

IEA HPT ANNEX 60 LEITFADEN

Potenzialanalyse für Wärmepumpensysteme in
Nichtwohngebäuden und Erhebung geeigneter
Wärmepumpenlösungen

Projektteam:

Thomas Natiesta, AIT
Jerik Catal, AIT
Michaela Penn, AEA
Franziska Zimmer, AEA

31.01.2026

KURZFASSUNG

Der vorliegende Leitfaden wurde im Rahmen des nationalen Beitrags zum IEA HPT Annex 60: Retrofitting Heat Pump Systems in Large Non-domestic Buildings (deutscher Projekttitel: „IEA HPT Annex 60: Sanierung großer Nichtwohngebäude mit Wärmepumpen“) ausgearbeitet. Der Annex wurde als internationale Forschungs Kooperation im Rahmen des Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies der International Energy Agency (IEA) durchgeführt.

Der österreichische Projektbeitrag umfasste u.a. eine systematische Analyse bestehender nationaler und internationaler Studien, Normen und Richtlinien, die Erhebung gebäudespezifischer Charakteristika relevanter Nichtwohngebäudetypen sowie die Identifikation geeigneter Wärmepumpenlösungen in Abhängigkeit von Gebäudetyp, Systemkonfiguration und Sanierungstiefe. Ergänzend wurden Demonstrations- und Referenzprojekte (Fallbeispiele) erhoben, deren technische, wirtschaftliche und betriebliche Rahmenbedingungen analysiert und strukturiert aufbereitet. Die Ergebnisse wurden in nationale Berichte überführt, international eingebracht sowie im Rahmen von Fachveranstaltungen, Schulungsmaßnahmen und weiteren Disseminationsaktivitäten verbreitet.

Der inhaltliche Schwerpunkt des Projekts lag auf der Sanierung großer Nichtwohngebäude. Die erarbeiteten technischen Erkenntnisse, Bewertungsansätze und Systemanalysen sind jedoch nicht ausschließlich auf große Gebäude oder Sanierungsvorhaben beschränkt. Viele der untersuchten gebäudetechnischen Randbedingungen und Systemkonfigurationen sind grundsätzlich auch auf kleinere Nichtwohngebäude sowie auf Neubauten übertragbar, sofern vergleichbare technische Ausgangssituationen vorliegen.

Der Leitfaden stellt ausgewählte Projektergebnisse strukturiert dar und bietet eine methodische Grundlage zur Bewertung der Eignung von Nichtwohngebäuden für den Einsatz von Wärmepumpensystemen. Er richtet sich an Eigentümer:innen, Betreiber:innen sowie Entscheidungsträger:innen und dient als Orientierung für fundierte Vorentscheidungen. Eine detaillierte objektspezifische Fachplanung kann und soll er nicht ersetzen.

Das nationale Teilprojekt wurde im Rahmen des österreichischen Forschungs- und Innovationsprogramms Nachhaltig Wirtschaften durchgeführt und vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) gefördert. Den beteiligten Projektpartnern sowie dem Fördergeber wird für die Unterstützung gedankt.

Inhalt

| | |
|--|----|
| IEA HPT Annex 60 Leitfaden..... | 1 |
| Kurzfassung | 1 |
| Abkürzungsverzeichnis | 3 |
| Einleitung | 4 |
| 1 Potenzialanalyse für Wärmepumpenlösungen in Nichtwohngebäuden | 5 |
| 1.1 Datenbasis und Methodik | 5 |
| 1.2 Charakterisierung nach Nutzungsprofil und Zuordnung zu den Gebäudetypen..... | 8 |
| 1.3 Charakterisierung nach Gebäudegröße (Bruttogrundfläche) und nach thermischer Gebäudequalität | 9 |
| 1.4 Charakterisierung nach gebäudetechnischen Systemen und deren Relevanz für den Einsatz von Wärmepumpensystemen | 13 |
| 1.5 Potenzialableitung für den Wärmepumpeneinsatz in Nichtwohngebäuden im Bundesland Salzburg | 23 |
| 2 Erhebung geeigneter Wärmepumpenlösungen | 24 |
| 2.1 Industrie- und Gewerbegebäude..... | 24 |
| 2.2 Krankenhaus | 29 |
| 2.3 Einkaufszentren – Anforderungen an Wärmepumpensysteme..... | 32 |
| 2.4 Museen..... | 33 |
| 2.5 Bildungseinrichtung | 35 |
| 2.6 Wärmepumpenlösungen für Raumheizung und Trinkwassererwärmung – allgemeine Systemkonzepte | 36 |
| Fazit..... | 46 |
| Literatur | 47 |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---------------------|---|
| AEA | Austrian Energy Agency |
| AIT | Austrian Institute of Technology |
| AUL | Außenluft |
| BMK | Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie |
| CO ₂ | Kohlendioxid |
| EADB | Energieausweisdatenbank |
| EAVG | Energieausweis-Vorlage-Gesetz |
| EAWZ | Energieausweisplattform Vorarlberg |
| FBH | Fußbodenheizung |
| FWS | Frischwasserstation |
| HS | elektrischer Heizstab (elektrischer Zusatzheizer) |
| HWB | Heizwärmebedarf |
| HWB _{spez} | spezifischer Heizwärmebedarf |
| IEA | International Energy Agency |
| JAZ | Jahresarbeitszahl |
| KKM | Kältemaschine |
| Konv. | Konvektorheizung |
| LEKT | Gesamtenergieeffizienz-Faktor eines Gebäudes gemäß Energieausweis |
| NIWO | Nichtwohngebäude |
| OIB | Österreichisches Institut für Bautechnik |
| Rad. | Radiator |
| RLT | Raumluftechnik |
| TWE | Trinkwassererwärmung |
| TWW | Trinkwarmwasser |
| U _m | mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure |
| WP | Wärmepumpe |
| WUKSEA | Wiener Energieausweisplattform |
| ZEUS | Energieausweisplattform mehrerer österreichischer Bundesländer |

EINLEITUNG

Der vorliegende Leitfaden untersucht die Eignung von fünf Typen teilsanierter Nichtwohngebäude – Industrie- und Gewerbegebäude, Krankenhäuser, Bildungseinrichtungen, Museen und Einkaufszentren – für den Einsatz von Wärmepumpen.

Der Leitfaden gliedert sich in zwei inhaltliche Teile: Der erste Teil umfasst die datenbasierte Potenzialanalyse ausgewählter Gebäudetypen im Bundesland Salzburg. Der zweite Teil baut darauf auf und beschreibt typische Anforderungen sowie grundsätzlich geeignete Wärmepumpenlösungen für diese Gebäudetypen.

In Kapitel 1 werden auf Basis ausgewählter Energieausweise aus dem Bundesland Salzburg Parameter ausgewertet, die Rückschlüsse auf die grundsätzliche Eignung der Gebäude für Wärmepumpenlösungen erlauben; deren Aussagekraft wird dabei kritisch diskutiert. Neben Kennwerten zur thermischen Qualität der Gebäude werden auch Aspekte der Gebäudetechnik berücksichtigt. Auf Grundlage einer systematischen Auswertung der vorliegenden Energieausweise anhand zuvor definierter Kriterien wird das Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen für die jeweiligen Gebäudetypen abgeleitet.

In Kapitel 2 werden darauf aufbauend für die fünf analysierten Nichtwohngebäudetypen typische Anforderungen, Chancen und Grenzen des Wärmepumpeneinsatzes beschrieben und anhand ausgewählter (anonymisierter) Fallbeispiele konkretisiert. Ergänzende Checklisten bieten praxisnahe Orientierung für erste Planungsschritte. Darüber hinaus werden verschiedene, grundsätzlich übertragbare Wärmepumpenlösungen vorgestellt (siehe Kapitel 2.6). Die Bandbreite reicht von einfachen, rein heizungsorientierten Konzepten mit dezentraler elektrischer Trinkwassererwärmung bis hin zu integrierten Lösungen mit Kombipufferspeicher zur Einbindung in das Heizsystem und zentraler Trinkwassererwärmung. Sie unterscheiden sich hinsichtlich des erforderlichen Temperaturniveaus, der Betriebsführung sowie der Art der hydraulischen und systemtechnischen Integration.

Der Leitfaden schlägt damit eine Brücke zwischen der Potenzialanalyse auf Basis von Energieausweisen und der konzeptionellen Beschreibung realisierter beziehungsweise prinzipiell einsetzbarer Wärmepumpenlösungen und versteht sich als Grundlage für eine vertiefende, objektspezifische Fachplanung. Adressiert werden insbesondere Eigentümer:innen von Nichtwohngebäuden sowie Entscheidungsträger:innen, die den Einsatz von Wärmepumpensystemen in Erwägung ziehen. Ziel ist es, relevante Kriterien und Lösungsansätze aufzuzeigen, die als Grundlage für vertiefende, objektspezifische Planungen dienen. Aufgrund der Komplexität der Thematik können jedoch keine detaillierten Planungsempfehlungen gegeben werden; diese ersetzen nicht die Fachplanung durch ein qualifiziertes Planungsbüro.

1 POTENZIALANALYSE FÜR WÄRMEPUMPENLÖSUNGEN IN NICHTWOHNGBÄUDEN

Ziel dieses Kapitels ist es, eine erste datenbasierte Abschätzung des Potenzials für den Einsatz von Wärmepumpensystemen in ausgewählten Nichtwohngebäudetypen vorzunehmen. Grundlage dafür bilden Energieausweise aus dem Bundesland Salzburg, die eine Vielzahl relevanter Informationen enthalten. Durch die Auswertung dieser Daten werden Rahmenbedingungen identifiziert, unter denen Wärmepumpensysteme in Nichtwohngebäuden technisch sinnvoll eingesetzt werden können.

1.1 Datenbasis und Methodik

Damit die Gebäudetypologie als Grundlage für weiterführende Überlegungen zum Umstieg von einem fossilen Wärmeerzeugungssystem auf ein Wärmepumpensystem dienen kann, müssen die herangezogenen Kriterien so gewählt sein, dass sie praxisnah und auch von Laien unkompliziert ermittelt werden können.

Hilfreich ist dabei der Energieausweis, der in Österreich bei Verkauf, Vermietung oder Verpachtung von Gebäuden beziehungsweise Nutzungseinheiten verpflichtend vorzulegen ist. Der Energieausweis ist seit dem 1. Januar 2009 in Österreich verpflichtend. Diese Verpflichtung basiert auf dem Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG) [1], welches die EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [2] umsetzt. Energieausweise werden von zertifizierten Fachkräften erstellt, und die dabei ermittelten Parameter ins jeweilige, bundeslandspezifische, digitale Erfassungssystem hochgeladen. In Österreich wird dafür in sechs von neun Bundesländern die Plattform „ZEUS“ [3] (für Salzburg, Tirol, Steiermark, Kärnten, Niederösterreich, Burgenland), für Wien die Plattform „WUKSEA“ und für Vorarlberg die Plattform „EAWZ“ verwendet. Oberösterreich betreibt seit Ende 2025 eine eigene Landesenergieausweisdatenbank für die Registrierung von Energieausweisen. Die Statistik Austria erfasst die Daten der Energieausweise über die bundesländerspezifischen Datenbanken in der Energieausweisdatenbank (EADB) [4].

Nach Eintragung der Gebäudedaten wird der Energieausweis in der Regel als PDF-Datei zur Verfügung gestellt. Die wichtigsten Kennwerte sind auf den ersten beiden Seiten ersichtlich (siehe Abbildung 1). Die folgende Gebäudecharakterisierung am Beispiel von Gebäuden im Bundesland Salzburg soll auch fachfremden Anwenderinnen und Anwendern helfen, anhand der verfügbaren Daten aus dem Energieausweis – gegebenenfalls ergänzt durch eine Vor-Ort-Begehung – rasch geeignete Wärmepumpensysteme zu identifizieren.

The image shows a digital form for 'Energieausweis für Nicht-Wohngebäude' (Energy Certificate for Non-Residential Buildings). The form is divided into several sections:

- GEBÄUDE (Building Information):** Includes fields for building name, address, floor, and owner details.
- GEBÄUDEDATEN (Building Data):** Includes building area, number of floors, and construction year.
- KLIMADATEN (Climate Data):** Includes climate zone, heating system, and boiler temperature.
- SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEDARF BEI 3400 HEIZTAGEN (DIFFERENZKAMA) (Specific Heating Demand):** A bar chart showing energy demand levels from A++ (blue) to G (red).
- WÄRME UND ENERGIEDARF (Heat and Energy Demand):** A table with columns for heating demand, cooling demand, and energy demand.
- ERSTELLT (Created):** Fields for the issuer's name, address, and contact information.
- ERKLÄRUNGEN (Explanations):** A section for additional notes or clarifications.

Abbildung 1: Vorlage Energieausweis für Nichtwohngebäude

Zur Erhebung der Gebäudetypologie der im Projekt adressierten Nichtwohngebäudetypen wurden exemplarisch Datensätze aus dem Bundesland Salzburg analysiert. Kenngrößen, die ausschließlich in Salzburg verpflichtend sind (z. B. der Lekt-Wert), blieben unberücksichtigt. Vorrangig wurden jene Informationen herangezogen, die im Energieausweis unmittelbar zugänglich sind. Ergänzend flossen zusätzliche, gebäudetechnische Kriterien in die Bewertung ein, die für die Potenzialabschätzung relevant sind (z. B. typische Betriebszeiten oder erforderliche Temperaturbereiche), jedoch nicht direkt im Energieausweis enthalten sind. Abbildung 2 zeigt ein sechsstufiges Ablaufschema zur systematischen Prüfung der potenziellen Eignung von Nichtwohngebäuden für den Einsatz von Wärmepumpensystemen. Anhand der Schritte 1–4 wurden die Salzburger Energieausweise auf die im Projekt adressierten Gebäudetypen eingegrenzt. Darüber hinaus wurde analysiert, welche im Energieausweis dokumentierten Informationen für die Beurteilung der grundsätzlichen Eignung eines Gebäudes für den Einsatz von Wärmepumpensystemen relevant sind und ob gebäudetypspezifische Charakteristika identifiziert werden können.

Die einzelnen Gebäudetypen wurden anschließend detailliert hinsichtlich ihrer gebäudetechnischen Anforderungen (z. B. Betriebszeiten, Raumluftkonditionierung, Raumheizung und Trinkwassererwärmung) untersucht. Ziel war es, typische Rahmenbedingungen zu identifizieren, die den Einsatz von Wärmepumpensystemen begünstigen oder einschränken können. Auf dieser Basis wurde das Potenzial in Salzburg exemplarisch anhand ausgewählter Energieausweise durch gezielte Filterkriterien ermittelt.

Die Schritte 1 (Gebäudetyp) und 2 (Gebäudegröße) dienen einerseits der Bereinigung der übermittelten Energieausweise, um die im Projekt relevanten Nichtwohngebäudetypen herauszufiltern. Andererseits stellen sie wesentliche Parameter zur Abschätzung der Größenordnung und möglicher Leistungsklassen potenziell einsetzbarer Wärmepumpensysteme dar. Schritt 3 schließt Objekte mit unzureichender thermischer Qualität der Gebäudehülle aus, da diese nicht Bestandteil des Projekts sind oder vor einer Umstellung auf ein Wärmepumpensystem energetisch saniert werden müssen.

In Schritt 4 erfolgt die Charakterisierung der in den Energieausweisen dokumentierten Gebäude nach der jeweils ausgewiesenen Gebäudetechnik sowie die Bewertung der daraus ableitbaren Potenziale für den Einsatz von Wärmepumpensystemen in Nichtwohngebäuden.

Grundlage der Analyse bilden einschlägige OIB-Richtlinien und DIN-Normen für gebäudetechnische Anlagen sowie eine strukturelle Auswertung geeigneter Objektkategorien im Bundesland Salzburg. Exemplarisch wurden hierfür Salzburger Energieausweise mit einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m² herangezogen.

Da die eingesetzte Gebäudetechnik maßgeblich nutzungsabhängig ist, werden die Gebäudetypen gesondert betrachtet. Der Fokus liegt auf der Substitution fossiler Energieträger; Gebäude mit nicht-fossilen Heizsystemen (z. B. Fernwärme oder Biomasse) oder bereits vorhandenen Wärmepumpensystemen wurden daher in die weitere Betrachtung nicht miteinbezogen.

