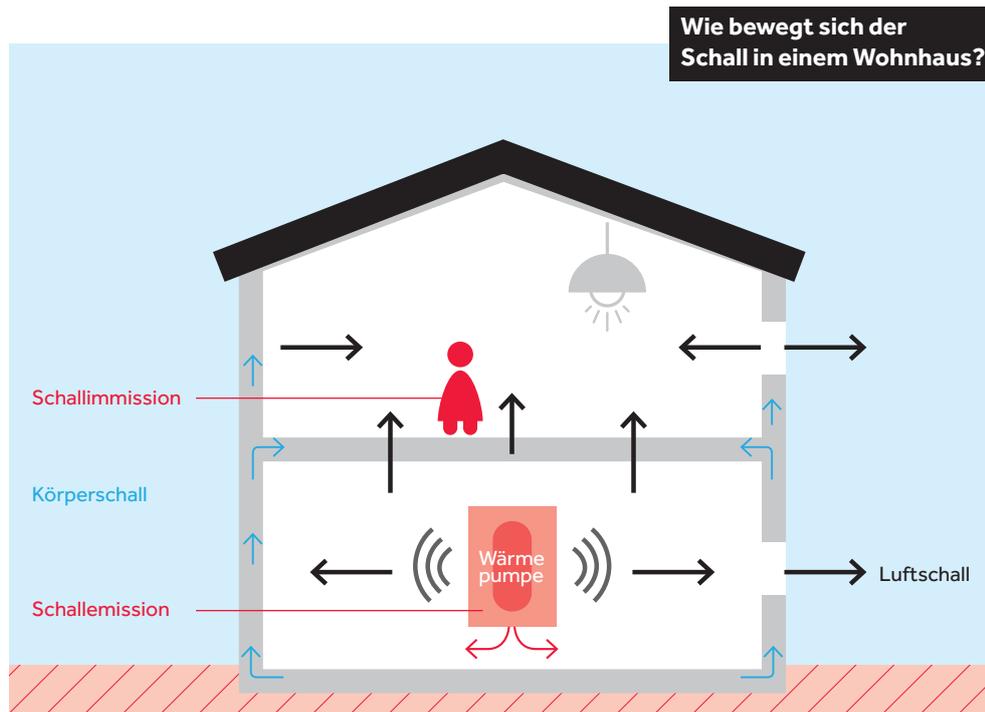


Abb. 25 Wege der Schallübertragung in einem Wohnhaus *Quelle: AIT 2013*

Schallentkoppelte Aufstellung der Wärmepumpe

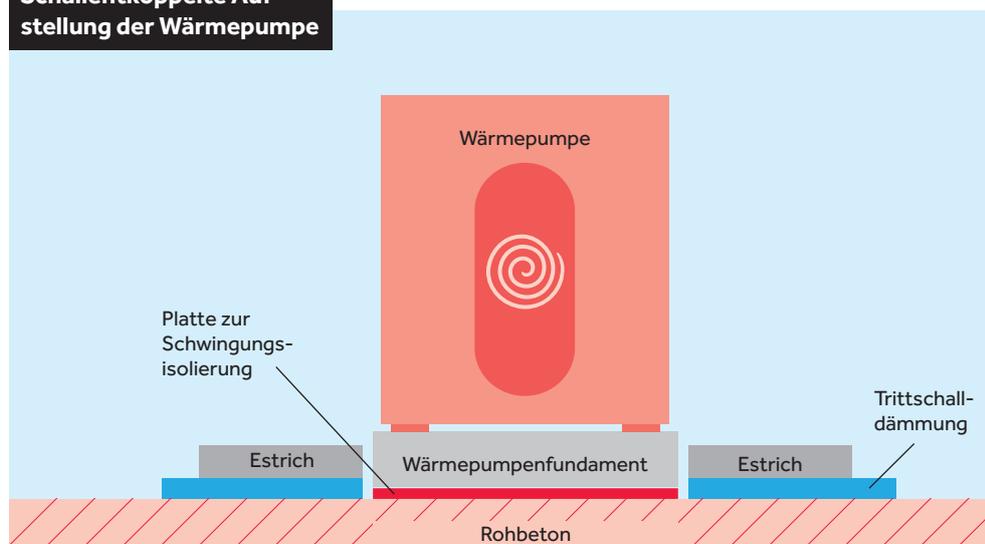


Abb. 26 Körperschall entkoppelte Aufstellung der Wärmepumpe *Quelle: AIT 2013*

Außenaufstellung

Wie in der ABB. 27 beispielhaft dargestellt, sollen bei der Außenaufstellung (z.B. Luft/Wasser-Wärmepumpen) die Ausblasöffnungen nicht in Richtung der Nachbarn sondern z. B. zur Straßenseite zeigen. Im Bereich der Wärmepumpe sollen sich keine schallharten Oberflächen befinden, denn sie können den Schall durch Reflexionen verstärken. Des Weiteren sind die von der Herstellerin bzw. des Herstellers empfohlenen Abstände zu vorhandenen Hauswänden einzuhalten.

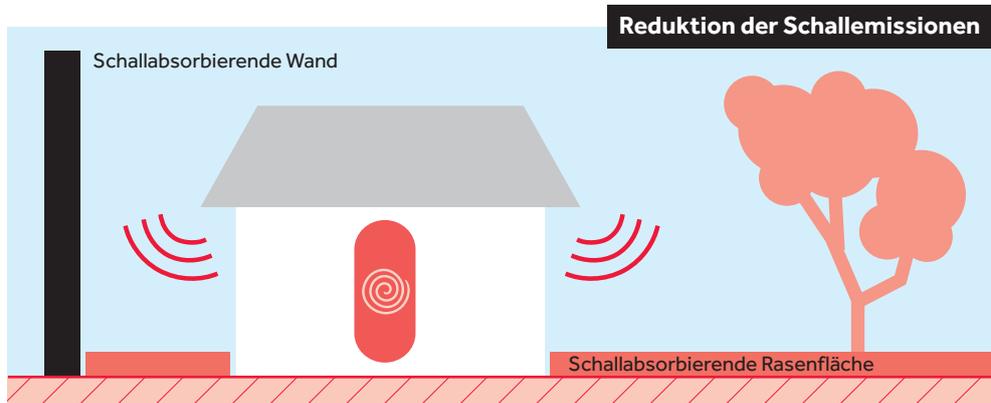


Abb. 27 Mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Schallemissionen Quelle: AIT 2013

Um den Betrieb einer Wärmepumpe für Bewohnerinnen bzw. Bewohner und Nachbarinnen bzw. Nachbarn möglichst leise zu gestalten, müssen eventuelle Schallprobleme vorab rechtzeitig erkannt und verhindert werden.

9.2 Qualitätssicherung im Betrieb

9.2.1 Pflichten von Betreiberinnen u. Betreibern beim Betrieb v. Wärmepumpenanlagen

Alle Anlagen in Betrieben, für die die Gewerbebehörde zuständig ist und die mehr als 1,5 kg Kältemittel enthalten, haben die Auflagen der Kälteanlagen-Verordnung²⁵ zu gewährleisten. Ebenso gibt es bei bestimmten Anlagenkonfigurationen unterschiedliche Überprüfungsintervalle gemäß der Druckgeräte-Überwachungs-Verordnung²⁶.

Aufgrund der, von der EU-Kommission in Kraft gesetzten F-Gas Verordnung²⁷, sind besondere Regelungen für den Betrieb einer Wärmepumpen- bzw. Kälteanlage, die halogenierte Kältemittel enthalten, festgelegt worden. Diese Verordnung hat das Ziel die Kältemittlemissionen durch Leckagenvermeidung und rasche Reparatur von entdeckten Leckagestellen zu reduzieren. Die unterschiedlichen Verpflichtungen sind von der eingesetzten Füllmenge und Sorte des Kältemittels in der Anlage abhängig.

Beim Betrieb von Wärmepumpen sind abhängig von der Kältemittelart und Kältemittelmenge bestimmte gesetzliche Auflagen einzuhalten.