Die Schritte 5 (Heiz- und Kühllast) und 6 (Freiflächen für geothermische Anlagen) dienen der Abschätzung der erforderlichen Leistungsbereiche möglicher Wärmepumpensysteme sowie der Prüfung, ob Wasser- bzw. Erdwärmepumpen grundsätzlich realisierbar sind. Eine zusätzliche Filterung der Salzburger Energieausweise nach diesen Kriterien wurde nicht vorgenommen, da dies für den vorliegenden Leitfaden keinen wesentlichen zusätzlichen Erkenntnisgewinn erbracht hätte und entsprechende Angaben im Energieausweis nicht enthalten sind.

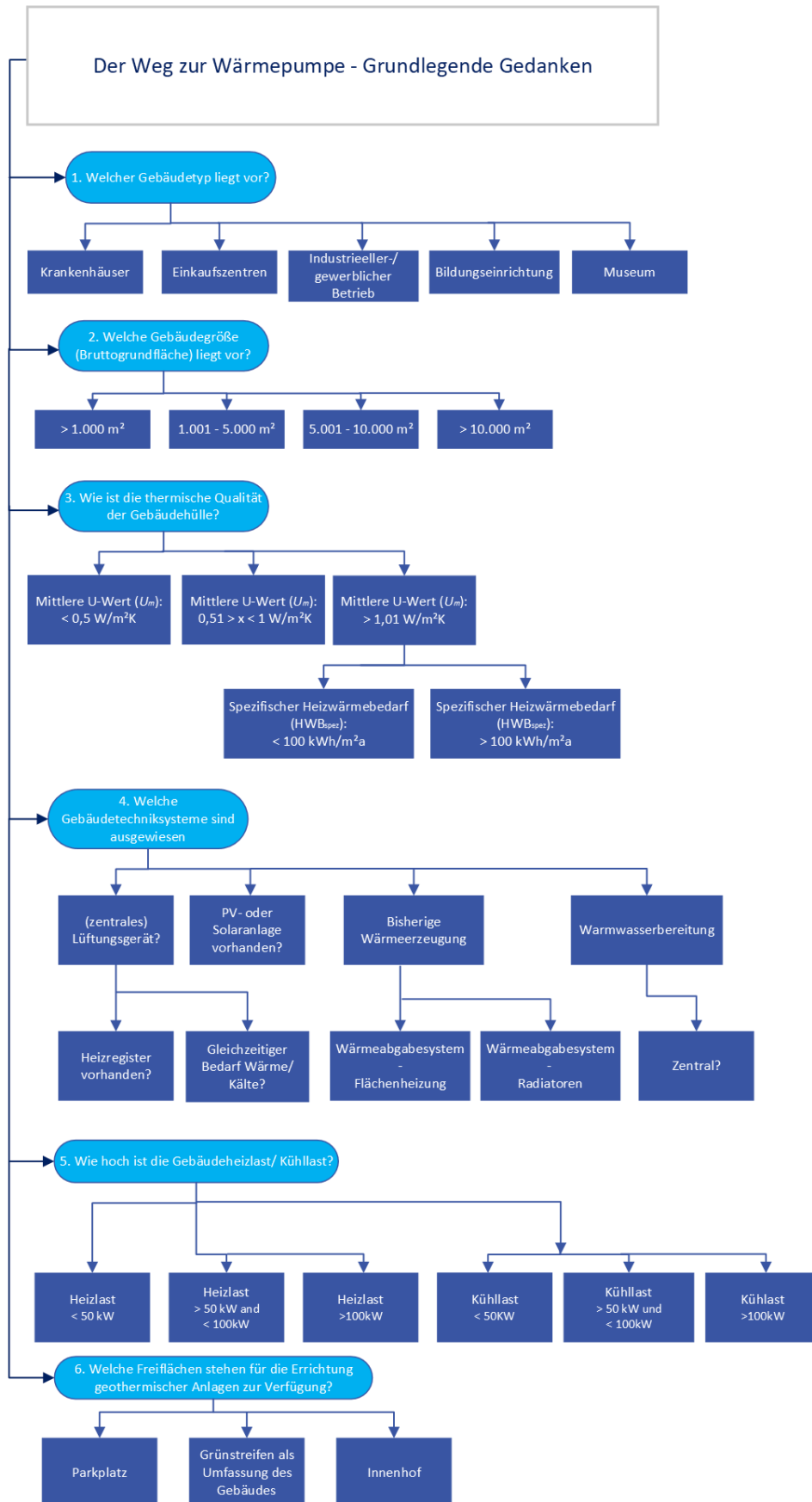


Abbildung 2: Ablaufdiagramm der sechsstufigen Methodik zur Potenzialanalyse von Wärmepumpensystemen in Nichtwohngebäuden. Quelle: AEA 2024.

1.2 Charakterisierung nach Nutzungsprofil und Zuordnung zu den Gebäudetypen

Für die im Projekt adressierten Arten von Nichtwohngebäude liegt die in Tabelle 1 dargestellte Anzahl von Datensätzen je Gebäudetyp für Salzburg vor. Die Tabelle listet auch alle dem jeweiligen Gebäudetyp zugeordneten „Nutzungsprofile“ auf. Unter „Nutzungsprofil“ wird im Folgenden die im Energieausweis gemäß ZEUS-Datenbank hinterlegte standardisierte Gebäudekategorie verstanden, die auf den Vorgaben der OIB-Richtlinie 6 basiert. Dabei ist anzumerken, dass eine Neuordnung der im Energieausweis wählbaren Nutzungsprofile stattgefunden hat (gemäß der OIB-Richtlinie [5]), die jedoch nur für neu angemeldete Energieausweise gilt. Zu diesem Zeitpunkt bereits registrierte Energieausweisdaten wurden nicht neu zugeordnet. Die Neuordnung wurde bei der Auswahl der Filter berücksichtigt. Demnach werden Museen dem Nutzungsprofil „Bildungseinrichtung“ zugeordnet und nicht separat ausgewiesen. Nach Inkrafttreten der neuen Richtlinie gibt es nun zwar die Kategorie „Museum“, in den vorliegenden Salzburger Energieausweisen sind jedoch keine Daten für diese Kategorie vorhanden.

Des Weiteren zeigte sich, dass die Datenlage keine belastbare Unterscheidung zwischen unsanierten und (teil-)sanierten Bestandsgebäuden sowie Neubau (im Energieausweis unter Kategorie „Nutzungstyp“) erlaubt.

Aus diesem Grund wurden für die Auswertung die Daten aller Energieausweise aus Salzburg herangezogen.

Tabelle 1: Anzahl der vorliegenden Energieausweise je Gebäudetyp sowie zugeordnete Nutzungsprofile gemäß ZEUS-Datenbank (Salzburg)

| Gebäudetypen | Bezeichnungen der entsprechende Nutzungsprofile in ZEUS | Anzahl der Energieausweise |
|-----------------------------------|---|----------------------------|
| Industrie-/ Gewerbegebäude | „Sonstiges_konditioniertes_Gebäude“ „Sonstiges_Gebäude_niedrige_Innentemperatur“ „Betriebsgebäude“ | 834 |
| Krankenhäuser | „Krankenhaus“ | 36 |
| Einkaufszentren | „Verkaufsstätte“ | 775 |
| Bildungseinrichtungen | „Bildungseinrichtung“ „Kindergarten_Pflichtschule“ „Höhere Schule_Hochschule“ „Höhere Schule_Hochschule_V40“ „Schulen_unbekannt_v2“ „Kindergarten“ „Kindergarten_Pflichtschule_V40“ | 539 |
| Museen | <i>Museen werden lt. OIB-Richtlinie 6 unter Bildungseinrichtung/Unterrichtsgebäude geführt [5]</i> | |

Damit stehen in Summe 2184 Datensätze der adressierten Arten von Nichtwohngebäuden für die weitere Betrachtung zur Verfügung.

1.3 Charakterisierung nach Gebäudegröße (Bruttogrundfläche) und nach thermischer Gebäudequalität

Zuerst wurden die Datensätze von Nichtwohngebäuden in Salzburg anhand der zu beheizenden Fläche charakterisiert. Tabelle 2 zeigt die Anzahl der vorliegenden Energieausweise für verschiedene Gebäudetypen und deren Bruttogrundfläche.

Tabelle 2: Verteilung der vorliegenden Datensätze nach Bruttogrundfläche. Grau hinterlegte Daten entsprechen nicht den im Projekt adressierten Gebäudetypen, der blau hinterlegte Datenbereich wird in Kapitel 1.4 näher betrachtet.

| Gebäudetyp | Bruttogrundfläche | | | |
|----------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | ≤ 1.000 m ² | 1.001 - 5.000 m ² | 5.001 – 10.000 m ² | > 10.000 m ² |
| Industrie-/ Gewerbegebäude | 594 | 207 | 23 | 11 |
| Krankenhäuser | 13 | 10 | 8 | 5 |
| Einkaufszentren | 617 | 143 | 4 | 10 |
| Bildungseinrichtungen | 215 | 240 | 59 | 25 |
| Museen | - | - | - | - |

Die grau hinterlegten Datensätze werden nicht weiter berücksichtigt, da sie unter Umständen nicht den im Projekt adressierten Gebäudetypen entsprechen. Denn laut der OIB-Richtlinie 6 werden auch Gemeinschaftspraxen oder Ambulanzen in der Kategorie „Krankenhäuser“ gelistet. Um nur tatsächliche Krankenhäuser in der weiteren Auswertung berücksichtigen zu können, werden Datensätze dieser Kategorie mit einer Bruttogrundfläche von < 1.000 m² vernachlässigt, da es sich hierbei höchstwahrscheinlich um Gemeinschaftspraxen bzw. Ambulanzen handelt. Ähnliches gilt für Einkaufszentren. Hier umfasst das zugeordnete Nutzungsprofil „Verkaufsstätten“ auch kleine Läden. Generell lässt die Verteilung der Bruttogrundfläche der verschiedenen Gebäudetypen aufgrund der breiten Streuung keine klare Charakteristik erkennen. Für Museen sind wie erwähnt leider keine explizit ausgewiesenen Energieausweise aus Salzburg verfügbar und können damit nicht separat berücksichtigt werden.

Im nächsten Schritt erfolgte die Charakterisierung der Gebäude hinsichtlich ihrer thermischen Qualität. Hierfür wurde zunächst der mittlere U-Wert (U_m) herangezogen. Dieser stellt ein Maß für die Wärmedämmeigenschaften eines Gebäudes dar und ergibt sich aus der flächengewichteten Mittelung der U-Werte der einzelnen Bauteile. Als allgemeine Orientierung gilt: Je niedriger der mittlere U-Wert, desto höher ist die thermische Qualität der Gebäudehülle. Eine klare Differenzierung zwischen den betrachteten Gebäudetypen ließ sich auf Basis dieses Kennwertes jedoch nicht erkennen.

Um dennoch eine strukturierte Einordnung der Energieausweise vornehmen zu können, wurden die Gebäude anhand ihres mittleren U-Wertes in drei Kategorien unterteilt. Als Referenzgröße wurde dabei unter anderem das Anforderungsniveau eines Passivhauses herangezogen [6]. Für Passivhäuser gelten U-Werte opaker Außenbauteile von unter 0,15 W/(m²K) sowie U-Werte von Fenstern und Türen von maximal 0,8 W/(m²K). Unter der vereinfachenden Annahme eines Anteils opaker Flächen von 75 % und eines Fenster- bzw. Türanteils von 25 % ergibt sich daraus ein mittlerer U-Wert von $U_m = 0,3125$ W/(m²K), der von einem Passivhaus nicht überschritten werden darf.

Auf dieser Grundlage erfolgte die Einteilung der vorliegenden Energieausweise in folgende Bereiche:

- $U_m \leq 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- $0,5 < U_m \leq 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- $U_m > 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Im Rahmen der Untersuchung zeigte sich jedoch, dass der mittlere U-Wert allein keine belastbare Aussage über die tatsächliche thermische Qualität der Gebäudehülle erlaubt. Da es sich um einen flächengewichteten Mittelwert handelt, können sehr unterschiedliche Gebäudehüllen zu identischen U_m -Werten führen. So kann beispielsweise ein gut gedämmtes Gebäude mit hohem Glasflächenanteil denselben mittleren U-Wert aufweisen wie ein Gebäude mit überwiegend opaken, jedoch unzureichend gedämmten Bauteilen. Für eine fundierte Bewertung des Sanierungsbedarfs ist daher eine zusätzliche Betrachtung des standortbezogenen spezifischen Heizwärmebedarfs (HWB_{spez}), der ebenfalls im Energieausweis enthalten ist, erforderlich.

Für Gebäude mit $U_m > 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wurde daher eine weitere Differenzierung nach dem HWB_{spez} vorgenommen ($\leq 100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ bzw. $> 100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$). Für Objekte mit $U_m > 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\text{HWB}_{\text{spez}} > 100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ wird eine Sanierung der thermischen Gebäudehülle empfohlen. Im Sinne einer energieeffizienten Systemauslegung sollte zunächst der Energiebedarf durch bauliche Maßnahmen reduziert werden, da andernfalls Wärmepumpensysteme überdimensioniert werden müssten, was sich nachteilig auf Effizienz und Lebensdauer auswirken kann. Datensätze dieser Kategorie wurden daher in der weiteren Potenzialanalyse nicht berücksichtigt.

Werden die vorliegenden Energieausweise des Bundeslands Salzburg entsprechend der in Abbildung 2 dargestellten Kriterien – Gebäudetyp, Bruttogrundfläche sowie thermischer Qualität des Gebäudes (U_m und HWB_{spez}) – gefiltert, ergibt sich die in Tabelle 3 dargestellte Verteilung. Die ausgewiesenen Zahlen berücksichtigen ausschließlich Datensätze mit vollständigen Angaben zu U_m und HWB_{spez} . Energieausweise ohne Angabe des HWB_{spez} wurden nicht in die jeweilige Kategorie eingerechnet. Hochgestellte Ziffern kennzeichnen die Anzahl jener Fälle mit fehlenden HWB_{spez} -Angaben, sodass die tatsächliche Anzahl von Gebäuden in den betroffenen Kategorien höher ausfallen kann. Das Sternsymbol (*) markiert jene Datensätze mit $U_m > 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $\text{HWB}_{\text{spez}} > 100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, für die eine Sanierung der thermischen Gebäudehülle empfohlen wird.

Tabelle 3: Anzahl der Salzburger Energieausweise gegliedert nach Gebäudetyp, Bruttogrundfläche, mittlerem U-Wert (U_m) und spezifischem Heizwärmebedarf (HWB_{spez}).

| Gebäudetyp | Bruttogrundfläche | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------|-------------------|--|------------------------------------|-------------------|--|------------------------------------|------------------|--|------------------------------------|------------------|--|
| | ≤ 1.000 m ² | | | 1.001 – 5.000 m ² | | | 5.001 – 10.000 m ² | | | > 10.000 m ² | | |
| Industrie-/ Gewerbe | 594 | | | 207 | | | 23 | | | 9 | | |
| | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | |
| | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | x > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 |
| | 314 | 167 | 113 | 113 | 65 | 29 | 15 | 5 | 3 | 6 | 3 | - |
| | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) |
| | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | |
| | | 1 ¹ 83 | | | 3 ² 17 | | | 3 - | | | - - | |
| Krankenhäuser | | | | 10 | | | 8 | | | 5 | | |
| | | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | |
| | | | | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 |
| | | | | 6 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| | | | | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) |
| | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | | | | |
| | | - 3 | | | - 1 | | | - 1 | | | | |
| Einkaufszentren | | | | 143 | | | 4 | | | 10 | | |
| | | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | | U_m -Wert (W/(m ² K)) | | |
| | | | | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | x ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 |
| | | | | 88 | 39 | 14 | 2 | 2 | - | 5 | 5 | - |
| | | | | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) | | | HWB_{spez} (kWh/(m ² a)) |
| | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | | | ≤ 100 > 100 * | | | | |
| | | 1 13 | | | - - | | | - - | | | | |

| Gebäudetyp | Bruttogrundfläche | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|-------------|--|---|-------------|-----|--|-------------|-----|---|--|---------|---|----|--|---------|
| | ≤ 1.000 m ² | | | 1.001 – 5.000 m ² | | | 5.001 – 10.000 m ² | | | > 10.000 m ² | | | | | | |
| Bildungseinrichtungen | 215 | | | 240 | | | 59 | | | 22 | | | | | | |
| | U _m -Wert (W/(m ² K)) | | | U _m -Wert (W/(m ² K)) | | | U _m -Wert (W/(m ² K)) | | | U _m -Wert (W/(m ² K)) | | | | | | |
| | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | ≤ 0,5 | 0,5 < x ≤ 1 | > 1 | | | | |
| | 123 | 71 | 21 | | 138 | 75 | 27 | | 29 | 24 | 6 | | 7 | 14 | 1 | |
| | | | HWB _{spez} (kWh/(m ² a)) | | | | HWB _{spez} (kWh/(m ² a)) | | | | HWB _{spez} (kWh/(m ² a)) | | | | HWB _{spez} (kWh/(m ² a)) | |
| | | | ≤ 100 | > 100 * | | | ≤ 100 | > 100 * | | | ≤ 100 | > 100 * | | | ≤ 100 | > 100 * |
| | | - | 21 | | | 3 | 24 | | | 2 | 4 | | | - | 1 | |

1.4 Charakterisierung nach gebäudetechnischen Systemen und deren Relevanz für den Einsatz von Wärmepumpensystemen

Nach den bisher durchgeführten Charakterisierungsschritten (Gebäudekategorie, Bruttogrundfläche und thermische Qualität der Gebäudehülle) ist das Ziel in Schritt 4, die in den Energieausweisen beschriebenen Gebäude nach der im Energieausweis ausgewiesenen Gebäudetechnik zu charakterisieren und die sich daraus ableitenden Potenziale für den Einsatz von Wärmepumpensystemen zu bewerten. Hierzu werden die in den jeweiligen Nichtwohngebäudetypen typischerweise eingesetzten gebäudetechnischen Systeme sowie die daraus resultierenden nutzungsbedingten technischen Anforderungen systematisch daraufhin analysiert, inwieweit sie das Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen in Nichtwohngebäuden beeinflussen. Exemplarisch wurden dafür die Salzburger Energieausweise mit einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m² untersucht (siehe Tabelle 2). Im Gegensatz zu den zuvor genannten Kriterien, ist die eingesetzte Gebäudetechnik von der Art der Gebäudenutzung abhängig und es ergeben sich gebäudetypspezifische Besonderheiten. Aus diesem Grund werden die einzelnen Gebäudetypen im Folgenden gesondert behandelt.

Wärmepumpensysteme können grundsätzlich in vier Bereichen der Gebäudetechnik eingesetzt werden: Raumluftechnik (RLT), Raumheizung, Raumkühlung, sowie Trinkwassererwärmung. Spezielle, anwendungsbezogene Prozesswärme bzw. -kälte wird im Rahmen dieses Projektes nicht betrachtet. Die Raumkühlung wird in diesem Kapitel systemisch im Rahmen der RLT betrachtet und nicht als eigenständige Kategorie geführt.

Raumluftechnik (RLT)

In Nichtwohngebäuden bestehen häufig Anforderungen an die Raumluft, die über die reine Bereitstellung von Heizwärme hinausgehen. Dazu zählen beispielsweise definierte Luftwechselraten, Anforderungen an die Luftfeuchtigkeit oder an die thermische Behaglichkeit. In solchen Fällen kommen spezielle mechanische Lüftungsanlagen (RLT-Anlagen) zum Einsatz, um definierte Raumluftbedingungen sicherzustellen.

Im Energieausweis umfasst die Angabe „mechanisch“ sowohl einfache Abluftanlagen (z. B. WC-Abluft) als auch komplexe RLT-Anlagen. Einzelne reine Abluftanlagen ohne thermische Behandlung der Zuluft wurden nicht weiter berücksichtigt, da sie über kein wassergeführtes Heiz- oder Kühlregister verfügen und daher keine direkte Einbindung in ein Wärmepumpensystem ermöglichen. Zudem ist ihr Potenzial als nutzbare Wärmequelle aufgrund geringer Volumenströme und fehlender systematischer Wärmerückgewinnung begrenzt. Im weiteren Verlauf werden solche Anlagen daher nicht als RLT-Anlagen im Sinne dieses Leitfadens verstanden. Zentrale RLT-Anlagen mit Zu- und Abluftführung sowie wassergeführtem Heizregister bieten hingegen die Möglichkeit, das Heizregister über eine Wärmepumpe zu versorgen.

Ist zusätzlich ein Kühlregister zur Kühlung bzw. Entfeuchtung der Zuluft vorhanden, erhöht sich das Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen, da diese reversibel betrieben werden können und somit sowohl Wärme als auch Kälte bereitstellen können.

Für die Entfeuchtung wird die Zuluft in zentralen RLT-Anlagen üblicherweise über ein Kühlregister unter den Taupunkt abgekühlt. Das Kühlregister wird dabei typischerweise mit einer Kaltwasservorlauftemperatur zwischen 6–12 °C betrieben.

Heizregister zur Erwärmung der Zuluft werden üblicherweise mit Heizwasservorlauftemperaturen im Bereich von etwa 30–40 °C (Wiedererwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung) bzw. bis 55 °C (für gezielte Wärmeeinbringung über die Zuluft) betrieben.

Raumheizung

Bei der Raumheizung wird zwischen Heizungstyp und Wärmeabgabesystem unterschieden. Während mit Heizungstyp der primäre Energieträger für die Wärmeerzeugung gemeint ist (z. B. Gas, Öl etc.), umfasst der Begriff Wärmeabgabesystem die Technik, mit der die Wärme in den Räumen verteilt wird, also z. B. über Heizkörper (Radiatoren) oder Flächenheizungen wie Fußboden- oder Deckenheizung. Flächenheizungen werden in der Regel in einem Temperaturbereich von 30–40 °C betrieben, während in Bestandsgebäuden 60–70 °C ein typischer Temperaturbereich für die Versorgung von Radiatoren ist. Insofern ist der Einbau eines Wärmepumpensystems in einem Gebäude, das bereits mit einer Flächenheizung ausgestattet ist, besonders empfehlenswert, da durch die niedrigere Vorlauftemperatur der Flächenheizung diese besonders energieeffizient betrieben werden kann. Auch Radiatoren können mit einer Wärmepumpe effizient versorgt werden, der höhere benötigte Temperaturbereich muss bei der Planung allerdings berücksichtigt werden.

Da der Fokus auf der Substitution fossiler Heizsysteme durch Wärmepumpensysteme liegt, werden jene Nichtwohngebäude, die über eine Biomasseheizung verfügen, in der Potenzialanalyse nicht weiter betrachtet. Sie werden ausgeschlossen, da sie bereits auf einem erneuerbaren Energieträger basieren und somit nicht im Zentrum dieser Untersuchung stehen. Jene Nichtwohngebäude, die an ein Fernwärmenetz angeschlossen sind, werden ebenfalls ausgeschlossen, da es sich um eine leitungsgebundene Wärmeversorgung auf Netzebene handelt, deren Dekarbonisierung primär auf Ebene des Wärmenetzes erfolgt. Viele Fernwärmenetze werden bereits teilweise oder vollständig erneuerbar betrieben oder befinden sich in Umstellung auf erneuerbare Energieträger. In solchen Fällen besteht aus klimapolitischer Sicht kein unmittelbarer Substitutionsbedarf auf Gebäudeebene. Zudem bestehen in zahlreichen Gemeinden Anschlussverpflichtungen oder raumordnungsrechtliche Vorgaben. Die Transformation von Fernwärmenetzen ist daher nicht Gegenstand dieser gebäudebezogenen Analyse. Ebenso sind jene Gebäude, die laut Energieausweis bereits über ein Wärmepumpensystem verfügen (dort als „WP“ bezeichnet), natürlich ebenso aus der Analyse ausgenommen.

Der Schwerpunkt liegt somit auf Nichtwohngebäuden mit den Heizungstypen „Gas“, „Öl“ oder „Strom direkt“ (z. B. Nachtstromheizung, Infrarotpaneele etc.). Direkt-elektrische Heizsysteme werden deshalb berücksichtigt, da sie im Vergleich zu Wärmepumpensystemen deutlich weniger effizient arbeiten und für die gleiche Wärmemenge wesentlich mehr Strom benötigen. Da erneuerbarer Strom nur begrenzt verfügbar ist und möglichst effizient eingesetzt werden sollte, besteht auch bei diesen Nichtwohngebäuden Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen, die nur einen Bruchteil des Stromverbrauchs von direkt-elektrischen Raumheizsystemen aufweisen.

Trinkwassererwärmung

Im Bereich der Trinkwassererwärmung ist die wichtigste Angabe aus dem Energieausweis, ob diese zentral oder dezentral erfolgt. Eine zentrale Trinkwassererwärmung erfordert einen Temperaturbereich von mindestens 60 °C direkt beim Erzeuger, so dass das Trinkwasser noch mindestens 55 °C am Abzweig zum letzten Verbraucher hat. Diese Temperatur dient, ebenso wie die permanente Zirkulation des Warmwassers, dem Schutz vor Legionellen (vgl. ÖNORM EN 806-1 bis 5 „Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen“ [7] und ÖNORM B 2531 „Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen – Nationale Ergänzungen“ [8]).

Bei dezentraler Trinkwassererwärmung – also der Erwärmung des Trinkwassers direkt an oder in unmittelbarer Nähe der Entnahmestelle – ist der Einsatz von elektrischen Durchlauferhitzern üblich. Diese könnten grundsätzlich auch durch Kleinstwärmepumpen ersetzt werden. Aufgrund des vergleichsweise hohen Installationsaufwands und der höheren Investitionskosten ist dies jedoch meist nur bei hohem und regelmäßigem Warmwasserbedarf sinnvoll. Da das Trinkwasser bei Durchlauferhitzern direkt an der Entnahmestelle und nur während des Verbrauchs erwärmt wird, erfolgt keine Speicherung des Warmwassers. Eine Mindesttemperatur von 60 °C zum Schutz vor Legionellen ist daher in der Regel nicht erforderlich. In vielen Anwendungen werden Auslauftemperaturen von etwa 35–40 °C eingestellt.

Gebäudemerkmale dieser drei Bereiche können also den Einsatz von Wärmepumpensystemen begünstigen. Anhand dieser Kriterien wurde exemplarisch ein Teil der Salzburger Energieausweise (mit einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m²) gefiltert und in

Tabelle 4 dargestellt, um abzuschätzen, wie viele Salzburger Objekte aufgrund dieser Kriterien für ein Wärmepumpensystem geeignet sein könnten. Die sich daraus ergebenden Potenziale wurden für die Kategorien Raumluftechnik (RLT), Raumheizung und Trinkwassererwärmung separat ermittelt, da sie sich nicht gegenseitig bedingen. Ein Gebäude, in dem die Raumwärme bereits durch einen nicht-fossilen Energieträger wie Biomasse bereitgestellt wird, kann dennoch ein hohes Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen aufweisen, wenn eine RLT-Anlage und eine zentrale Trinkwassererwärmung vorhanden sind. Ebenso ist ein Gebäude mit einer zentralen Gasheizung besonders für den Ersatz durch ein Wärmepumpensystem prädestiniert, auch ohne RLT-Anlage oder zentrale Trinkwassererwärmung. Eine detaillierte Auswertung der Daten und eine Analyse zusätzlicher gebäudetechnischer Anforderungen erfolgt in den Unterkapiteln zu den einzelnen Gebäudetypen.

Tabelle 4: Gebäudetechniksysteme laut Energieausweisen aus Salzburg. Hellblau markierte Daten sind Teilmengen dunkelblau markierter Daten. (RLT = Raumluftechnische Anlage, k.A. = keine Angabe)

| Gebäudetyp | Bruttogrundfläche 1.001 - 5.000 m ² | Lüftung | | | | Heizungstyp | | | | | Abgabesystem für Gas/ Öl/ Strom Direkt | | | Trinkwasser- bereitung | | |
|----------------------------|---|------------------|------------|-------------------|--------------------------|-------------|------------|----------|------|----------------------------|--|-----------------------------|------|---------------------------|-----------|------|
| | | natürlich / k.A. | mechanisch | ... davon mit RLT | ...mit Gebäudekühlung | Fernwärme | Wärmepumpe | Biomasse | k.A. | Gas / Öl / Strom Direkt | ... davon mit Flächenheizung | ... davon mit Radiatoren | k.A. | zentral | dezentral | k.A. |
| Industrie-/ Gewerbe | 207 | 196 | 11 | 5 | 0 | 46 | 7 | 6 | 85 | 63 | 4 | 33 | 26 | 49 | 31 | 127 |
| Krankenhäuser | 10 | 3 | 7 | 7 | 6 | 7 | 1 | - | - | 2 | 2 | - | - | 9 | 1 | - |
| Einkaufszentren | 143 | 87 | 56 | 41 | 24 | 56 | 29 | 5 | - | 53 | 6 | 42 | 5 | 57 | 85 | 1 |
| Bildungs- einrichtungen | 240 | 163 | 77 | 39 | 8 | 155 | 25 | 12 | - | 48 | 1 | 35 | 12 | 137 | 80 | 23 |

1.4.1 Industrie-/Gewerbegebäude

Zu diesem Gebäudetyp können all jene Gebäude hinzugerechnet werden, die im Energieausweis unter den in Tabelle 1 genannten Nutzungsprofilen geführt werden. Gebäude dieser Nutzungsprofile erfordern zwar eine Temperierung der Räumlichkeiten (Frostfreihaltung von 5 °C), die Anforderungen an die Innentemperaturen sind jedoch geringer als bei anderen Gebäudetypen. Die Mindesttemperaturen orientieren sich im Wesentlichen an der Arbeitsstättenverordnung, die für Arbeitsplätze mit hoher körperlicher Belastung mindestens 12 °C und für Arbeitsplätze mit geringer körperlicher Belastung mindestens 19 °C vorschreibt [9]. Für das Lastprofil von Industrie- und Gewerbegebäuden kann davon ausgegangen werden, dass sonntags und nachts nur wenig Heiz- oder Kühlenergie benötigt wird, da die Betriebszeiten in den meisten Fällen den üblichen Arbeitszeiten entsprechen.

Raumluftechnik (RLT)

Unter den 207 untersuchten Energieausweisen des Gebäudetyps Industrie- und Gewerbegebäude, und einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m², befinden sich fünf Objekte mit einer RLT-Anlage und kein Objekt mit ausgewiesener Raumkühlung. Sie stellen mit 2 % nur ein geringes Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen dar.

Raumheizung

Die Analyse der im Energieausweis ausgewiesenen Heizsysteme und Energieträger ergab folgendes Bild: Von den 207 Datensätzen verfügen sieben Objekte (3 %) bereits über ein Wärmepumpensystem. Weitere 53 Objekte (26 %) werden über Fernwärme oder Biomasse versorgt und werden daher im Rahmen dieser Betrachtung nicht weiter berücksichtigt. Bei 85 Datensätzen (41 %) liegen keine Angaben zum Heizsystem oder Energieträger vor. Die verbleibenden 63 Objekte (30 %) werden mit Gas-, Öl- oder direktelektrischen Heizsystemen beheizt und stellen somit das relevante Potenzial für eine Umstellung auf Wärmepumpensysteme dar. Dieses Potenzial wird im nächsten Schritt anhand der vorhandenen Wärmeabgabesysteme weiter differenziert.

Rund die Hälfte dieser 63 Objekte (33 Gebäude) nutzt Radiatoren zur Wärmeabgabe. Hierfür sind bei Bestandsgebäuden Vorlauftemperaturen im Bereich von 60–70 °C üblich. In vier Objekten (6 %) erfolgt die Wärmeabgabe über Flächenheizungen. Die hierfür erforderlichen Vorlauftemperaturen liegen typischerweise im Niedertemperaturbereich von 30–40 °C.

Trinkwassererwärmung

Bei 49 der untersuchten Energieausweise (24 %) ist eine zentrale Trinkwassererwärmung angegeben. Bei diesen Objekten käme für die Trinkwassererwärmung daher Wärmepumpeneinsatz infrage. Zur Vermeidung von Legionellen im Trinkwasser sind Temperaturen von 60–70 °C erforderlich. Die übrigen Datensätze weisen dezentrale Trinkwassererwärmung (31 Objekte bzw. 15 %) aus oder enthalten keine Angaben (127 Objekte bzw. 61 %).