9.2.2 Laufende Betriebskontrolle einer Wärmepumpenanlage

Eine periodische bzw. je nach Größe laufende Betriebskontrolle einer Anlage stellt ein probates Mittel dar, um, ähnlich wie bei einem Kraftfahrzeug die „Pickerl-Überprüfung“, die korrekte Funktion zu überprüfen. Diese kann, wie bereits im KAP. 2.6.2 beschrieben, mit der Ermittlung einer Jahresarbeitszahl erfolgen. Mit dieser Methode begnügt man sich üblicherweise bei kleineren

²⁵ BGBl Nr. 305/1969, Kälteanlagenverordnung i. d. gültigen Fassung

²⁶ BGBl II Nr. 420/2004, Druckgeräteüberwachungsverordnung i. d. gültigen Fassung

²⁷ Verordnung EG Nr. 842/2006, Verordnung über bestimmte fluorierte Treibhausgase

bzw. einfacheren Anlagen. Die dazu notwendigen Messgeräte sind ein Wärmemengen- und ein Stromzähler.

Bei größeren Anlagen wird diese oft mittels einer Gebäudeleittechnik (GLT) gesteuert und geregelt. Damit eine solche GLT ihre Regelungs- und Steuerungsaufgabe erfüllen kann, werden unterschiedliche Parameter, wie z. B. Temperaturen, Drücke, Volumenströme, Wärmemenge, elektrische Energie usw., durch eine Vielzahl von unterschiedlichen Sensoren gemessen und verarbeitet. Damit ist es möglich, die beobachteten Werte laufend zu überprüfen, ob sich diese in einem vorgesehen Bereich befinden oder nicht. Werden diese Werte zusätzlich aufgezeichnet, so ist es damit möglich, Verläufe über einen längeren Zeitraum darzustellen bzw. auszuwerten.

Wichtig dabei sind einerseits die richtige Planung der Messstellen und der korrekte Einbau der Messsensoren, wie z. Beispiel die Wärmemengen- und Stromzähler, und andererseits müssen die richtigen Bilanzgrenzen gezogen werden.

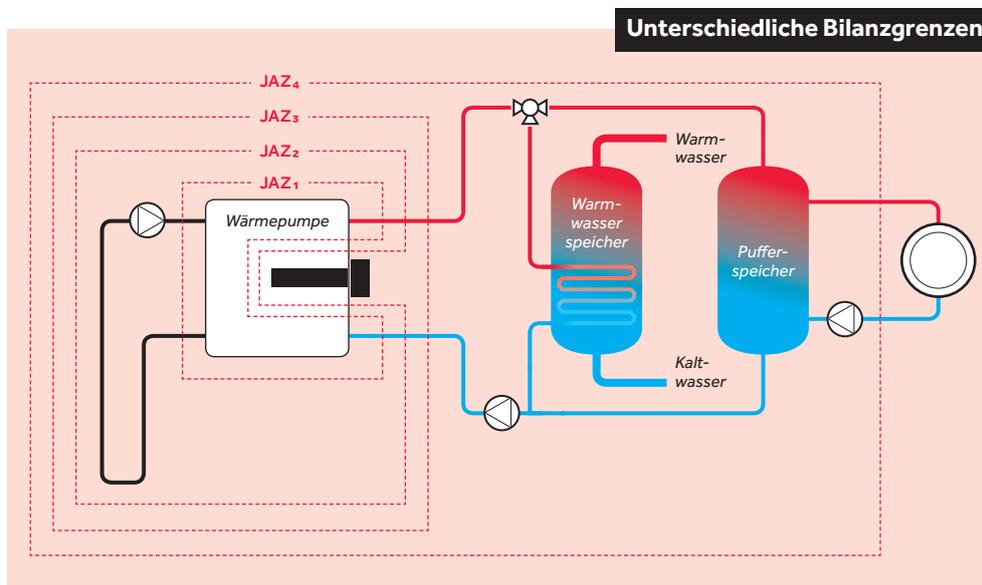


Abb. 28 Unterschiedliche Bilanzgrenzen einer Wärmepumpenanlage Quelle: Zottl 2012, modifiziert

In der ABB. 28 sind vier unterschiedliche Bilanzgrenzen (JAZ1 – JAZ4) einer Wärmepumpenanlage dargestellt. So wird zum Beispiel bei der JAZ1 nur die Effizienz der Wärmepumpe selbst, ohne Berücksichtigung der Wärmequellen- und Wärmesenken-Umwälzpumpe bzw. des E-Heizstabes, ermittelt.

Bei der JAZ4 hingegen werden die Wärmepumpe und sämtliche Verbraucher, wie z.B. Wärmeverteilsystem, Warmwasserbereitung, Speicherverluste, bzw. Hilfsantriebe, wie z.B. Umwälzpumpen oder E-Heizstab, zur Bewertung herangezogen. Mit dieser Bilanzgrenze kann die Gesamteffizienz der Anlage ermittelt werden. Jedoch kann keine Aussage getroffen werden, ob Teile der Anlage, z.B. die Wärmepumpe, Pumpen usw., effizient arbeiten. Dazu ist es notwendig mehrere kleinere Bilanzgrenzen zu bilden.

Womit deutlich zu erkennen ist, dass die Ergebnisse der vier Jahresarbeitszahlen nicht gleich sein können bzw. die Bilanzgrenzen und der Beobachtungszeitraum beim Vergleich mit anderen Anlagen immer bekannt sein müssen, ansonsten sind die Ergebnisse nicht vergleichbar.

Bei der Planung von Monitorings ist ganz besonders auf die Auswahl und Montage des Wärme-

mengenzählers zu achten. Denn aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen im Teillastbetrieb stoßen diese Messgeräte schnell an die Grenzen der Messgenauigkeit. Weiters hat der Druckverlust des Volumenstrom-Messteils einen großen Einfluss auf die Effizienz, denn ein zu großer Druckverlust verursacht einen höheren Pumpenstrom als notwendig, womit sich die Arbeitszahl verschlechtert. Beide Einflüsse führen somit zu einer falschen Beurteilung der Anlage.

Mit dem Bestimmen einer Jahresarbeitszahl kann ein Wärmepumpensystem bezüglich seiner Effizienz und Funktion beurteilt werden. Es ist zumindest die ans Heizsystem gelieferte Wärme und die dafür notwendige elektrische Energie durch einen Wärmemengen- und einem Stromzähler zu erfassen.

9.3 Planungs-, Errichtungs- und Bewilligungsprozess einer Wärmepumpenanlage zusammengefasst

9.3.1 Allgemeiner Planungs- und Ausführungsprozess

Für eine erfolgreiche Errichtung einer effizienten und ökonomischen Wärmepumpenanlage ist das Einhalten des Entscheidungs- und Umsetzungsprozesses ein wesentlicher Faktor.

In der Phase der **Vorplanung** ist einem exakten Definieren der Anforderungen und Wünsche der zukünftigen NutzerInnen bzw. BetreiberInnen ausreichend Zeit zu widmen, insbesondere in technischen, funktionellen und wirtschaftlichen Grundsatzfragen. Von der Planerin bzw. dem Planer wird ein Lösungskonzept mit überschlägiger Auslegung der wichtigsten Systemkomponenten erstellt und eine Kostenprognose sowie Wirtschaftlichkeitsvorbetrachtung erarbeitet. Eine mögliche Förderfähigkeit wird ermittelt. Auch das Klären des nötigen Bewilligungsumfanges und das Führen von Vorverhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die grundsätzliche Bewilligungsfähigkeit gehört in diese Phase.

Mit den Ergebnissen der Vorplanung entscheidet sich die Auftraggeberin bzw. der Auftraggeber für eine Variante. Nicht nur ökonomische sondern auch ökologische Aspekte sollten dabei eine Rolle spielen.

Im Zuge der **Entwurfs- und Bewilligungsplanung** wird die ausgewählte Variante detailliert durchgeplant und in Form einer zeichnerischen Darstellung und Anlagenbeschreibung festgelegt. Sowohl die Kostenschätzung, als auch die Bewilligungsfähigkeit werden konkretisiert. Anschließend werden die erforderlichen Unterlagen für die behördliche Bewilligung im vorgeschriebenen Umfang zusammengestellt.