In Tabelle 5 sind die aus den Salzburger Energieausweisen von Industrie- und Gewerbegebäuden abgeleiteten Potenziale für den Einsatz von Wärmepumpensystemen, die erforderlichen Temperaturbereiche, sowie eine Angabe zu üblichen Betriebszeiten übersichtlich dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht des Wärmepumpenpotenzials für den Gebäudetyp Industrie/Gewerbe des Bundeslandes Salzburg, gegliedert nach gebäudetechnischen Anforderungen, Bruttogrundfläche von 1.001–5.000 m²

| Industrie/Gewerbe | Potenzial für den Wärmepumpeneinsatz | Temperaturbereich | Anmerkungen |
|--|--------------------------------------|-------------------|--|
| Raumluftechnik (RLT) | 2 % | 55 °C | für Wärmeeinbringung über die Zuluft (Keine Kälteanforderung/ Raumkühlung) |
| Wärmebereitstellung | 30 % | 60-70 °C | davon 52 % über Radiatoren |
| | | 30-40 °C | davon 6 % über Flächenheizung |
| Trinkwassererwärmung | 24 % | 60-70 °C | gegen Legionellen-Kontamination |
| Sonstige, gebäudetechnische Anforderungen | | | |
| (Haupt-) Betriebszeiten | Montag bis Freitag, 6 – 18 Uhr | | |

1.4.2 Krankenhäuser

Für Krankenhäuser ist eine allgemein gültige Aussage bzgl. der gebäudetechnischen Anforderungen besonders schwer abzuleiten, da sie deutlich von den angebotenen Leistungen des Krankenhauses abhängen (Laboratorien, Operationssäle, Ambulanzen, Großküchen etc.).

Für Patientenzimmer und allgemeine Bereiche sollte die Temperatur zwischen 22 °C und 24 °C liegen, um den Komfort zu gewährleisten. Operationssäle erfordern eine präzise Temperaturkontrolle, oft zwischen 18 °C und 22 °C. In sterilen Lagerbereichen ist eine Temperatur von 22 °C bis 26 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von maximal 60 % nötig.

Grundsätzlich erforderlich ist ein durchgehender Betrieb an allen Wochentagen, Systemredundanz und Backup-Systeme für die Ausfallsicherheit.

Die wichtigsten Temperaturbereiche für verschiedene Anwendungen in Krankenhäusern sind:

- 6–12 °C: Kühlregister in Lüftungsanlagen zur Entfeuchtung/Kühlung der Zuluft
- 30–40 °C: Wird oft für Flächenheizungen und die Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung verwendet.
- 55 °C: Heizregister in Lüftungsanlagen zur Wärmeeinbringung über die Zuluft
- 60–70 °C: Typisch für Radiatoren und die Trinkwassererwärmung.
- (90–100 °C: Notwendig für die Sterilisation von Oberflächen und Instrumenten.)

Diese Temperaturbereiche sind entscheidend, um die unterschiedlichen Anforderungen in einem Krankenhaus zu erfüllen. Bis auf den Anwendungsfall der Sterilisation wäre bei allen genannten Anwendungsfällen (bzw. Temperaturbereichen) ein Wärmepumpeneinsatz denkbar.

Ausfallsicherheit

Da Krankenhäuser durchgehend in Betrieb sind, müssen auch die Versorgungsmedien in den jeweils benötigten Temperaturbereichen durchgehend zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, dass mindestens ein zweites Wärmeerzeugungssystem jederzeit zur Verfügung stehen muss, um Ausfallsicherheit zu gewährleisten was auch Reparatur- und Wartungsarbeiten am primären Wärmeerzeugungssystem bei laufendem Betrieb ermöglicht.

Raumluftechnik (RLT)

Die untersuchten 10 Datensätze des Gebäudetyps Krankenhaus und einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m² umfassen sieben Objekte mit einer RLT-Anlage, davon sechs Objekte mit Kühlung. Diese stellen mit 70 % bzw. 60 % ein hohes Potenzial für die Anwendung von Wärmepumpensystemen dar, insbesondere aufgrund der gleichzeitigen Anforderung von Wärme- und Kälteenergie.

Raumheizung

Von den 10 Datensätzen ist ein Objekt bereits mit einer Wärmepumpe ausgestattet. Sieben Objekte werden über Fernwärme versorgt und werden daher in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt. Die verbleibenden zwei Objekte (20 %) werden über Gas-, Öl- oder direkt-elektrische Heizsysteme versorgt und weisen damit grundsätzlich Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen auf. In beiden Fällen handelt es sich überwiegend um Flächenheizsysteme, die mit Heizungsvorlauftemperaturen von etwa 30–40 °C betrieben werden.

Trinkwassererwärmung

Die überwiegend zentrale Trinkwassererwärmung (9 zentral, 1 dezentral) erfordert zum Schutz vor Legionellen Temperaturen von über 60 °C und stellt damit erhöhte Anforderungen an das Temperaturniveau des Wärmeerzeugers; der Einsatz von Wärmepumpensystemen ist jedoch grundsätzlich möglich.

Tabelle 6: Übersicht des Wärmepumpenpotenzials für den Gebäudetyp Krankenhaus des Bundeslandes Salzburg, gegliedert nach gebäudetechnischen Anforderungen, Bruttogrundfläche von 1.001–5.000 m²

| Krankenhaus | Potenzial für den Wärmepumpeneinsatz | Temperaturbereich | Anmerkungen |
|--|--------------------------------------|--|--|
| Raumluftechnik (RLT) | 70 % | 6-12 °C | für Entfeuchtung der Zuluft (insgesamt 60 % mit Kälteanforderung) |
| | | 30-40 °C | für Entfeuchtung der Zuluft |
| | | 55 °C | für Heizregister im Lüftungsgerät |
| Wärmebereitstellung | 20 % | 30-40 °C | über Flächenheizung |
| Trinkwassererwärmung | 90 % | 60-70°C | gegen Legionellen-Kontamination |
| | | 90-100°C | zur Sterilisation von Instrumenten und Oberflächen |
| Sonstige, gebäudetechnische Anforderungen | | | |
| Mindestluftwechsel erforderlich | | Ja | |
| Redundanz/Back-Up System erforderlich | | Ja, mit 100 %igem Redundanzsystem | |
| (Haupt-) Betriebszeiten | | Durchgehend, i.e. 24 h/Tag, 7 Tage/Woche | |

1.4.3 Einkaufszentren

Das Lastprofil von Einkaufszentren zeichnet sich dadurch aus, dass am Sonntag und nachts nur ein sehr geringer Bedarf an Heiz-/Kälteenergie besteht, dafür aber für „gefangene“ (innenliegende) Räume ein ständiger Mindestluftwechsel verfügbar sein muss. Zusätzlich hat die Luftinfiltration (erhöhter Luftwechsel durch häufiges Öffnen von Türen) eine größere Relevanz als bei anderen Gebäudetypen.

Raumlufttechnik (RLT)

Die untersuchten 143 Energieausweise des Gebäudetyps Einkaufszentrum mit einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m² enthalten 41 Objekte mit einer RLT-Anlage, davon 24 Objekte mit Kühlung. Sie stellen mit 29 % bzw. 17 % ein hohes Potenzial für die Anwendung von Wärmepumpensysteme dar, besonders im Falle einer gleichzeitigen Anforderung von Wärme- und Kälteenergie.

Raumheizung

Von den 143 Energieausweisen sind 29 Objekte (20 %) bereits mit einer Wärmepumpe ausgestattet. 61 Objekte (43 %) nutzen Fernwärme oder Biomasse und fallen daher nicht in den Bereich der Optimierung.

Die restlichen 53 Datensätze (37 %) zeigen eine Versorgung mit Gas-, Öl- oder direkt-elektrischen Heizsystemen. Diese Objekte weisen grundsätzlich Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen auf, das anhand der verwendeten Wärmeabgabesysteme weiter differenziert werden kann.

Der Großteil (42 von 53 Objekten bzw. 79 %) nutzt Radiatoren zur Wärmeabgabe. Diese werden typischerweise mit Heizungswasservorlauftemperaturen von etwa 60–70 °C betrieben, die entsprechend auch von einem Wärmepumpensystem bereitgestellt werden müssen.

Die Wärmeabgabe über Flächenheizungen kommt bei sechs Objekten (11 %) zum Einsatz. Diese werden üblicherweise mit Vorlauftemperaturen im Bereich von etwa 30–40 °C betrieben.

Trinkwassererwärmung

Es zeigt sich, dass im Vergleich zu anderen Gebäudetypen die Trinkwassererwärmung in Einkaufszentren überwiegend dezentral erfolgt. Eine mögliche Ursache könnte die gewünschte Flexibilität bei der Flächenaufteilung sein. Einkaufszentren werden häufig so geplant, dass Innenwände und Installationen relativ einfach angepasst werden können, da sich Shopgrößen und Nutzungen im Laufe der Zeit ändern können.

Bei zentraler Trinkwassererwärmung mit Zirkulation bestehen zudem hygienische Anforderungen an die Trinkwasserinstallation. Zwischen Trinkwasserzirkulationsleitung und Entnahmestelle soll das Leitungsvolumen in der Regel maximal etwa 3 Liter betragen, was je nach Rohrdimension ungefähr einer Leitungslänge von etwa 5–6 m entspricht. Diese Anforderung kann bei häufig veränderter Flächenaufteilung mit zentralen Systemen schwer vereinbar sein.

Die mehrheitlich dezentrale Trinkwassererwärmung in Einkaufszentren (85 Objekte bzw. 59 % dezentral, 1 ohne Angabe) erschwert daher einen Umstieg auf eine zentrale Wärmepumpenlösung. In solchen Fällen könnten dezentrale Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung eingesetzt werden, die in unmittelbarer Nähe der Entnahmestellen installiert werden.

Bei Objekten mit zentraler Trinkwassererwärmung (57 Objekte bzw. 40 %) ist ein Umstieg auf ein Wärmepumpensystem hingegen grundsätzlich leichter möglich und häufig sinnvoll. Zum Schutz vor Legionellen sind dabei Trinkwassertemperaturen von über 60 °C erforderlich.

Tabelle 7: Übersicht des Wärmepumpenpotenzials für den Gebäudetyp Einkaufszentrum des Bundeslandes Salzburg, gegliedert nach gebäudetechnischen Anforderungen, Bruttogrundfläche von 1.001–5.000 m²

| Einkaufszentrum | Potenzial für den Einsatz einer Wärmepumpe | Temperaturbereich | Anmerkungen |
|--|---|-------------------|--|
| Raumluftechnik (RLT) | 29 % | 6-12 °C | für Entfeuchtung der Zuluft (insgesamt 17 % mit Kälteanforderung) |
| | | 30-40 °C | für Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung |
| | | 55 °C | für Wärmeeinbringung über die Zuluft |
| Wärmebereitstellung | 37 % | 30-40 °C | davon 11 % mit Flächenheizung |
| | | 60-70 °C | davon 79 % mit Radiatoren |
| Trinkwassererwärmung | 59 % | 60-70 °C | gegen Legionellen-Kontamination |
| Sonstige, gebäudetechnische Anforderungen | | | |
| (Haupt-) Betriebszeiten | Nachtabenkung Montag bis Freitag, 20 – 8 Uhr und am Sonntag möglich | | |
| Mindestluftwechsel erforderlich | | | Ja |
| Redundanz | | | Ja |

1.4.4 Bildungseinrichtungen

Das Lastprofil von Bildungseinrichtungen zeichnet sich dadurch aus, dass an Wochenenden und Ferien nur sehr geringer Bedarf an Kälte- und Wärmeenergie besteht. Gerade im Sommer, mit hohen Temperaturspitzen, können die gebäudetechnischen Anlagen auf ein Minimum runtergefahren werden.

In Bildungseinrichtungen ist die Luftqualität besonders wichtig, vor allem die Konzentration von Kohlendioxid (CO₂). Diese sollte im Durchschnitt während einer Unterrichtseinheit bei 1000 ppm liegen, um optimale Lernbedingungen zu schaffen. Als Richtwert sollte die Raumluf daher dreimal pro Stunde komplett ausgetauscht werden. Dies kann entweder durch das Öffnen der Fenster oder durch mechanische Belüftungssysteme geschehen. Zudem sollte die Luftfeuchtigkeit zwischen 30–60 % liegen [10, 11].

Raumluftechnik (RLT)

Von den 240 untersuchten Bildungseinrichtungen mit einer Bruttogrundfläche zwischen 1.001 und 5.000 m² verfügen nur 39 Gebäude über eine RLT-Anlage, und lediglich acht Gebäude sind mit einer Raumkühlung ausgestattet. Dies entspricht einem Anteil von 16 % bzw. 3 % der Gebäude. Damit besteht nur bei einem kleinen Teil der Gebäude Potenzial für den Einsatz von

Wärmepumpensystemen zur Versorgung von RLT-Anlagen, sofern keine zusätzlichen RLT-Anlagen installiert werden.

Raumheizung

Von den 240 Datensätzen sind 25 Objekte (10 %) bereits mit einer Wärmepumpe ausgestattet. 155 Objekte (65 %) nutzen Fernwärme bzw. Biomasse (12 Objekte bzw. 5 %) und werden daher in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt. Die verbleibenden 48 Objekte (20 %) werden mit Gas-, Öl- oder direkt-elektrischen Heizsystemen versorgt und weisen damit grundsätzlich Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpensystemen auf.

Der Großteil (35 von 48 Objekten bzw. 73 %) nutzt Radiatoren zur Wärmeabgabe, welche mit Heizungswasservorlauftemperaturen von etwa 60–70 °C betrieben werden. Die Wärmeabgabe über Flächenheizungen kommt bei einem Objekt (2 %) zum Einsatz welche mit Vorlauftemperaturen von etwa 30–40 °C betrieben werden.

Trinkwassererwärmung

Die überwiegend zentrale Trinkwassererwärmung (137 Objekte bzw. 57 %), die aus Gründen des Legionellenschutzes eine Trinkwassertemperatur von über 60 °C benötigt, ist gut für den Wärmepumpeneinsatz geeignet. Bei den 80 Objekten mit dezentraler Trinkwassererwärmung ist ein Ersatz durch ein Wärmepumpensystem aufgrund der geringen Wasserentnahme vermutlich nicht wirtschaftlich sinnvoll.

Tabelle 8: Übersicht des Wärmepumpenpotenzials für den Gebäudetyp Bildungseinrichtung des Bundeslandes Salzburg, gegliedert nach gebäudetechnischen Anforderungen, Bruttogrundfläche von 1.001–5.000 m²

| Bildungseinrichtung | Potenzial für den Wärmepumpeneinsatz | Temperaturbereich | Anmerkungen |
|--|--|-------------------|---|
| Raumluftechnik (RLT) | 16 % | 6-12 °C | für Kühlregister im Lüftungsgerät (insgesamt 3 % mit Kälteanforderung) |
| | | 30-40 °C | für Entfeuchtung der Zuluft |
| | | 55 °C | für Heizregister im Lüftungsgerät |
| Wärmebereitstellung | 20 % | 30-40 °C | Davon 2 % mit Flächenheizung |
| | | 60-70 °C | davon 73 % mit Radiatoren |
| Trinkwassererwärmung | 57 % | 60-70 °C | gegen Legionellen-Kontamination |
| Sonstige, gebäudetechnische Anforderungen | | | |
| (Haupt-) Betriebszeiten | Nachtabenkung Montag bis Freitag von 20 – 8 Uhr, am Wochenende sowie in den Ferien möglich | | |
| Mindestluftwechsel erforderlich | Ja: 3-facher Luftwechsel empfohlen | | |
| Redundanz/ Back-Up System erforderlich | Nein | | |
| Führungsgröße(n) | CO ₂ -Konzentration und Temperatur | | |
| Kühlbedarf | Spitzenlast im Hochsommer vernachlässigbar (Ferien) | | |

1.4.5 Museen

Da in den untersuchten Energieausweisen aus Salzburg keine Gebäude mit dem Nutzungsprofil „Museum“ vorhanden waren, liegen keine Angaben über die Anzahl der bereits installierten Wärmepumpenanlagen und Potenziale vor. Daher können nur qualitative Aussagen zur Raumluftechnik, Wärmeerzeugung und -verteilung sowie Trinkwassererwärmung getroffen werden.

Raumluftechnik (RLT)

RLT-Anlagen werden in den meisten Museen in erster Linie zum Schutz der Exponate benötigt. Um einem möglichen Befall durch Schädlinge oder Schimmel vorzubeugen, muss die Raumluf möglichst „schädlingsunfreundlich“ konditioniert werden. Dabei ist meist die Luftfeuchte die bestimmende Größe. Dies macht Museen zu einer grundsätzlich gut geeigneten Gebäudekategorie für Wärmepumpensysteme, da für die Be- und Entfeuchtung der Raumluf gleichzeitig Wärme- und Kälteenergie benötigt wird. Die für die Feuchteregelung erforderliche Temperaturbereiche liegen bei 6–12 °C (Entfeuchtung der Zuluft) und 30–40 °C (Wiederaufwärmung der Zuluft).

Raumheizung

Da Exponate möglichst geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt sein sollten, können trägere Wärmeabgabesysteme vorteilhaft sein. Flächenheizungen ermöglichen eine gleichmäßige Wärmeabgabe und werden üblicherweise mit Vorlauftemperaturen von etwa 30–40 °C betrieben.

Trinkwassererwärmung

Wie bei den zuvor betrachteten Gebäudetypen ist eine vorhandene zentrale Trinkwassererwärmung grundsätzlich gut für den Einsatz von Wärmepumpensystemen geeignet, wobei zum Schutz vor Legionellen Trinkwassertemperaturen von mindestens 60 °C erforderlich sind. Bei Objekten mit dezentraler Trinkwassererwärmung ist der Einsatz von Mikro- oder Kleinstwärmepumpen aufgrund der meist geringen Wasserentnahme vermutlich nicht wirtschaftlich sinnvoll.

Tabelle 9: Übersicht der gebäudetechnischen Anforderungen für den Gebäudetyp Museum

| Museum | Potenzial für den Wärmepumpeneinsatz | Temperaturbereich | Anmerkungen |
|--|---|--|---|
| Raumluftechnik (RLT) | <i>Keine Daten für Potenzialableitung vorhanden</i> | 6–12 °C | für Entfeuchtung der Zuluft |
| | | 30–40 °C | für Wiederaufwärmung der Zuluft nach der Entfeuchtung |
| | | 55 °C | für Wärmeeinbringung über die Zuluft |
| Raumheizung | | 30–40 °C | über Flächenheizung |
| Trinkwassererwärmung | | 60–70 °C | gegen Legionellen-Kontamination |
| Sonstige, gebäudetechnische Anforderungen | | | |
| Allgemein | | Möglichst stabile Raumlufkonditionen | |
| Mindestluftwechsel erforderlich | | Ja | |
| Redundanz/ Back-Up System erforderlich | | Ja | |
| (Haupt-) Betriebszeiten | | Durchgehend, i.e. 24 h/Tag, 7 Tage/Woche | |
| Führungsgröße(n) | | Luftfeuchte | |

1.5 Potenzialableitung für den Wärmepumpeneinsatz in Nichtwohngebäuden im Bundesland Salzburg

Abbildung 3 zeigt das geschätzte Potenzial der ausgewerteten teilsanierten Nichtwohngebäude der Kategorien Krankenhaus, Bildungseinrichtung, Einkaufszentrum, Industrie- und Gewerbegebäude im Bundesland Salzburg hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz von Wärmepumpensystemen auf Basis der analysierten Energieausweise. Die Bewertung erfolgte anhand der Schritte 1 bis 4 des in Abbildung 2 dargestellten Ablaufdiagramms: Gebäudetyp, Bruttogrundfläche, thermische Qualität der Gebäudehülle sowie die im Energieausweis ausgewiesene Gebäudetechnik. Letztere wurde in den Bereichen Raumluftechnik (RLT, teilweise mit Raumkühlung), Raumheizung und Trinkwassererwärmung näher analysiert.

Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Gebäude, die entweder bereits über eine RLT-Anlage – gegebenenfalls mit Kühlregister – verfügen, deren Raumheizung noch von fossilen bzw. direktelektrischen Wärmeerzeugern versorgt werden oder die mit einer zentralen Trinkwassererwärmung ausgestattet sind. Die gebäudetechnischen Potenziale wurden separat für diese drei Kategorien erfasst, da sie sich nicht gegenseitig bedingen.

Da für den Gebäudetyp „Museum“ keine Energieausweise vorlagen, wurden in Kapitel 1.4.5 qualitative Überlegungen zu den grundsätzlichen Anforderungen von Museen und deren Eignung für Wärmepumpensysteme dargestellt.

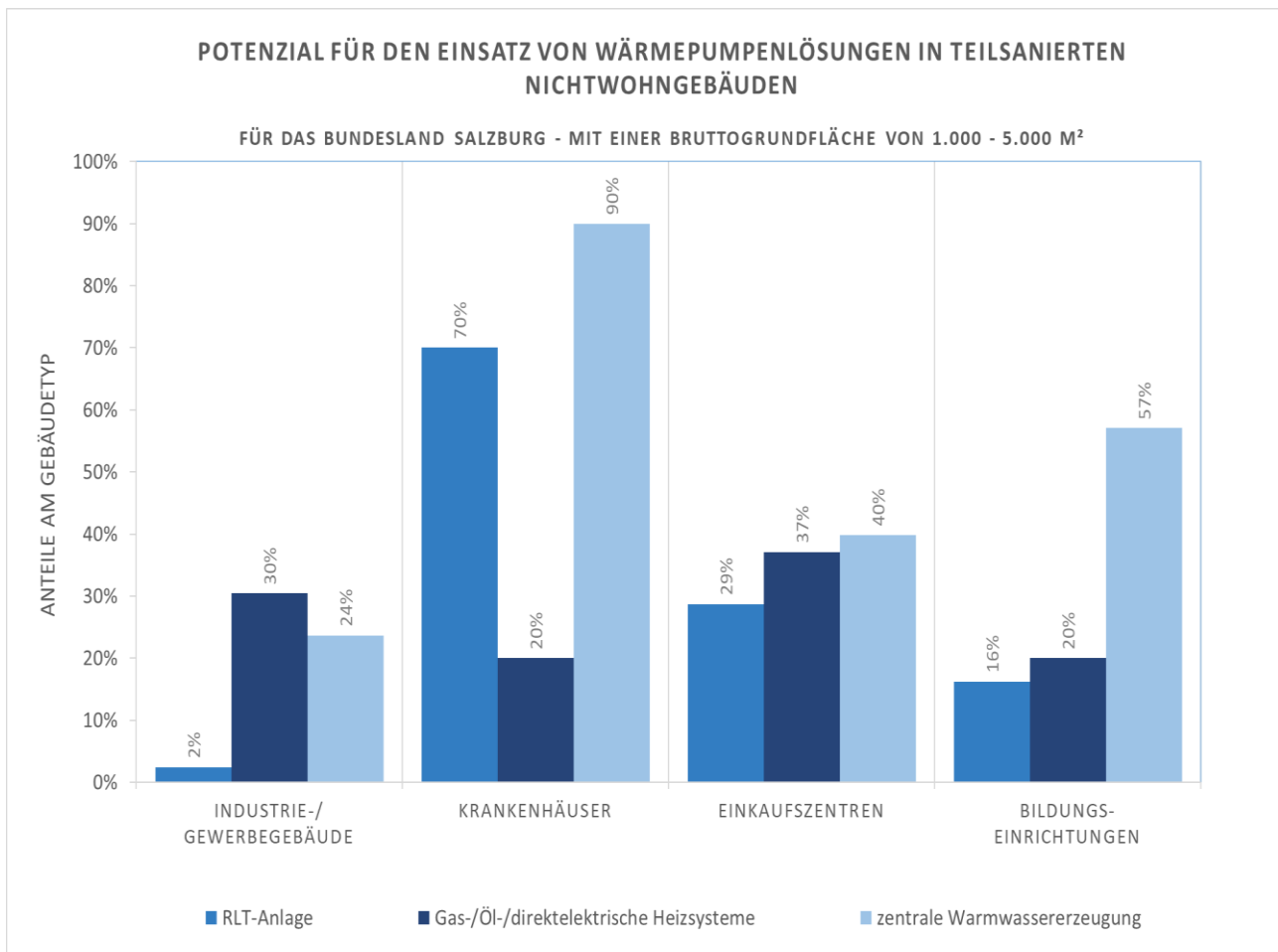


Abbildung 3: Prozentualer Anteil der Gebäude eines bestimmten Nichtwohngebäudetyps im Bundesland Salzburg, die nach den ausgewerteten Kriterien der Energieausweise eine hohe theoretische Eignung für den Wärmepumpeneinsatz aufweisen.

2 ERHEBUNG GEEIGNETER WÄRMEPUMPENLÖSUNGEN

Die zentrale planerische Herausforderung bei der Auslegung von Wärmepumpensystemen in Nichtwohngebäuden liegt darin, die vielfältigen Anforderungen einzelner Gebäudetypen zu berücksichtigen. Während in einigen Gebäuden die Heizlast dominiert, stehen in anderen die Kühlung oder eine möglichst konstante Luftfeuchte im Vordergrund. Auch die erforderlichen Vorlauftemperaturen, die Anforderungen an die Betriebssicherheit sowie die Integration in bestehende Systeme unterscheiden sich deutlich.

Im Folgenden wird für jeden der fünf bereits analysierten Typen von Nichtwohngebäuden – Industrie- und Gewerbegebäude, Krankenhäuser, Einkaufszentren, Museen und Bildungseinrichtungen – anhand anonymisierter Fallbeispiele dargestellt, welche Chancen und Grenzen Wärmepumpensysteme bieten, welche technischen Besonderheiten bestehen und mit welchen Herausforderungen in Planung, Betrieb und Integration zu rechnen ist. Ergänzt wird jede Betrachtung durch eine praxisorientierte Checkliste, die eine kompakte Orientierung für die Umsetzung bietet.

Die dargestellten Lösungsvorschläge sollen der Orientierung im Zuge der Vorplanung von Wärmepumpensystemen in Nichtwohngebäuden dienen und ersetzen nicht die fachgerechte Planung durch ein qualifiziertes Ingenieurbüro. Die zur Darstellung der beschriebenen Wärmepumpenlösungen verwendete Darstellungsform ist an die im IEA HPT Annex 50 für Wärmepumpensysteme in Mehrfamiliengebäuden entwickelte Methodik zur vereinfachten und vereinheitlichten Systemdarstellung angelehnt [12].

2.1 Industrie- und Gewerbegebäude

Industrie- und Gewerbegebäude stellen eine äußerst heterogene Gebäudekategorie dar. Sie reichen von einfachen Lagerhallen mit minimalem Heizbedarf bis hin zu komplexen Produktionsstätten, in denen gleichzeitig Raumwärme, Raumkälte sowie Prozesswärme und Prozesskälte erforderlich sein können. Wärmepumpensysteme können in diesem Umfeld vielfältige Aufgaben übernehmen – von der klassischen Raumheizung über die Abdeckung von Grundlasten der Kühlung bis hin zur Nutzung interner Abwärmeströme.

Die Nutzung von Prozessabwärme aus Fertigungsanlagen, Abluftströmen oder Rückkühlwerken als Wärmequelle für Wärmepumpensysteme stellt eine besonders effiziente Lösung dar. Durch die Bereitstellung höherer Quellentemperaturen können hohe Jahresarbeitszahlen (JAZ) erreicht werden, wodurch der Primärenergieeinsatz und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern deutlich reduziert werden können.

Eine zentrale Herausforderung für den Einsatz von Wärmepumpensystemen in dieser Gebäudekategorie sind die erforderlichen Temperaturniveaus: Während für die Raumheizung häufig Vorlauftemperaturen zwischen etwa 35 und 55 °C ausreichen, benötigen manche Anwendungen Temperaturen bis etwa 90 °C oder darüber. Hier stoßen konventionelle Wärmepumpen an technische Grenzen, sodass Hochtemperaturwärmepumpen oder hybride Lösungen erforderlich sind. Die neueste Generation von Wärmepumpen, die mit dem natürlichen Kältemittel Propan arbeitet, kann Vorlauftemperaturen bis etwa 70 °C bereitstellen. Ihr Einsatz kann jedoch zusätzliche Maßnahmen im Bereich des Explosionsschutzes erforderlich machen.

Checkliste Industrie/Gewerbegebäude

- Abwärmequellen im Gebäude identifizieren
- Vorlauftemperaturbedarf prüfen

- Gleichzeitigkeiten von Abwärmeströmen und Wärmebedarf beachten
- Energieeffizienz im Teillastbetrieb beachten
- Wirtschaftlichkeitsprüfung für Hochtemperatur-WP oder Hybridlösungen durchführen

2.1.1 Fallbeispiel Autohaus

Das untersuchte Autohaus in Oberösterreich wurde im Zuge einer thermischen Gebäudesanierung auf ein luftbasiertes Wärmepumpensystem umgerüstet. Auf Basis der für das Projekt bereitgestellten Unterlagen [13] wurde eine vereinfachte Systemdarstellung nach der im IEA HPT Annex 50 entwickelten Methodik erstellt (siehe Abbildung 4). Installiert wurden drei Luft-Wasser-Wärmepumpen (WP in Abbildung 4) mit einer Heizleistung von jeweils 28 kW, sodass insgesamt 84 kW Heizleistung zur Verfügung stehen. Ergänzt wird das System durch ein Niedertemperatur-Deckensystem sowie eine optimierte Wärmeverteilung zur Verbesserung der Energieeffizienz des Gesamtsystems.

Anhand der vorliegenden Informationen wurde das Wärmepumpenkonzept beschrieben und bewertet. Dabei wird dargestellt, für welche Gebäudetypen und Rahmenbedingungen ein derartiges System geeignet sein kann und welche Vorteile, Einschränkungen und besonderen Anforderungen sich daraus ergeben.

Hauptmerkmale des Konzepts

Drei zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Master-Slave-Regelung versorgen das gesamte Gebäude mit Wärme beziehungsweise Kälte für die Raumheizung und Raumkühlung. Die Trinkwassererwärmung ist nicht Teil der beschriebenen Wärmepumpenlösung. In Gebäuden dieser Art mit geringem Trinkwarmwasserbedarf erfolgt die Trinkwassererwärmung häufig dezentral an den Trinkwarmwasserzapfstellen (TWW) über elektrische Durchlauferhitzer. Das Konzept umfasst einen Pufferspeicher, der in der Heizperiode als Heizungsspeicher und in der Kühlperiode als Kaltwasserspeicher für die Versorgung der Raumkühlung fungiert. Heizstäbe (HS), die in den Wärmepumpen oder im Heizungsspeicher integriert sein können, dienen im Bedarfsfall zur Spitzenlastabdeckung oder als Backup bei einem Ausfall der Wärmepumpen.

Wärmeverteilung und Temperaturniveaus

Die Wärme beziehungsweise Kälte wird zentral erzeugt und über das gesamte Gebäude verteilt. Erfolgt die Verteilung durch unkonditionierte Bereiche, können Leitungsverluste auftreten. In diesem Fallbeispiel wird das Gebäude aufgrund unterschiedlicher Wärmeabgabesysteme im Neubau und im Bestand mit Raumwärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus versorgt, was die Energieeffizienz reduziert. Die Kühlung erfolgt über Heiz-/Kühldecken und Fancoils. Im Bestandsbereich ist keine durch die Wärmepumpen bereitgestellte Raumkühlung vorgesehen.

Gebäudetyp und Anlagengröße

Das Konzept eignet sich für kleinere bis mittlere Nichtwohngebäude, beispielsweise für ein Autohaus oder ein Bürogebäude mit Werkstatt. Bei größeren Gebäuden reicht die Heizleistung einer einzelnen Wärmepumpe oft nicht aus, sodass – wie in diesem Fallbeispiel – eine Kaskadierung mehrerer Geräte erforderlich wird. Eine Wärmepumpenkaskade erhöht darüber hinaus die Systemredundanz.