Es folgt die **Einreichung** der erforderlichen Unterlagen bei der/den Behörde/n und das Führen von etwaigen Verhandlungen. Sollte eine Förderung beantragt werden, so werden die erforderlichen Unterlagen bei der Förderstelle eingereicht.

Danach erfolgt die **Ausführungsplanung und Vergabe**. Die Anlage wird konstruktiv, inklusive Dimensionen, dargestellt. Die benötigten Mengen an Arbeitszeit und Material werden ermittelt und als Grundlage für Leistungsverzeichnisse herangezogen. Die eingeholten Angebote werden geprüft und bewertet. Es folgen möglicherweise Verhandlungen mit anbietenden Unternehmen oder Detailfragen müssen geklärt werden. Am Ende steht die Auftragserteilung.

Für die **Errichtung der Anlage** sollte, im Besonderen bei größeren, komplexeren Anlagen, ein Zeitplan erstellt und überwacht, ein Baubuch geführt und ein Kostencontrolling durchgeführt werden.

Den Abschluss bildet die **Abnahme der Anlage** und Rechnungsprüfung. Die Anlage wird abgenommen und etwaige Mängel festgestellt und behoben. Die von den ausführenden Unternehmen erstellten Unterlagen (z.B. Bedienungsanleitungen, Prüf- und Wartungsprotokoll, Bestandspläne, Auflistung der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche) werden auf Vollständigkeit überprüft und übernommen. Eine Rechnungsprüfung wird durchgeführt und die Kosten aufgestellt.

In der folgenden **ABB. 29** sind die wichtigen Schritte eines solchen Ablaufs dargestellt. Die einzelnen Phasen können bei kleineren Projekten unterschiedlich stark ausgeprägt sein und ineinander verschwimmen. Wer die einzelnen Aufgaben in dem Projekt wahrnimmt, hängt vom Umfang des Projektes und von den involvierten Personen ab. So wird zum Beispiel bei einer Anlage in einem Einfamilienhaus in den meisten Fällen der/die InstallateurIn den Großteil der Aufgaben wahrnehmen und keine eigener/eigene AnlagenplanerIn beauftragt werden.

Vor allem für die Planung sollte ausreichend Zeit zur Verfügung stehen um spätere Probleme möglichst zu vermeiden und die Kosten gering zu halten. Die Aufteilung der Aufgaben hängt stark von Umfang und Komplexität der Anlage ab.



Abb. 29 Allgemeiner Planungs- und Ausführungsprozess einer Wärmepumpenanlage Quelle: AIT, 2013

9.3.2 Technischer Entscheidungsprozess für Wärmequellenanlagen

In den folgenden Flussdiagrammen ist der technische Entscheidungsprozess zur Auswahl einer Wärmequellenanlage für ein Ein- bzw. Zweifamilienhaus und einen mehrgeschossigen Wohnbau übersichtlich dargestellt:

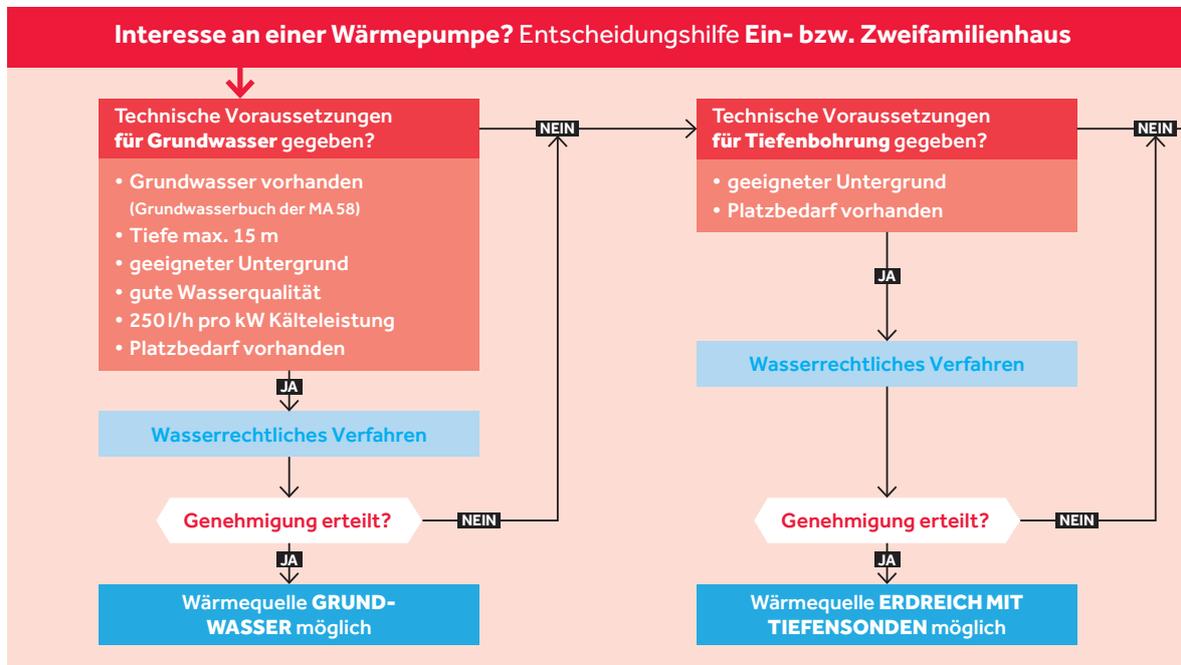


Abb. 30 Technischer Entscheidungsprozess zur Auswahl einer Wärmequelle für ein Ein- bzw. Zweifamilienhaus *Quelle: AIT 2013*