Trinkwassererwärmung und Speicher

Das Fallbeispiel verzichtet bewusst auf die Integration der Trinkwassererwärmung in das Wärmepumpensystem. Für eine zentrale Trinkwassererwärmung wären große Speichervolumina erforderlich, die zu erhöhten Speicher- und Verteilverlusten führen würden. Zudem müssten

Anforderungen des Legionellenschutzes, beispielsweise durch Temperaturmanagement, Zusatzheizungen oder geeignete hygienische Maßnahmen, berücksichtigt werden.

Thermische Gebäudequalität

Das Konzept ist gut für Neubauten und sanierte Gebäude mit hoher thermischer Qualität geeignet. Bei mittlerer Qualität der Gebäudehülle ist eine Anwendung mit Effizienzeinbußen möglich. Bei geringerer Qualität der Gebäudehülle ist die Umsetzung eingeschränkt, da die Gesamteffizienz aufgrund hoher erforderlicher Vorlauftemperaturen zu sehr leidet.

Installationsaufwand

Im Sanierungsfall kann die bestehende Wärmeverteilung meist erhalten bleiben, sodass ein fossiler Kessel einfach durch eine Wärmepumpenlösung ersetzt werden kann. In Neubauten kommen häufig Flächenheizungssysteme und immer öfter Bauteilaktivierung zum Einsatz, welche hohe Rohrleitungslängen aufweisen. Es sollte auf möglichst ähnliche Rohrleitungslängen je Kreis und einfache Hydrauliken geachtet werden.

Wärmequelle

Im konkreten Fall wird Außenluft als Wärmequelle genutzt. Grundsätzlich sind jedoch auch andere Wärmequellen wie Grundwasser, Erdsonden oder Abwärme denkbar. Bei größeren Luft-Wasser-Wärmepumpen ist die Aufstellung, beispielsweise am Dach, insbesondere im Hinblick auf Schallemissionen zu berücksichtigen.

Besondere Aspekte

- Einfache Umstellung von fossilen Kesseln auf eine zentrale Wärmepumpenlösung möglich
- Leitungsverluste bei Leitungsführung durch unkonditionierte Bereiche berücksichtigen
- Leistungsgrenzen bei größeren Gebäuden beachten; gegebenenfalls Kaskadenlösung wählen

Positive Aspekte

- Einfache zentrale Regelung
- Bestehendes Verteilnetz kann weitergenutzt werden
- Direkter Ersatz von Gas- oder Ölkesseln möglich
- Besonders geeignet für kleinere bis mittlere Gebäude

Negative Aspekte

- Speicher- und Verteilverluste bei Leitungsführung durch unkonditionierte Bereiche
- Reduzierte Energieeffizienz bei dauerhaft hoher Temperaturanforderung
- Geräuschentwicklung bei Luft-Luft-Wärmepumpen

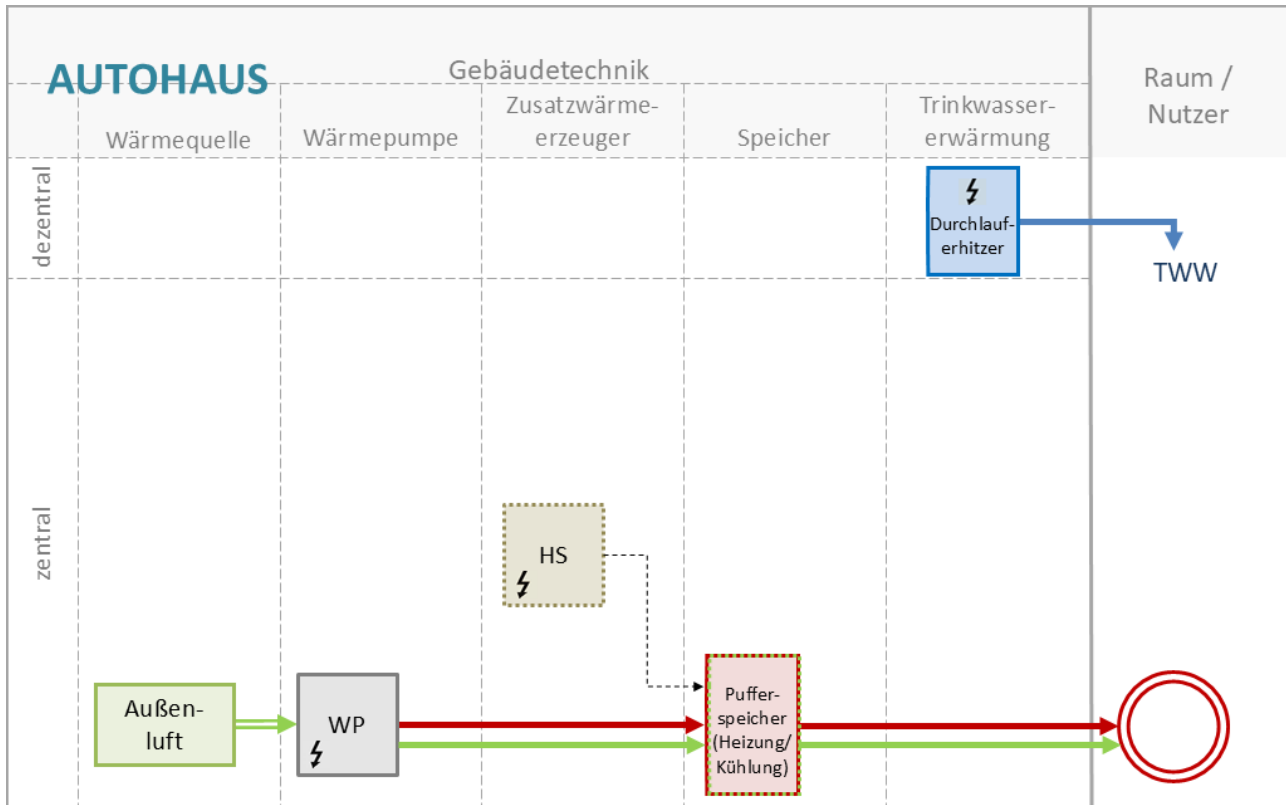


Abbildung 4: Vereinfachte Systemdarstellung der beim Autohaus Senker eingesetzten Wärmepumpenlösung

2.1.2 Fallbeispiel Bankgebäude

Das untersuchte Bankgebäude in Tirol wurde im Zuge einer Modernisierung der Gebäudetechnik mit einem zentralen Grundwasser-Wärmepumpensystem ausgestattet. Auf Grundlage des vorliegenden Prinzipschemas [13] wurde eine vereinfachte Systemdarstellung nach der im IEA HPT Annex 50 entwickelten Methodik erstellt (siehe Abbildung 5). Für die zentrale Wärmeenergieerzeugung kommt eine Grundwasser-Wärmepumpe mit Entnahme- und Schluckbrunnen zum Einsatz. Die Anlage versorgt mehrere Heizkreise, darunter Heizkörper und Deckenstrahlplatten, über einen 500-Liter-Pufferspeicher. Ergänzend sind elektrische Zusatzheizstäbe zur Absicherung vorgesehen. Die Kühlkreise für die Raumkühlung werden ohne separaten Kaltwasserspeicher entweder direkt von der Wärmepumpe im aktiven Kühlbetrieb oder über einen externen Wärmeübertrager zur passiven Raumkühlung mittels Grundwasser (Free Cooling) versorgt. Aufgrund der Kombination aus Grundwasser als Wärmequelle, hydraulisch differenzierten Heizkreisen und modulierender Betriebsweise ist das System insbesondere für Nichtwohngebäude mit gemischten Lastprofilen geeignet. Auf Basis der verfügbaren Projektinformationen wurden Funktionsweise, Einsatzgrenzen, potenzielle Energieeffizienzvorteile sowie zentrale Herausforderungen dieser Wärmepumpenlösung bewertet.

Hauptmerkmale des Konzepts

Eine zentrale Wärmepumpe nutzt Grundwasser als Wärmequelle. Zusätzlich ist eine Kältemaschine zur aktiven Raumkühlung vorhanden. Über Free Cooling kann das Grundwasser im Sommer direkt zur Kühlung der Räume eingesetzt werden, ohne dass die Kältemaschine betrieben werden muss. Heizstäbe im Heizungspufferspeicher dienen als Backup bei einem Ausfall der Wärmepumpe.

Wärme- und Kälteverteilung sowie Temperaturniveaus

Die Wärme und Kälte werden zentral erzeugt und über Speicher beziehungsweise Verteilnetze an die Verbraucher abgegeben. Eine zusätzliche Kältemaschine stellt weitere Kälteleistung bereit; ergänzt wird das System durch Free Cooling mit geringem Energieeinsatz. Durch die zentrale Verteilung können bei Leitungsführung durch unkonditionierte Bereiche Leitungsverluste auftreten.

Gebäudetyp und Anlagengröße

Das Konzept eignet sich für größere Büro- und Dienstleistungsgebäude mit gleichzeitigem Heiz- und Kühlbedarf, beispielsweise Banken oder Verwaltungsgebäude. Aufgrund der Grundwassernutzung ist eine Standortprüfung erforderlich, insbesondere im Hinblick auf Genehmigungen, Brunnenausführung und Wasserqualität. Bei großen Gebäuden können Kaskadenlösungen erforderlich sein.

Trinkwassererwärmung

Zur Trinkwassererwärmung lagen keine Informationen vor. Bei dieser Nutzungsart kann jedoch von eher geringen Trinkwarmwasserbedarfen ausgegangen werden, die üblicherweise über dezentrale elektrische Durchlauferhitzer gedeckt werden.

Thermische Gebäudequalität

Das Konzept ist besonders vorteilhaft für Neubauten oder sanierte Gebäude mit guter thermischer Qualität, da hier sowohl die Energieeffizienz der Wärmepumpe als auch der Nutzen des Free Cooling voll zum Tragen kommen. In schlecht gedämmten Gebäuden steigt der Heizwärmebedarf und damit auch die erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe. Höhere notwendige Vorlauftemperaturen führen in solchen Fällen zu geringerer Energieeffizienz.

Installationsaufwand

Die Anlage ist technisch anspruchsvoller als eine einfache zentrale Wärmepumpenlösung. Neben den Grundwasserbrunnen sind zusätzliche Komponenten wie Kältemaschine, Umschalttechnik für Free Cooling und Speicher erforderlich. In Neubauten lässt sich das Konzept leichter integrieren; bei Sanierungen kann das bestehende Verteilnetz häufig weiterverwendet werden.

Wärmequelle

Grundwasser dient als besonders effiziente und stabile Wärme- und Kältequelle. Vorteile sind hohe Jahresarbeitszahlen sowie die Möglichkeit des Free Cooling. Einschränkungen ergeben sich durch Standortabhängigkeit, behördliche Genehmigungen und die Investitionskosten für den Brunnenbau.

Besondere Aspekte

- Free Cooling senkt Stromverbrauch und Betriebskosten erheblich
- Eine zusätzliche Kältemaschine erhöht die Versorgungssicherheit der Raumkühlung
- Bei ungünstigen Grundwasserbedingungen, etwa hinsichtlich Temperatur, Wasserqualität oder Genehmigungsfähigkeit, ist das Konzept nicht umsetzbar.

Positive Aspekte

- Sehr hohe Energieeffizienz durch Grundwassernutzung
- Free Cooling ermöglicht eine sehr energieeffiziente Raumkühlung
- Kombination von Heizen und Kühlen in einem System
- Gute Lösung für Büro- und Dienstleistungsgebäude

Negative Aspekte

- Abhängigkeit von Standort und Genehmigung
- Hoher technischer und finanzieller Aufwand für Brunnen, Kältemaschine und Wärmepumpe
- Erhöhte Komplexität im Betrieb und in der Regelung
- Speicher- und Verteilverluste bei zentralen Systemen

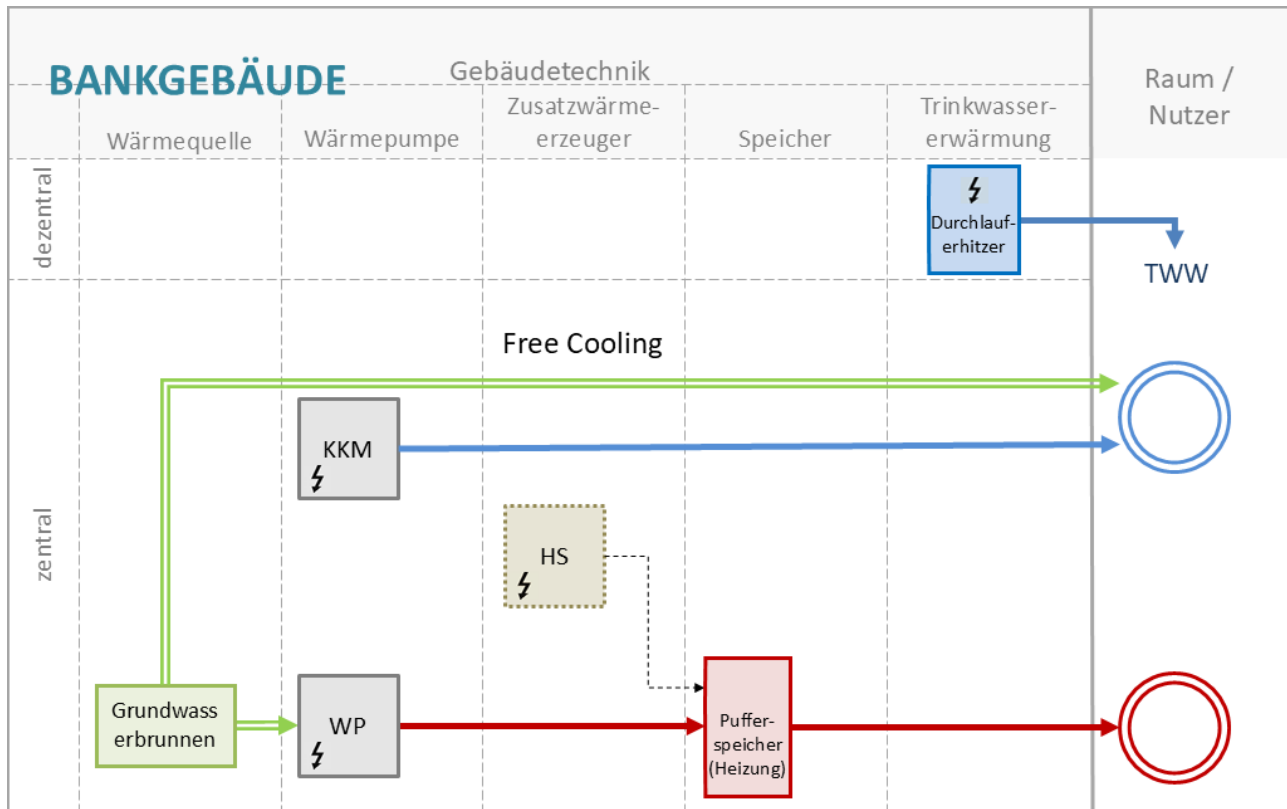


Abbildung 5: Vereinfachte Systemdarstellung der beim untersuchten Bankgebäude eingesetzten Wärmepumpenlösung

2.2 Krankenhaus

Krankenhäuser zählen zu den anspruchsvollsten Anwendungen im Gebäudesektor. Der Wärme- und Kältebedarf ist ganzjährig hoch, vielfältig und von hoher Priorität: Raumheizung, Klimatisierung, medizinische Kälte, Sterilisationsprozesse und eine hygienisch einwandfreie Trinkwassererwärmung sind unverzichtbar.