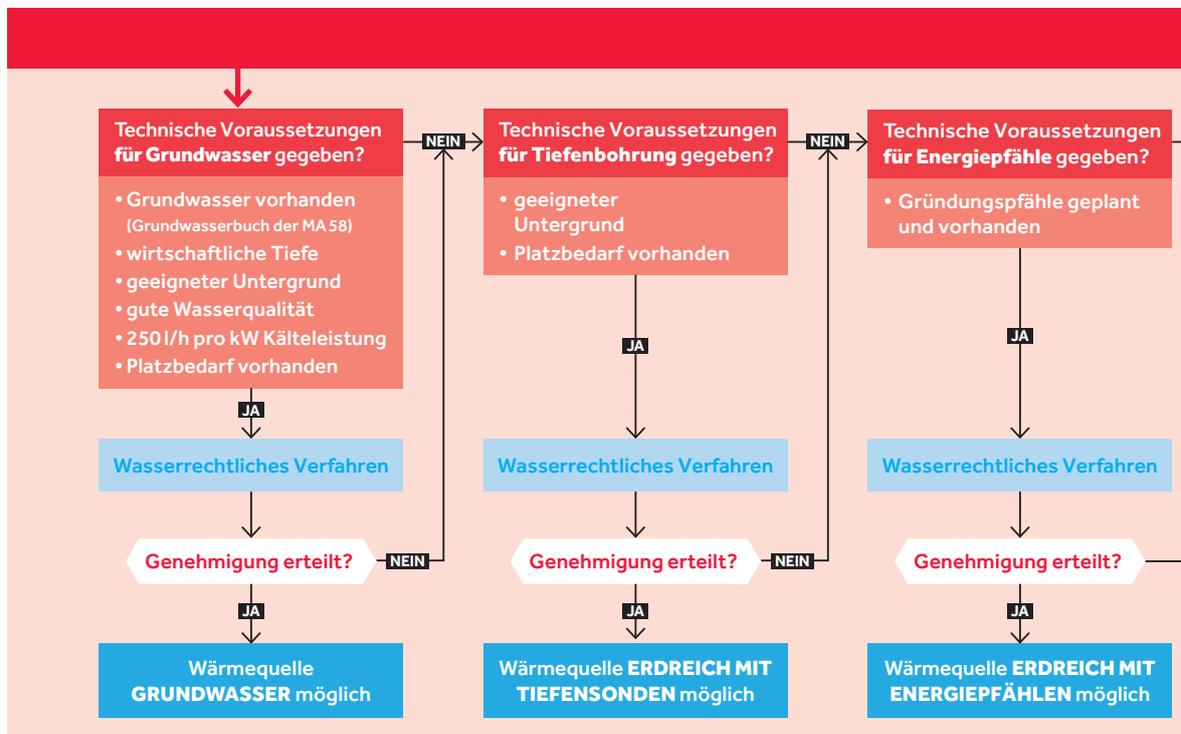
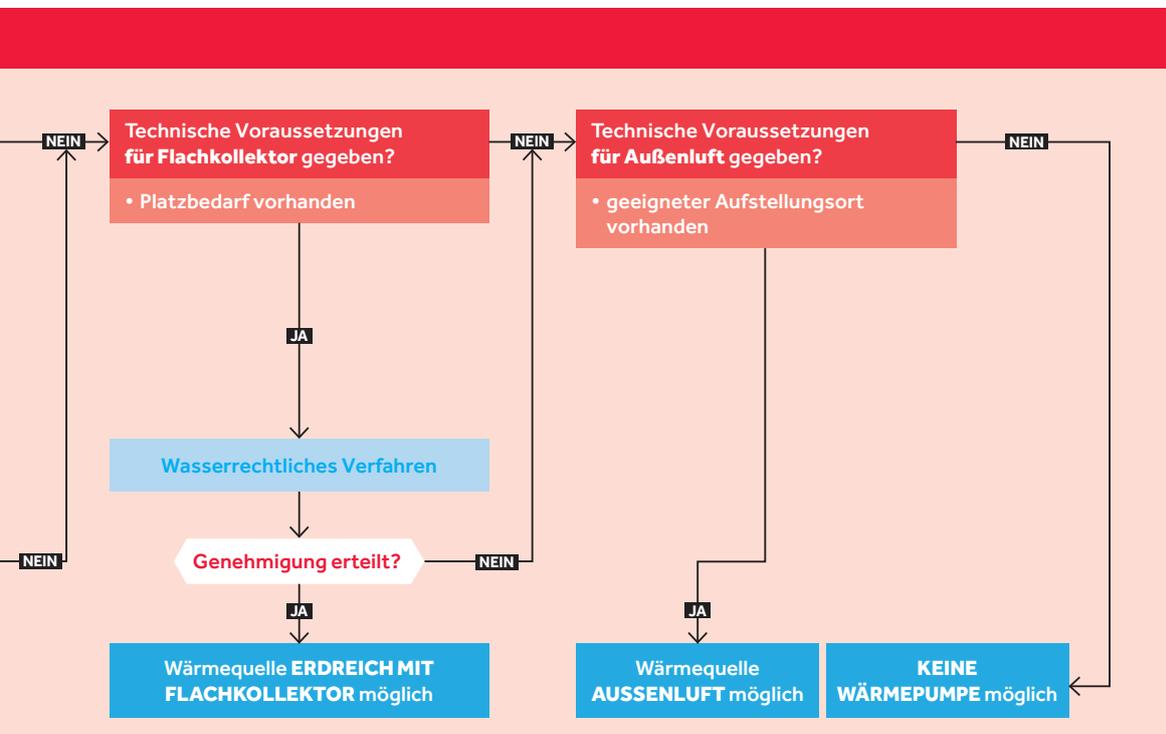
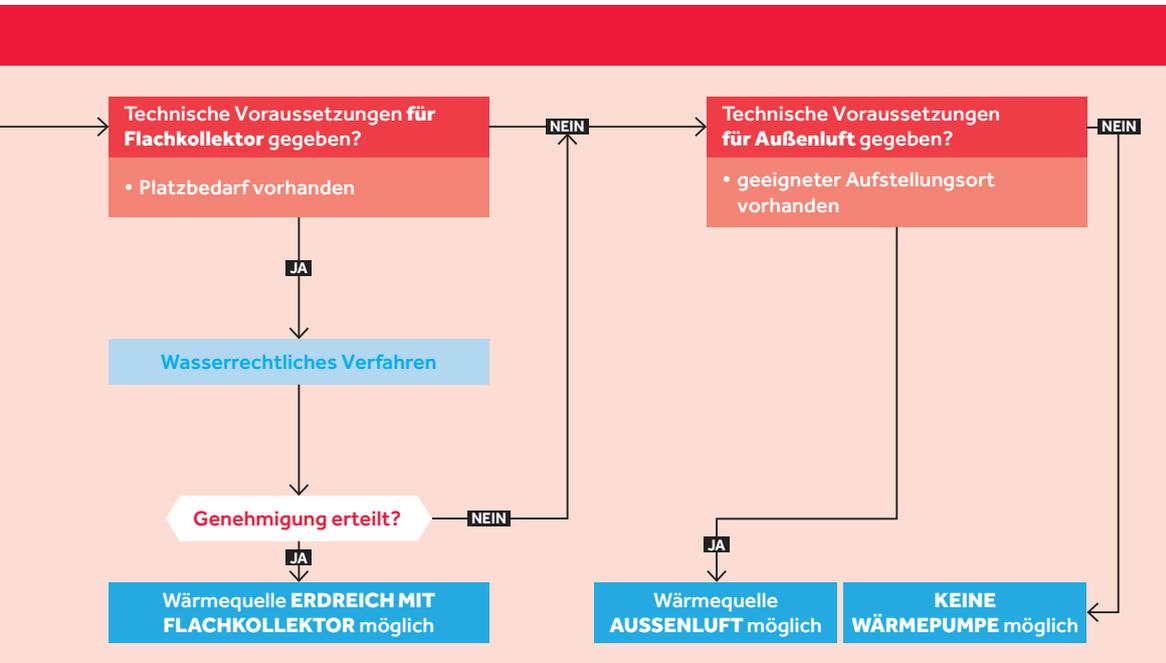


Abb. 31 Technischer Entscheidungsprozess zur Auswahl einer Wärmequelle für einen mehrgeschossigen Wohnbau *Quelle: AIT 2013*



9.3.3 Behördliche Genehmigungsverfahren

Wasserrechtliches Genehmigungsverfahren

Für die thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds ist unter bestimmten Voraussetzungen ein wasserrechtliches Verfahren gemäß Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959) erforderlich.

Gebietsweise Informationen zu potenziellen Wärmequellen

Im Wiener Stadtgebiet steht ein großes Potenzial für oberflächennahe geothermische Anwendungen zur Verfügung. In manchen Gebieten bieten sich eher geschlossene, z.B. Anlagen mit Erdwärmesonden, in anderen wiederum offene Systeme, z. B. Wasser/Wasser-Wärmepumpen, zur regenerativen Wärmeabgabe an. Die Zonierungskarte des Erdwärmepotenzials der Stadt Wien ist ab dem Frühjahr 2014 unter folgendem Link abzurufen: www.wien.gv.at/stadtplan

Zuständigkeiten

Die zuständige Wasserrechtsbehörde für das wasserrechtliche Bewilligungsverfahren ist im Allgemeinen die Magistratsabteilung 58. Ist jedoch die Anlage zur thermischen Nutzung des Untergrunds oder des Grundwassers Teil einer nach der Gewerbeordnung 1994 bewilligungspflichtigen Betriebsanlage, ist das jeweilige Magistratische Bezirksamt die zuständige Wasserrechtsbehörde.

Die Magistratsabteilung 58 leitet die Einreichprojekte zur technischen Beurteilung an die Magistratsabteilungen 25 (sicherheitstechnische Beurteilung), 29 (grundbautechnische und geologische Beurteilung) und 45 (hydrologische und gewässerschutztechnische Beurteilung) weiter. Diese Dienststellen können für Beratungen im jeweiligen Fachgebiet kontaktiert werden.

Erforderliche Einreichunterlagen

Für die Erlangung der wasserrechtlichen Bewilligung sind der Wasserrechtsbehörde Projektunterlagen in dreifacher Ausfertigung vorzulegen. Die genauen Inhalte der Einreichprojekte können den Merkblättern entnommen werden, die unter folgendem Link abrufbar sind: www.wien.gv.at/amtshelfer/umwelt

Sonstige Bewilligungen

Neben dem Wasserrechtsgesetz finden bei der Bewilligung von Anlagen zur thermischen Nutzung des Untergrunds und des Grundwassers unter Umständen noch weitere Gesetze Anwendung.