2.2.1 Anforderungen an Wärmepumpensysteme in Krankenhäusern

Wärmepumpensysteme eröffnen hier erhebliche Chancen, da sie Heizen und Kühlen in einem System verbinden können. Abwärme aus Kühlprozessen lässt sich beispielsweise für die Trinkwassererwärmung nutzen. Gleichzeitig bestehen deutliche Einschränkungen: Für eine sichere Trinkwassererwärmung sind gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik typischerweise Speichertemperaturen von mindestens 60 °C erforderlich, während im Zirkulationssystem Temperaturen von mindestens 55 °C eingehalten werden müssen, um den Legionellenschutz zu gewährleisten. In Krankenhäusern wird das Trinkwarmwasser jedoch häufig mit zusätzlichen Sicherheitszuschlägen betrieben. Gründe hierfür sind die großen und komplexen Trinkwasserinstallationen mit weit verzweigten Leitungsnetzen, langen Zirkulationsstrecken sowie teilweise älteren Installationen, die das Risiko mikrobiologischer Belastungen erhöhen können. Da

sich in Krankenhäusern häufig vulnerable Patientengruppen befinden, haben hygienische Sicherheit und Versorgungssicherheit in der Praxis oftmals Vorrang vor maximaler Energieeffizienz. Daher werden Trinkwarmwassersysteme in vielen Krankenhäusern konservativ betrieben, häufig mit Speichertemperaturen im Bereich von etwa 65–70 °C und teilweise noch höheren Temperaturen, etwa im Rahmen thermischer Desinfektionsmaßnahmen. Diese erhöhten Temperaturniveaus können den Einsatz von Wärmepumpensystemen erschweren, da herkömmliche Geräte solche Temperaturen häufig nur eingeschränkt oder mit Effizienzverlusten erreichen. Die neueste Generation von Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln kann hingegen Vorlauftemperaturen von etwa 70 °C bereitstellen. Ihr Einsatz kann jedoch zusätzliche Maßnahmen im Bereich des Explosionsschutzes erforderlich machen.

Ein zentrales Kriterium ist die Versorgungssicherheit. Krankenhäuser benötigen eine äußerst verlässliche Energieversorgung. Wärmepumpensysteme treten daher nur selten als alleinige Wärme- beziehungsweise Kälteerzeuger auf, sondern werden in redundante Systeme integriert, beispielsweise in Kombination mit Spitzenlastkesseln, Kältemaschinen, BHKW oder Fernwärme beziehungsweise Fernkälte. Auch die Anforderungen an Regelung und Lastmanagement sind komplex, da unterschiedliche Gebäudebereiche teilweise stark abweichende Klimabedingungen erfordern. Analysen von Nichtwohngebäuden weisen darauf hin, dass Krankenhäuser zu den Gebäuden mit besonders hohen Vorlauftemperaturen und hoher Grundlast zählen.

Checkliste Krankenhaus

- Hygienische Anforderungen an die Trinkwassererwärmung beachten (≥ 60 °C, teils höher)
- Redundanz sicherstellen, z. B. durch Kombination mehrerer Geräte, Spitzenlastkessel, Fernwärme oder Fernkälte
- Simultane Lastprofile für Heizen, Kühlen und Trinkwassererwärmung berücksichtigen
- Separate Systeme für Komfort- und Prozesskälte vorsehen
- Betriebssicherheit und Notfallkonzepte planen

2.2.2 Fallbeispiel Krankenhaus

Das untersuchte Krankenhausgebäude in Tirol wurde im Zuge einer umfassenden thermischen Gebäudesanierung mit einem zentralen, grundwasserbasierten Wärmepumpensystem ausgestattet. Auf Basis der zur Verfügung gestellten Projektinformationen [13] wurde eine vereinfachte Systemdarstellung nach der im IEA HPT Annex 50 entwickelten Methodik erstellt (siehe Abbildung 6). Installiert wurden zwei Mitteltemperatur-Wärmepumpen, die über ein Brunnenwassersystem gespeist werden und die Wärmeversorgung des Krankenhauses weitgehend übernehmen. Die Wärmepumpen decken sowohl die Raumwärme als auch die Trinkwassererwärmung ab und ermöglichen zusätzlich eine energieeffiziente passive Raumkühlung über das Grundwassersystem. In Kombination mit angepassten Speichersystemen, optimierten Betriebsstrategien und einer weitgehenden Substitution der früheren Gaskessel wird laut Betreiberangaben eine Reduktion des fossilen Energieeinsatzes um rund 90 % erreicht.

Anhand der verfügbaren Informationen wurde das Wärmepumpenkonzept beschrieben und bewertet. Dabei wird dargestellt, für welche Gebäudetypen und Betriebscharakteristika diese Lösung geeignet ist und welche Vorteile, Grenzen und besonderen Anforderungen sich daraus ergeben.

Hauptmerkmale

Die Wärmepumpe nutzt Grundwasser als Hauptenergiequelle und erzeugt sowohl Wärme als auch Kälte. Ein Zusatzkessel dient als Backup sowie zur Abdeckung von Spitzenlasten. Über zentrale

Pufferspeicher werden die erzeugten Wärmeströme für Raumheizung, Raumkühlung und Trinkwassererwärmung bereitgestellt.

Wärme- und Kälteverteilung sowie Temperaturniveaus

Die Wärmepumpe versorgt sowohl den Heizungs- als auch den Kaltwasserspeicher für die Versorgung der Raumkühlung. Der Kaltwasserspeicher für die Versorgung der Raumkühlung deckt den Kühlbedarf der Räume ab. Der Heizungsspeicher versorgt die Raumheizung und die Trinkwassererwärmung. Für die Trinkwassererwärmung sind höhere Temperaturen erforderlich, die im Bedarfsfall über den Zusatzkessel sichergestellt werden.

Gebäudetyp und Anlagengröße

Das Konzept eignet sich für große Gebäude mit hohem Energiebedarf, beispielsweise für Krankenhäuser oder andere Einrichtungen mit gleichzeitigem Heiz- und Kühlbedarf.

Trinkwassererwärmung und Speicher

Die zentrale Trinkwassererwärmung erfolgt über den Heizungsspeicher in Kombination mit einer Frischwasserstation. Dabei sind Speicherverluste und Anforderungen des Legionellenschutzes besonders zu berücksichtigen.

Thermische Gebäudequalität

Diese Wärmepumpenlösung ist auch in Gebäuden mit hohem Wärme- und Kältebedarf infolge geringerer thermischer Gebäudequalität einsetzbar. Die Kombination aus Wärmepumpe und zusätzlichem Kessel, beispielsweise Biomasse, ermöglicht die zuverlässige Abdeckung von Spitzenlasten und erhöht die Versorgungssicherheit.

Installationsaufwand

Der Installationsaufwand ist erhöht, da Wärmepumpe, Zusatzkessel, Heiz- und Kaltwasserspeicher für die Versorgung der Raumkühlung sowie Frischwasserstation integriert werden müssen. Besonders in Neubauten mit zentraler Energieversorgung ist das Konzept gut umsetzbar; in Bestandsgebäuden ist die Integration aufwändiger.

Wärmequelle

Einem Entnahmebrunnen entnommenes Grundwasser dient als regenerative Hauptwärmequelle. Das genutzte Wasser wird über einen Schluckbrunnen in das Grundwasserreservoir zurückgeführt. Ergänzend steht ein Heizkessel, beispielsweise auf Biomassebasis, als redundante Wärmequelle bereit.

Besondere Aspekte

- Kombination von Heizen und Kühlen in einer zentralen Anlage
- Hohe Versorgungssicherheit durch Hybridlösung
- Flexibel an hohe Lastspitzen anpassbar
- Kühloption verbessert den Komfort und ist in Krankenhäusern besonders relevant

Positive Aspekte

- Gleichzeitige Bereitstellung von Wärme und Kälte
- Hohe Versorgungssicherheit (durch zwei Wärmeerzeugersysteme)
- Flexibilität durch Hybridlösung aus Wärmepumpe und Zusatzkessel
- Geeignet für große und komplexe Gebäude mit ganzjährigem Energiebedarf

Negative Aspekte

- Hohe Investitionskosten (Doppelinvestition in zwei Wärmeerzeugersysteme)
- Komplexe Regelung und Steuerung für ein effizientes Zusammenspiel der Erzeuger erforderlich
- Fortbestehende fossile Abhängigkeit sowie CO₂-Emissionen (bei Weiterbetrieb eines fossilen Bestandskessels)
- Hoher Platzbedarf für die Einbindung von Speichern und die zusätzliche Systemtechnik

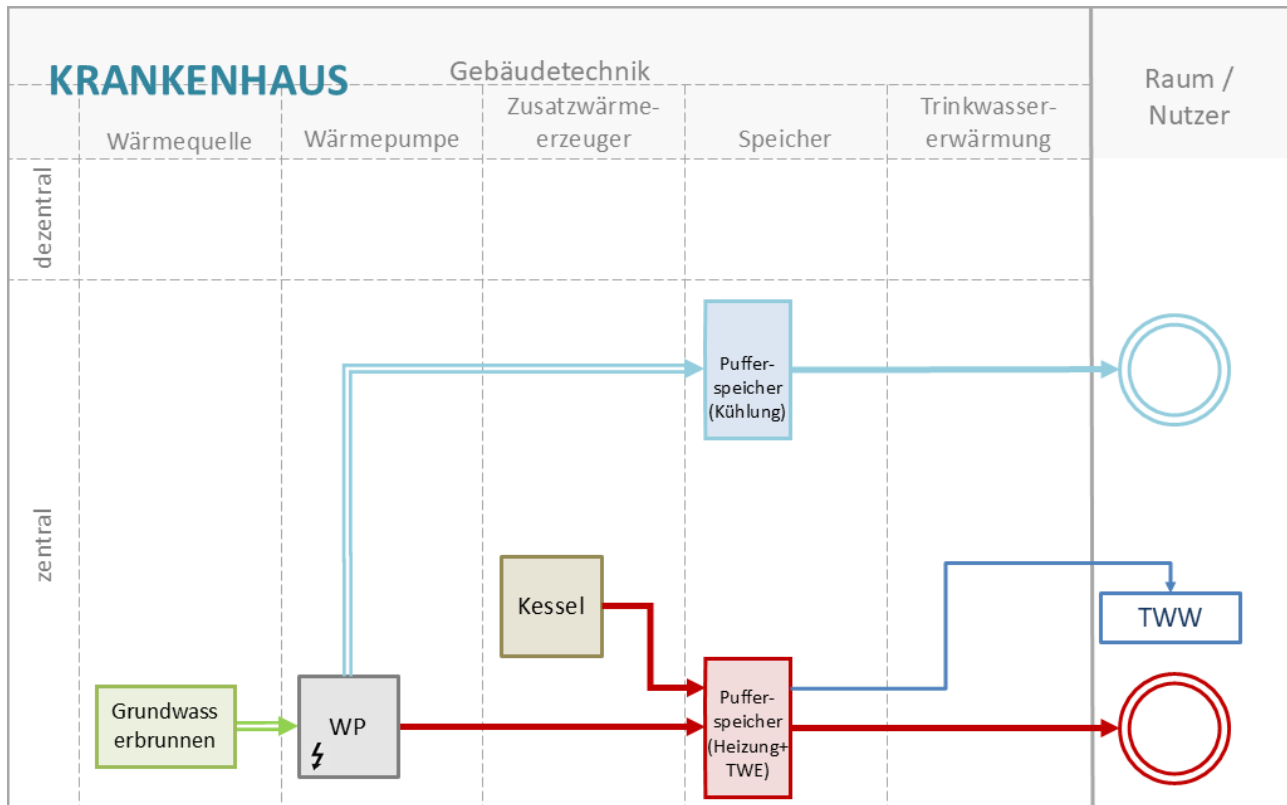


Abbildung 6: Vereinfachte Systemdarstellung der beim untersuchten Krankenhaus eingesetzten Wärmepumpenlösung

2.3 Einkaufszentren – Anforderungen an Wärmepumpensysteme

Einkaufszentren sind durch hohe interne Lasten geprägt. Große Personenzahlen, Beleuchtung und zahlreiche elektrische Geräte führen zu einem deutlichen Kühlbedarf, während die Heizlast vergleichsweise gering ist. Wärmepumpensysteme eignen sich hier besonders zur Abdeckung der Grundlast in Heizung und Raumkühlung.

Entscheidend ist die bedarfsgerechte Regelung der Raumlufffeuchte sowie die Einhaltung hygienischer und nutzungsabhängiger Anforderungen an die Raumluffqualität. An heißen Sommertagen mit hoher Besucherzahl müssen große Luftvolumina gekühlt und entfeuchtet werden. In der Praxis sind zentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung Standard, in die Wärmepumpensysteme als flexible Ergänzung eingebunden werden können.

Die größte Herausforderung ist die effiziente Deckung der hohen Kühllasten. Häufig bietet sich ein hybrides Konzept an, bei dem Wärmepumpensysteme die Grundlast und konventionelle Kältemaschinen die Spitzenlast übernehmen. Qualitative Auswertungen zeigen, dass

Einkaufszentren überwiegend zu den Gebäuden mit dominanten Kühllasten und sehr dynamischem Lastverhalten zählen.

Checkliste Einkaufszentrum

- Dominanz der Kühllast gegenüber der Heizlast berücksichtigen
- Kühlgrundlast über Wärmepumpe, Spitzenkühllast gegebenenfalls über Kältemaschine decken
- Luftentfeuchtung über zentrale Lüftungsanlagen sicherstellen
- Wärmerückgewinnung aus Abluftsystemen nutzen
- Nutzerkomfort, insbesondere Zugfreiheit und konstante Temperaturen, in der Regelung priorisieren

Für diesen Gebäudetyp stand im Projekt kein Fallbeispiel zur Auswertung zur Verfügung.

2.4 Museen

Museen stellen in der Gebäudetechnik eine Sonderstellung dar: Entscheidend ist weniger der thermische Komfort der Besucher, sondern vielmehr der Schutz der Exponate. Temperatur und Luftfeuchtigkeit müssen innerhalb eng definierter Grenzen gehalten werden.

2.4.1 Anforderungen an Wärmepumpensysteme in Museen

Wärmepumpensysteme können hierzu beitragen, wenn sie in Systeme eingebunden werden, die neben Heizen und Kühlen auch Befeuchtung und Entfeuchtung ermöglichen. Die Heiz- und Kühllasten sind meist gering, jedoch erfordert die Einhaltung konstanter Bedingungen eine äußerst präzise Regelung. Schon kleine Schwankungen von ± 1 K oder ± 5 % relativer Feuchte können Schäden an Objekten verursachen.

Hinzu kommt, dass Museen häufig in denkmalgeschützten Gebäuden untergebracht sind, was die Integration moderner Technik erschwert. Wärmepumpensysteme sind daher fast immer Teil komplexer Klimatisierungssysteme, die auf höchste Stabilität ausgelegt sind. Wie bereits in Kapitel 1 ausgeführt, ist der Anteil der Museen am Gesamtbestand zwar gering, jedoch sind die Anforderungen an die Gebäudetechnik und die Regelungsstrategien überdurchschnittlich hoch.

Checkliste Museum

- Temperatur- und Feuchtestabilität als oberste Führungsgrößen beachten
- Systeme für Befeuchtung/Entfeuchtung integrieren
- Wärmepumpe für geringe, konstante Lasten dimensionieren
- Redundanz sicherstellen, um Exponate zu schützen
- Denkmalschutzaufgaben bei Aufstellung und Leitungsführung prüfen

2.4.2 Fallbeispiel Museum

Das untersuchte Museum in Oberösterreich verfügt über eine zentral organisierte Heiz- und Kälteversorgung, die auf Basis der zur Verfügung gestellten Informationen [13] analysiert und in einer vereinfachten Systemdarstellung (Methodik aus IEA HPT Annex 50; siehe Abbildung 7) dargestellt wurde. Die Energiezentrale umfasst mehrere parallel geschaltete Wärmepumpen, große Pufferspeicher sowie ein fein abgestuftes Regel- und Pumpensystem. Die redundante Erzeugerstruktur, modulare Verteilung und hohe Regelgüte machen das System für ein komplexes Nichtwohngebäude, wie dieses, besonders geeignet, da sie eine stabile und energieeffiziente Klimatisierung bei erheblich variierenden Lasten ermöglichen.

Hauptmerkmale

Zwei Wärmepumpen mit Erdsonden als Wärmequelle stellen die zentrale Wärme- und Kältebereitstellung dar. Ein separater Kälte- und ein separater Wärmespeicher ermöglichen die gleichzeitige Bereitstellung von Wärme und Kälte für Raumheizung bzw. -kühlung. Eine direktelektrische Zusatzheizung ist nicht erforderlich.

Wärme- und Kälteverteilung sowie Temperaturniveaus

Die Wärmepumpen versorgen sowohl den Heiz- als auch den Kältespeicher. Über den Heizspeicher wird Wärme, über den Kältespeicher Kälte an die Räume abgegeben. Das System arbeitet vollständig regenerativ, erfordert jedoch eine präzise Auslegung, da keine Spitzenlastabdeckung über zusätzliche Wärme- und Kälteerzeuger vorhanden ist.