- Mineralrohstoffgesetz (MinroG), BGBl. I 38/1999 i. d. g. F.
Eine Bewilligung nach dem MinroG ist für die Errichtung von Erdwärmesonden mit einer Tiefe von mehr als 300 m erforderlich. Zuständige Behörde ist die Montanbehörde, die von der Sektion IV Energie und Bergbau im Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) wahrgenommen wird.
- Gewerbeordnung 1994 (GewO 1994), BGBl. 194/1994 i. d. g. F.
Ist die Anlage zur thermischen Nutzung des Untergrunds und des Grundwassers Teil einer nach der Gewerbeordnung 1994 bewilligungspflichtigen Betriebsanlage, sind zusätzlich die betriebsanlagenrechtlichen Bestimmungen anzuwenden. Die zuständige Behörde ist das jeweilige Magistratische Bezirksamt.

- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (UVP-G 2000), BGBl. 697/1999 i. d. g. F. Sollten im Rahmen einer UVP-pflichtigen Maßnahme auch die Errichtung und der Betrieb einer Anlage zur thermischen Nutzung des Untergrunds und des Grundwassers vorgesehen sein, unterliegt auch diese als Teil der Gesamtanlage dem UVP-Gesetz. Die dafür zuständige Behörde ist die Magistratsabteilung 22 – Umweltschutz.
- Naturschutzgesetz Wiener LGBl. Nr. 45/1998 i. d. g. F. Befindet sich der Anlagenstandort in einem Natur- oder Landschaftsschutzgebiet, im Grünland, einem geschützten Landschaftsteil oder auf einer ökologischen Entwicklungsfläche, ist unter bestimmten Voraussetzungen auch eine naturschutzrechtliche Bewilligung erforderlich. Die dafür zuständige Behörde ist die Magistratsabteilung 22 – Umweltschutz.

Für Luft-Wärmepumpen ist kein wasserrechtliches Verfahren erforderlich. Für (Grund)Wasser-Wärmepumpen ist zumindest eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich. Bei erdgekoppelten Wärmepumpen muss anlagen- und standortspezifisch ermittelt werden, welche Genehmigungen benötigt werden.

9.3.4 Einreichung um Wohnbauförderung

Förderkriterien für Wärmepumpenanlagen

Im Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz (WWFSG 1989 i. d. g. F.) wird die Errichtung und Sanierung von Wohnhäusern, Wohnungen, Heimen, Eigenheimen, Kleingartenwohnhäusern und Dachgeschossausbauten gefördert.

Zuständigkeiten – Wohnbauförderung

- für rechtliche Angelegenheiten (und Informationsstelle für Mieterinnen bzw. Mietern und Eigentümerinnen bzw. Eignetüern)
Magistratsabteilung 50 – Wohnbauförderung und Schlichtungsstelle für wohnrechtliche Angelegenheiten
- für technische Angelegenheiten
Magistratsabteilung 25 – Stadterneuerung und Prüfstelle für Wohnhäuser

Nähere Informationen

Nähere Informationen zu den Förderkriterien und weiteren Förderungen sind unter folgendem Link abrufbar: www.wien.gv.at/amtshelfer/bauen-wohnen (Stand März 2014).

Eine laufende Betriebskontrolle gibt Auskunft über die Effizienz der Anlage und kann Maßnahmen zur Optimierung aufzeigen. Ein detailliertes Monitoring macht vor allem bei größeren Anlagen Sinn.

10. GLOSSAR

ABLUFT: Luft, die aus einem Raum abströmt.

ARBEITSMITTEL: Sind Stoffe, die beim Energie-transport einen Phasenwechsel durchmachen.

DACH: Vereinigung der Wärmepumpenverbände von Deutschland, Österreich und Schweiz, diese wurde 2007 in die EHPA überführt.

EHPA: European Heat Pump Association (Europäische Wärmepumpen Vereinigung) www.ehpa.org

EXERGIE: Teil der Gesamtenergie eines Systems, das Arbeit verrichten kann.

EXPANSIONSVENTIL (DROSSELORGAN): Einrichtung, die das Kältemittel wieder auf den Niederdruck entspannt. Dabei nimmt sein Volumen zu und es kühlt ab. *Beispiel: Kapillarrohr, thermostatisches Expansionsventil*

FCKW: (Vollständig halogenierte) FluorChlorKohlenwasserstoffe wurden als Kältemittel verwendet. Sie sind stark treibhauswirksam und zerstören die Ozonschicht. *Beispiel: R11 Trichlorfluormethan, R12 Dichlordifluormethan*

FORTLUFT: Luft, die ins Freie geblasen wird.

HEIZLAST: Momentane Wärmezufuhr, die zum Aufrechterhalten der gewünschten Raumtemperatur (20° C) bei Norm-Außentemperatur (Wien: -12° C) notwendig ist.

H-FCKW: (Teilhalogenierte) FluorChlorKohlenwasserstoffe werden noch als Kältemittel verwendet. Sie sind stark treibhauswirksam und zerstören die Ozonschicht. *Beispiel: R22 Chlordifluormethan*

H-FKW: (Teilhalogenierte) FluorKohlenwasserstoffe werden als Kältemittel verwendet. Sie bauen die Ozonschicht nicht ab, sind allerdings treibhauswirksam. Diese Kältemittel werden derzeit am häufigsten eingesetzt. *Beispiele: R134a Tetrafluorethan*

KÄLTEMITTEL: Arbeitsmedium, das zur Wärmeübertragung in einem Kältekreislauf eingesetzt

wird. Es nimmt bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck Wärme auf und gibt bei hoher Temperatur und hohem Druck Wärme ab.

KÜHLLAST: Momentane Wärmeabfuhr, die zum Aufrechterhalten der gewünschten Raumtemperatur (26° C) bei der durchschnittlich höchsten Außentemperatur notwendig ist.

LEGIONELLEN: Bakterien, die Infektionen (z.B. Fieber, Lungenentzündung) verursachen können. Bei 60° C sterben sie innerhalb von 10 Minuten ab.

NIEDERTEMPERATURHEIZUNGSSYSTEME: Heizungssystem, das auf niedrige Vorlauftemperaturen (28 – 35° C) abgestimmt ist. *Beispiel: Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung, Wandheizung*

PHOTOVOLTAIK: Technologie, bei der Lichtenergie (Sonnenlicht) mittels Solarzelle in elektrische Energie (Strom) umgewandelt wird.

PUFFERSPEICHER: Wärmespeicher, der die (zeitliche) Differenz zwischen erzeugter und verbrauchter Wärmeleistung ausgleicht.

SMART GRID (INTELLIGENTES NETZ): Begriff, der die kommunikative Vernetzung und Steuerung von (Strom-)Erzeugern, Speichern und (elektrischen) Verbrauchern umfasst.

SOLARTHERMIE: Technologie, bei der Lichtenergie (Sonnenlicht) mittels Solarkollektor in thermische Energie (Warmwasser) umgewandelt wird.

SOLE: Gemisch aus Wasser und Glykol (Frostschutzmittel). Wird bei erdgekoppelten Wärmequellen als Wärmeträger verwendet.

TREIBHAUSGASE: Gasförmige Stoffe, die zum Treibhauseffekt beitragen. Sie absorbieren einen Teil der von der Erdoberfläche abgegebenen Wärmestrahlung, die sonst ins Weltall entweichen würde. *Beispiel: CO₂ Kohlestoffdioxid, CH₄ Methan, FCKWs Fluorchlorkohlenwasserstoffe*

VERDAMPFER: Wärmeübertrager in dem das

Kältemittel bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur verdampft und dabei Energie aus der Wärmequelle aufnimmt.

VERDICHTER (KOMPRESSOR): Maschine, die den Kältemitteldampf komprimiert. Dabei werden der Druck und die Temperatur des Gases erhöht. *Beispiel: Hubkolben-Verdichter, Scroll-Verdichter, Schraubenverdichter*

VERFLÜSSIGER (KONDENSATOR): Wärmeübertrager in dem das Kältemittel kondensiert. Dabei wird Energie mit einem Wärmeübertrager an die Wärmesenke übertragen.

WÄRMENUTZUNGSANLAGE (WNA, WÄRMESENKE): Anlage, die die Wärme mithilfe des Wärmeträgers von der warmen Seite der Wärmepumpe zu den Verbrauchern befördert. *Beispiel: Fußbodenheizung inkl. Umwälzpumpe, Nachheizregister für Luftheizung inkl. Umwälzpumpe*

WÄRMEPUMPE (WP): Maschine, die die Wärme aus der Wärmequelle von einem niedrigen auf ein höheres Temperaturniveau hebt. Wärmepumpen können zum Heizen und/oder Kühlen verwendet werden. *Beispiel: Sole/Wasser-Wärmepumpe, Wasser/Wasser-Wärmepumpe, Luft/Wasser-Wärmepumpe*

WÄRMEPUMPENANLAGE (WPA): Summe der einzelnen Anlagenteile, die für den Betrieb einer Wärmepumpe nötig sind.

WÄRMEQUELLENANLAGE (WQA): Anlage, die der Wärmequelle Wärme entzieht und mit einem Wärmeträger zur kalten Seite (Niederdruckseite) der Wärmepumpe transportiert. *Beispiel: Erdkollektor inkl. Sole-Umwälzpumpe, Entnahmebrunnen und Sickerschacht inkl. Unterwasserpumpe*

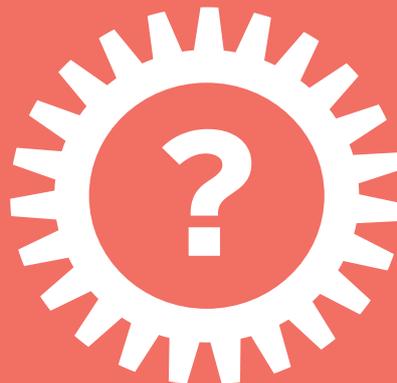
WÄRMERÜCKGEWINNUNG: Prozess bei dem ein Wärmeübertrager die Wärmeenergie der Abluft an die Zuluft überträgt. Die Fortluft ist dann kühler als die Abluft.

WÄRMETRÄGER: Medium, das in einem Kreislauf Wärme an einem Ort höherer Temperatur aufnimmt und an einem Ort niedrigerer

Temperatur abgibt und dabei keinen Phasenwechsel durchmacht. *Beispiel: Wasser, Sole, Luft, Heizungswasser*

WÄRMEÜBERTRAGER: Apparat, der thermische Energie von einem Stoffstrom auf einen anderen überträgt. Er wird umgangssprachlich auch als Wärmetauscher bezeichnet. *Beispiele: Rohrbündel-Wärmeübertrager, Platten-Wärmeübertrager*

ZIRKULATIONSLEITUNG: Warmwasserleitung in der das Warmwasser permanent zirkuliert, um es an jeder Zapfstelle unverzüglich bereitzustellen.



11. LITERATURVERZEICHNIS/NORMEN

ADAM D. (2007): Effizienzsteigerung durch Nutzung der Bodenspeicherung, Ringvorlesung Ökologie TU-Wien, Wien, 2007

AEA (2013): www.energyagency.at/fakten-service/energie-in-zahlen.html, letzter Zugriff 15.9.2013

ALLPLAN (2008): Nutzung von Abwärmepotentialen in Wien, Allplan GmbH Wien: MA 27, EU-Strategie- und Wirtschaftsentwicklung Energie- und SEP Koordination (Hrsg.), 2008

E-CONTROL (2013): Stromkennzeichnungsbericht 2013, Wien: Energie-Control Austria

BIERMAYER, P. (2013): Innovative Energietechnologien in Österreich – Marktentwicklung 2012, Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, 2013, Wien

EG (2009): Informationen für Betreiber von Einrichtungen, die fluorierte Treibhausgase enthalten, Europäische Gemeinschaft, 2009, Luxemburg

EHPA (2012): Outlook 2012. European Heat Pump Statistics, Brussels

ERP RICHTLINE 2009/125/EG, Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energierelevanter Produkte

EU (2013): Amtsblatt L 239 der EU, 6.9.2013

GEA (2007): Abwasserwärmepumpenanlage Wien Blumental, Grazer Energieagentur GmbH, o.O.: Intelligent Energy Europe, Graz, 2007

LLUR (2001): Leitfaden zur geothermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Schleswig-Holstein, 2001

ÖNORM B 2279, Spezialtiefbauarbeiten – Aufschluss-, Brunnen- und Grundbauarbeiten – Werkvertragsnorm, Austrian Standards Institute, 1.7.2006

ÖNORM B 2531, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Nationale Ergänzungen zu den ÖNORMEN EN 806-1 bis -5, Austrian Standards Institute, 1.9.2012

ÖNORM B 2601, Wassererschließung – Brunnen – Planung, Bau und Betrieb, Austrian Standards Institute, 1.4.2004

ÖNORM B 5019, Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Wartung, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen, Austrian Standards Institute, 1.5.2011

ÖNORM EN 12831, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Austrian Standards Institute, 1.12.2003

ÖNORM EN 12828, Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen, Austrian Standards Institute, 1.1.2003

ÖNORM H 7500, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Nationale Ergänzung Austrian Standards Institute, 1.1.2006

ÖWAV (2009): ÖWAV – Regelblatt 207-2, Wärmepumpen – Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds - Heizen und Kühlen, Austrian Standards Institute, 2009

O.V. (2013): Top-Technik im Tempel der Badelust, in: KI Kälte . Luft . Klimatechnik, 04 (2013), S. 52–53

PRESETSCHNIK, A., HUBER, H. (2005): Monitoring of a ground coupled heat pump heating and cooling system for a multi story office building, Grenoble: Heat SET 2005

SCHINNERL, D., ET AL. (2007): AbwasserWärmenutzung . Leitfaden zur Projektentwicklung, Graz: Grazer Energieagentur GmbH, 2007

SCHWARZ, A., 9971 Matrikelnummer, Seblas 16–18, Key Account Manager der Firma IDM Energiesysteme, E-Mail, 17.4.2013

TSCHERNIGG, G., 1210 Wien, Giefinggasse 2, Engineer der Firma AIT Austrian Institute of Technology, Interview, 29.8.2013

TIPPELT, E., (2013): Die Zukunft der erdgekoppelten Wärmepumpen aus Sicht der Industrie, 12. Anwenderforum Oberflächennahe Geothermie, 19./20.3.2013, Neumarkt i.d.O./ OTTI Frankfurt

UBA (2004): Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoff-Inventur, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2003

VDI 2067, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung, Beuth Verlag, 1.9.2012

VDI 4650, Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen – Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung, Beuth Verlag, 1.3.2008

WIEN ENERGIE (2013), www.wienenergie.at/eportal/ep/channelView.do/pageTypeld/11889/channelId/-22147, letzter Zugriff: 27.8.2013

WWFSG 1989, Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz 1989 vom 29.4.1989, LGBl 1989/18, zuletzt geändert durch Gesetz vom 7.9.2011, LGBl 2011/23

WRG 1959, Wasserrechtsgesetz 1959, BGBl. 215/1959 (WV), zuletzt geändert durch Gesetz BGBl. I 98/2013

ZOTTLA., Nordman R. (2012): Concept for evaluation of SPF, IEE-Projekt SEPAMO.EU, 2012



ANHANG

Warmwasserbereitung für Kleinanlagen

In einem Einfamilienhaus lässt sich neben dem Raumwärmebedarf auch der Warmwasserbedarf entweder mit einer Heizungs-Wärmepumpe oder einer separaten Warmwasser-Wärmepumpe decken. Hier ist besonders gegenüber elektrisch direkt beheizten Warmwasserspeichern ein beträchtliches Energieeinsparpotenzial möglich.

Mit der in **ABB. 32** dargestellten Warmwasser-Wärmepumpe wird das Wasser durch einen am Speicher außenliegenden Kondensator erwärmt. Die Heizleistung liegt im Bereich von etwa 3 – 4 kW. Diese können entweder mit oder ohne Anschluss für Luftkanäle geliefert werden. Weiters können damit andere Abwärmequellen des Aufstellungs- oder die eines Nebenraums genutzt werden, wie z. B. zur Luftentfeuchtung in einem Wirtschaftsraum oder Kühlung eines Hobbyraums. Die **ABB. 33** zeigt einen Warmwasserspeicher mit einem innenliegenden Wärmeübertrager, der über ein Umschaltventil durch die Wärmepumpe mit Heizungswasser beaufschlagt wird. Bei dieser Ausführung ist die Heizleistung der Wärmepumpe zu beachten, denn die Übertragungsleistung des im Speicher eingebauten Wärmeübertragers ist aufgrund der Abmessungen begrenzt.

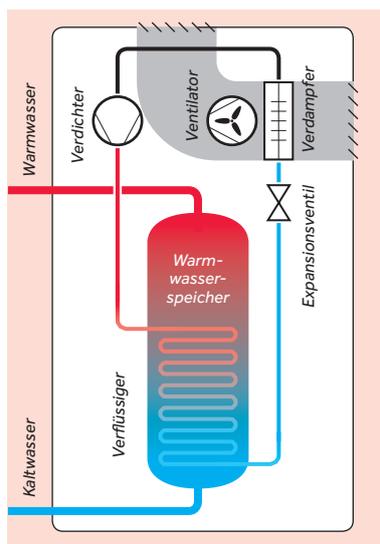


Abb. 32 Prinzipdarstellung einer Warmwasser-Wärmepumpe
Quelle: AIT 2013

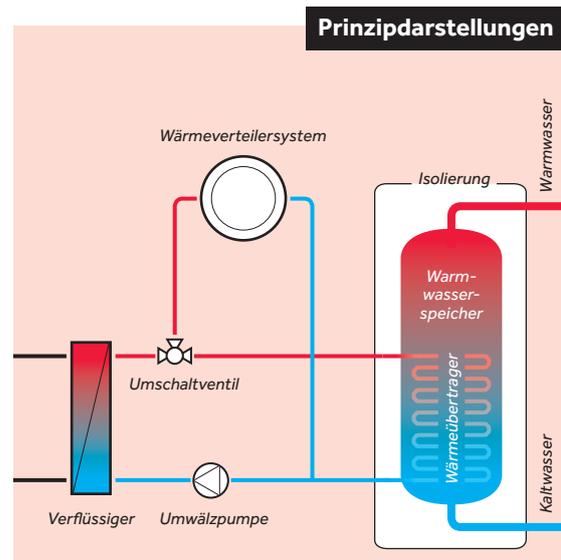


Abb. 33 Prinzipdarstellung einer Warmwasserbereitung mit einem innenliegenden Rippenrohr-Wärmeübertrager
Quelle: AIT 2013

Sollte die Heizleistung der Wärmepumpe nicht mit dem eingebauten Wärmeübertrager übertragen werden, so wird die in **ABB. 34** vorgeschlagene Anlagenkonfiguration mit einem externen Plattenwärmeübertrager empfohlen. Bei diesen Varianten werden entsprechend der Speichergröße relativ große Warmwassermengen bereitgehalten. Um in diesem Zusammenhang einer möglichen Legionellen- Problematik vorzubeugen, kann die Warmwasserbereitung mit einem Frischwassersystem, wie in **ABB. 35** gezeigt, erfolgen.

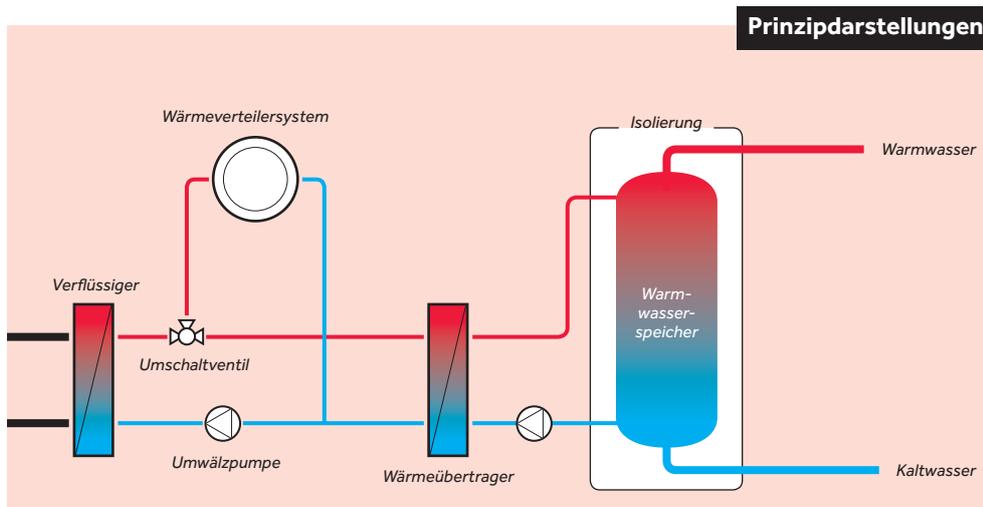


Abb. 34 Prinzipdarstellung einer Warmwasserbereitung mit einem externen Platten-Wärmeübertrager *Quelle: AIT 2013*

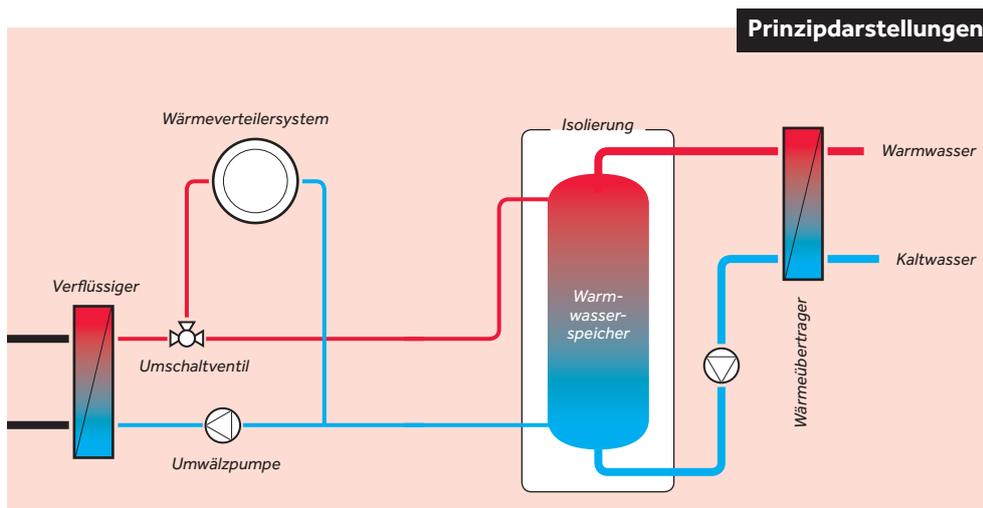


Abb. 35 Prinzipdarstellung einer Warmwasserbereitung mit einem Frischwassersystem *Quelle: AIT 2013*

Mit diesem System wird im Speicher kein Warmwasser sondern Heizungswasser gespeichert. Das Warmwasser wird mit einem großen Plattenwärmeübertrager zum Zeitpunkt der Warmwasserentnahme im Durchlaufverfahren erzeugt.

Um hygienische Beeinträchtigungen zu vermindern ist bei diesen Anlagen gemäß der ÖNORM B 2531²⁸ sicherzustellen, dass an der Warmwasser-Zapfstelle 30 Sekunden nach dem vollen Öffnen der Wasserarmatur eine Mindesttemperatur von 45°C erreicht wird. Sollte das, aufgrund größerer Leitungslängen nicht möglich sein, ist eine Zirkulationsleitung²⁹ vorzusehen.

28 ÖNORM B 2531, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen

29 Warmwasserleitung in der das warme Brauchwasser permanent zirkuliert, um es an jeder Zapfstelle unverzüglich bereitzustellen.

Warmwasserbereitung für Großanlagen

Bei zentralen Warmwasser-Bereitungsanlagen wie zum Beispiel im mehrgeschossigen Wohnbau sind entsprechend der Anzahl an Wohneinheiten große Speicher notwendig, um dem Warmwasserbedarf gerecht zu werden. Bei solchen Großanlagen sind die Anforderungen der ÖNORM B 5019³⁰ einzuhalten.

Bei Anlagen, die dem in der **ABB. 34** dargestellten Schema entsprechen, empfiehlt die ÖNORM B 5019 bei der Dimensionierung des Speichervolumens, dass dessen Inhalt den halben Warmwasserbedarf eines Tages nicht übersteigt. Damit ist sichergestellt, dass das Wasservolumen innerhalb von 24 Stunden zweimal umgesetzt wird. Weiters muss das Warmwasser beim Eintritt in das Verteilsystem ganzjährig mindestens 60° C aufweisen. Beim Einsatz einer Zirkulationsleitung darf das Wasser beim Eintritt in den Wassererwärmer nicht kälter als 55° C sein. Auch hier kann der Einsatz von Frischwassersystemen, wie in **ABB. 35** dargestellt, empfohlen werden.

Da für die Warmwasserbereitung Temperaturen bis zu 65° C notwendig sind, kann es sinnvoll sein, wie in der **ABB. 36** gezeigt, die Raumheizung mit einer Heizungswärmepumpe und die Warmwasserbereitung durch eine separate Wärmepumpe, die speziell für höhere Vorlauf-temperaturen konstruiert ist, zu betreiben.

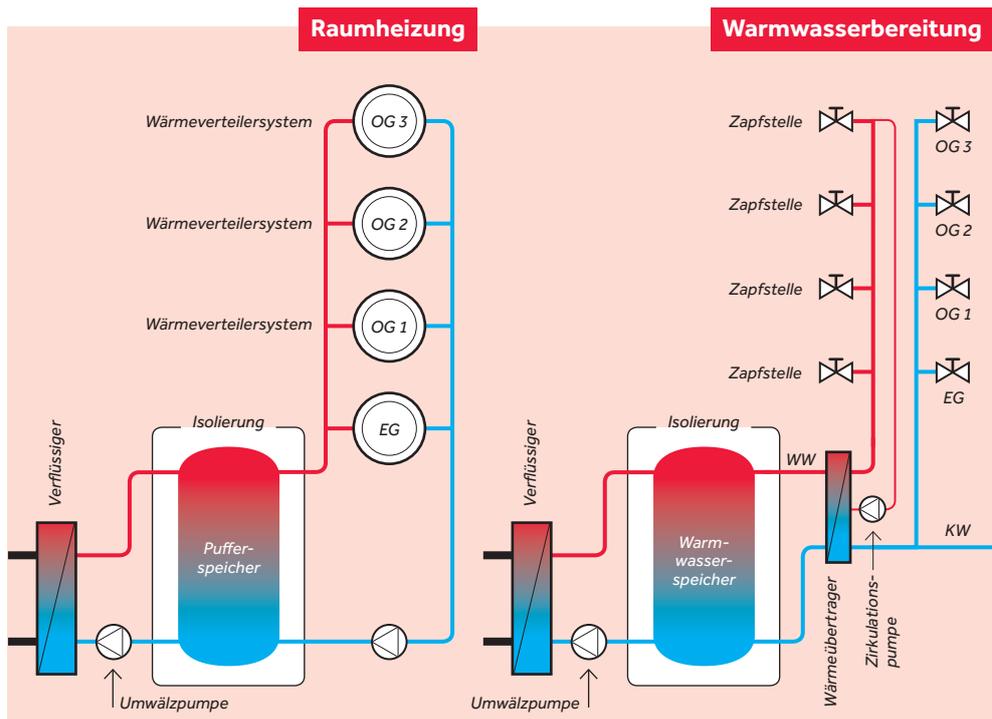


Abb. 36 Prinzipdarstellung einer Heizungsanlage mit separaten Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung mit einem zentralem Frischwassersystem *Quelle: AIT 2013*

³⁰ ÖNORM B 5019, Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Wartung, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen

Eine weitere Möglichkeit der Warmwasserbereitung zeigt die **ABB. 37**. Hier wird besonders in den Sommermonaten das Warmwasser primär mit einer solarthermischen Anlage erwärmt. Weiters enthält der Speicher eine Strömungslanze, damit sich eine bessere Schichtung im Speicher einstellen kann, wodurch größere Warmwasser-Zapfmengen erreicht werden. Zusätzlich wird hier das Kaltwasser in dezentralen Frischwasserstationen direkt in der Wohneinheit erwärmt.

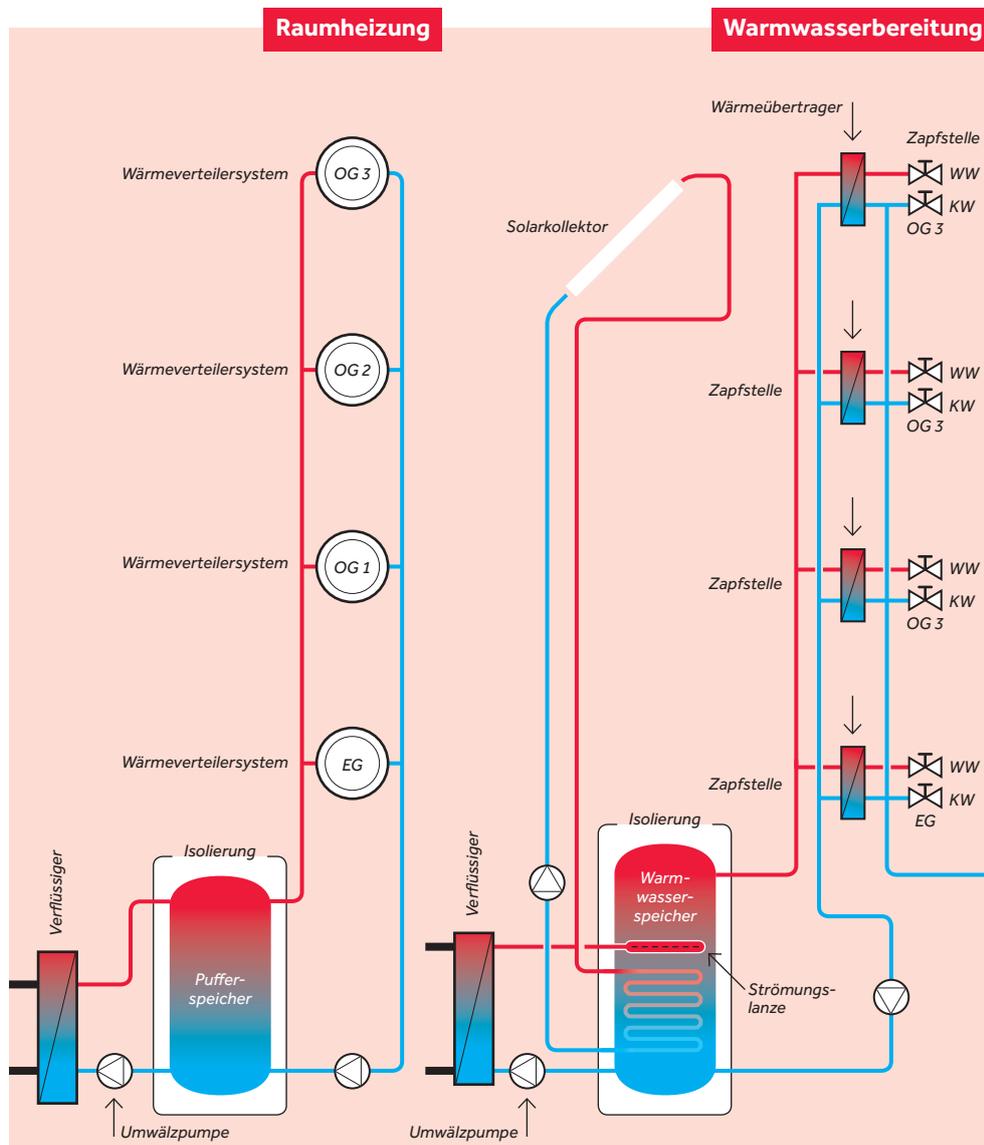


Abb. 37 Prinzipdarstellung einer Heizungsanlage mit separaten Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung mit dezentralen Frischwasserstationen und Einbindung einer solarthermischen Anlage Quelle: AIT 2013



NOTIZEN