Gebäudetyp und Anlagengröße

Diese Wärmepumpenlösung ist für Gebäude mit ausgeprägtem Heiz- und Kühlbedarf geeignet.

Trinkwassererwärmung und Speicher

Die Abbildung zeigt keine explizite Trinkwassererwärmung. Der Fokus liegt auf Raumheizung und -kühlung. Falls Trinkwarmwasser benötigt wird, muss dieses über zusätzliche Systeme oder über den vorhandenen Wärmespeicher bereitgestellt werden.

Thermische Qualität des Gebäudes

Ideal für Gebäude mit hoher thermischer Qualität und moderatem Wärmebedarf, da keine fossile Zusatzquelle vorhanden ist. Funktioniert besonders gut in Neubauten mit niedriger Heizlast und effizienter Gebäudehülle.

Installationsaufwand

Hoher Planungs- und Installationsaufwand durch die Notwendigkeit von Erdsonden und zwei Wärmepumpen. Platzbedarf für Speicher und Technikräume ist gegeben, jedoch kein zusätzlicher Platz für Heizkessel erforderlich.

Wärmequelle

Erdsonden als regenerative Hauptquelle mit hoher Energieeffizienz und gleichzeitigem Potenzial zur Regeneration durch saisonale Raumkühlung.

Besondere Aspekte

- Hohe Energieeffizienz durch Nutzung von Erdsonden
- Keine fossile Bestandskessel → geringe CO₂-Emissionen im Betrieb
- Abhängigkeit von der korrekten Dimensionierung der Erdsonden und Wärmepumpen

Positive Aspekte

- Vollständig regeneratives Heiz- und Kühlsystem
- Besonders geeignet für konstante Temperaturanforderungen (z. B. Museen)
- Hohe Energieeffizienz im Ganzjahresbetrieb

Negative Aspekte

- Kein Backup → Versorgungssicherheit hängt allein von Wärmepumpensystem ab
- Hohe Investitionskosten (insbesondere Erdsonden)
- Abhängigkeit von Standortbedingungen (Bohrungen, Genehmigungen)
- Komplexe Planung und Auslegung erforderlich

2.6 Wärmepumpenlösungen für Raumheizung und Trinkwassererwärmung – allgemeine Systemkonzepte

Wärmepumpensysteme in Nichtwohngebäuden können in ihrer Ausführung und Funktionalität sehr unterschiedlich gestaltet sein. Sie reichen von rein heizungsseitigen Lösungen bis hin zu Anlagen, die gleichzeitig Wärme und Kälte bereitstellen, abhängig von den Anforderungen an die thermische Behaglichkeit, internen Lasten oder thermischem Schutzbedarf. Die Trinkwassererwärmung spielt dabei je nach Gebäudetyp eine sehr unterschiedliche Rolle: In den meisten Nichtwohngebäuden ist der Trinkwarmwasserbedarf gering, sodass aus Energieeffizienz- und Kostengründen häufig eine dezentrale Lösung eingesetzt wird, um Speicher- und Verteilverluste sowie Investitions- und Platzbedarf zu reduzieren. Gleichzeitig existieren Nichtwohngebäude mit erhöhtem oder kontinuierlichem Trinkwarmwasserbedarf, bei denen eine zentrale Trinkwassererwärmung umgesetzt wird. Auf Basis verschiedener Überlegungen zu bestehenden Wärmepumpenlösungen sowie grundsätzlich denkbaren Systemvarianten wird im Folgenden eine Reihe möglicher Ausführungsformen beschrieben, angepasst oder beispielhaft skizziert, um die Vielfalt potenzieller Konfigurationen und deren Einsatzbereiche zu veranschaulichen. Die untenstehenden Ausführungen beschränken sich auf Raumheizung und Trinkwassererwärmung, die Thematik Raumkühlung ist hier ausgeklammert. Letztere könnte in allen unten dargestellten Wärmepumpenlösungen beispielsweise über zonen- bzw. raumweise Split-/Multisplit-Klimageräte erfolgen.

2.6.1 Wärmepumpenlösung mit elektrischer Zusatzheizung und dezentraler Trinkwassererwärmung

Die in Abbildung 8 dargestellte Wärmepumpenlösung beschreibt ein System mit zentraler Raumheizung und vollständig dezentraler Trinkwassererwärmung. Die zentrale Wärmepumpe speist die Heizkreise direkt, optional über einen Heizungspufferspeicher mit elektrischem Heizstab zur Spitzenlastabdeckung, für höhere Vorlauftemperaturen oder als Backup.

Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral über elektrische Durchlauferhitzer. Ein zentraler Trinkwarmwasserspeicher sowie Zirkulationssysteme entfallen, wodurch Speicher- und Verteilverluste vermieden werden. Hygienisch ist das Konzept vorteilhaft, da keine Speicherung erfolgt und somit keine Legionellenschutzmaßnahmen erforderlich sind.

Durch die Entkopplung von der Trinkwassererwärmung kann die Wärmepumpe im effizienten Niedertemperaturbetrieb arbeiten. Dem stehen ein erhöhter Strombedarf in den Nutzungseinheiten und eine hohe elektrische Anschlussleistung gegenüber, insbesondere bei gleichzeitiger Nutzung mehrerer Geräte.

Das System eignet sich für Nichtwohngebäude mit geringem oder unregelmäßigem Warmwasserbedarf, bei denen zentrale Lösungen unwirtschaftlich sind (z. B. Büro- und Verwaltungsgebäude, Schulen mit wenigen Zapfstellen, kleinere Gewerbebetriebe, Lager). Es bietet eine einfache, platzsparende und hygienische Lösung ohne komplexe Speicher- und Zirkulationssysteme. [14–16]

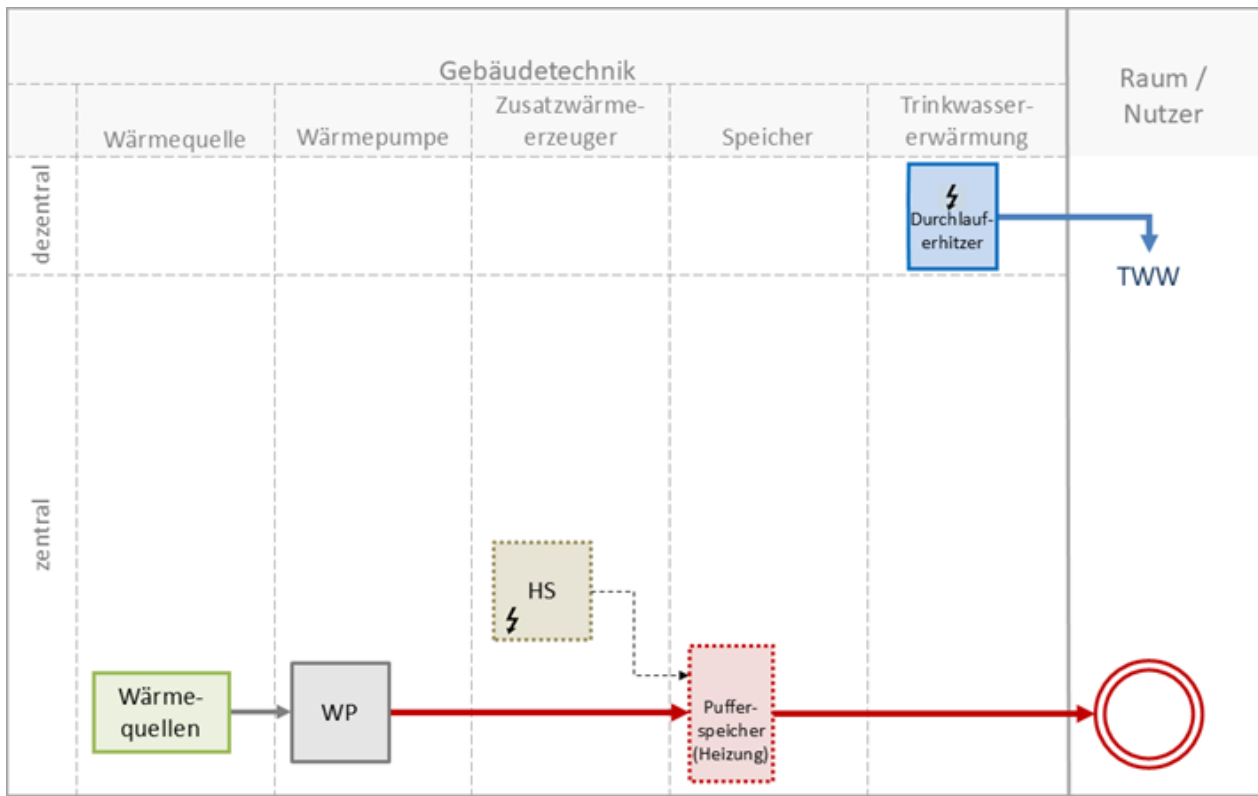


Abbildung 8: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Direktbeladung des Heizkreises (optional dazwischengeschalteter Heizungspufferspeicher mit elektrischem Heizstab) und dezentraler Trinkwassererwärmung mit elektrischen Durchlauferhitzern

2.6.2 Wärmepumpenlösung mit Prozessabwärmeeinbindung

Die in Abbildung 9 dargestellte Wärmepumpenlösung umfasst eine zentrale Wärmepumpe, die thermische Energie aus einer Primärquelle bezieht und in das Heizsystem einspeist. Ergänzend wird Prozessabwärme als zusätzliche Wärmequelle genutzt, um den Bedarf bei höheren Lasten oder Temperaturanforderungen zu decken. Die Einbindung setzt voraus, dass das Temperaturniveau der Prozessabwärme für eine Einspeisung in den Pufferspeicher ausreichend hoch ist oder entsprechend angehoben wurde. Die konkrete technische Umsetzung (z. B. über Wärmetauscher oder Booster-Wärmepumpen) bleibt an dieser Stelle offengehalten. Ein zentraler Heizwasser-Pufferspeicher nimmt die bereitgestellte Wärme auf und stellt sie den Verbrauchern zeitlich flexibel zur Verfügung.

Eine Wärmepumpenlösung, die sowohl eine zentrale Wärmepumpe als auch nutzbare Prozessabwärme einbindet und die erzeugte Wärme in einem zentralen Speicher puffert, eignet sich besonders für Nichtwohngebäude mit deutlich schwankenden Lastprofilen, zeitlich variierendem Wärmebedarf oder mehreren parallel betriebenen Nutzungszonen. Dazu zählen unter anderem Produktions- und Gewerbebetriebe mit kontinuierlich anfallender Abwärme, Werkstätten, Lebensmittelverarbeitung, etc. Insgesamt ist dieses Konzept dort besonders geeignet, wo Prozesswärme sinnvoll eingebunden, Temperaturanforderungen variabel und Lastspitzen effizient ausgeglichen werden sollen.

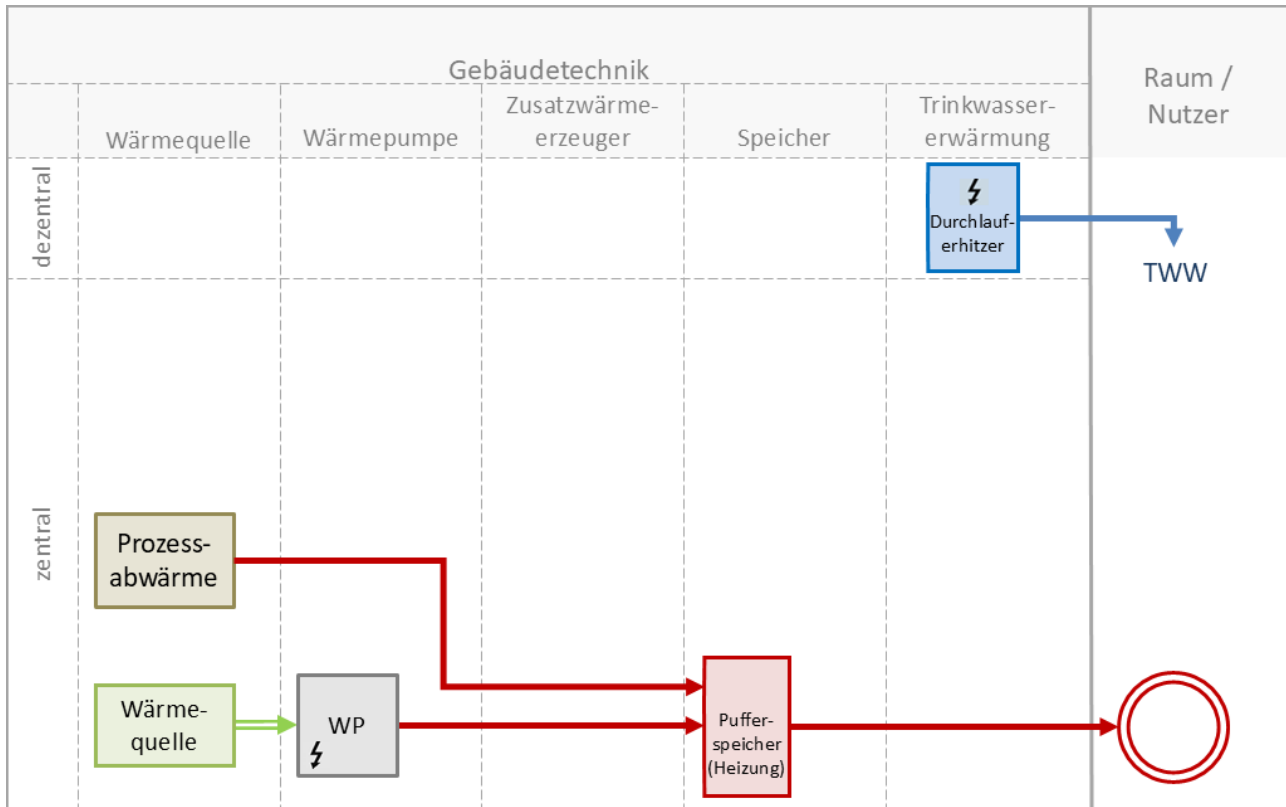


Abbildung 9: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Prozessabwärmeeinbindung und Heizungsspeicher

2.6.3 Wärmepumpenlösung mit Zusatzkessel und Heizungsspeicher

Die in Abbildung 10 dargestellte Wärmepumpenlösung umfasst eine zentrale Wärmepumpe, einen Zusatzkessel (z. B. Biomasse) und einen zentralen Wärmespeicher. Die Wärmepumpe deckt die Grundlast, während der Kessel bei Spitzenlasten oder erhöhten Temperaturanforderungen zusätzliche Wärme bereitstellt. Der Speicher ermöglicht die Zwischenspeicherung und bedarfsgerechte Verteilung.

Dieses System eignet sich für Nichtwohngebäude mit stark variierenden Lasten oder temporär hohen Vorlauftemperaturen, die von der Wärmepumpe allein nicht wirtschaftlich bereitgestellt werden können (z. B. Bürogebäude, Schulen, Sporthallen, Gewerbe- und Produktionsbetriebe, Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen). Es ist besonders vorteilhaft, wenn hohe Grundlasten effizient über die Wärmepumpe und Spitzenlasten flexibel über den Kessel abgedeckt werden sollen.

Die gemeinsame Beladung eines zentralen Speichers bietet hohe Flexibilität und ermöglicht die Abdeckung von Lastspitzen ohne Überdimensionierung der Erzeuger sowie eine zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch. Gleichzeitig entstehen Effizienz Nachteile, da erhöhte Speichertemperaturen die Leistungszahl der Wärmepumpe reduzieren und zusätzliche Schichtungsprobleme verursachen können. Eine alternative Auslegung sieht vor, dass die Wärmepumpe direkt die Heizkreise versorgt, während der Speicher ausschließlich vom Zusatzkessel beladen wird. Dadurch arbeitet die Wärmepumpe auf optimalem Temperaturniveau, vermeidet ineffiziente Speicherladung und wird hydraulisch vom Hochtemperaturbetrieb entkoppelt. Der Kessel übernimmt ausschließlich Spitzenlasten. Dieses Konzept verbessert die Effizienz der Grundlastdeckung, vereinfacht die Regelung und reduziert Wechselwirkungen zwischen den Erzeugern. [14–16]

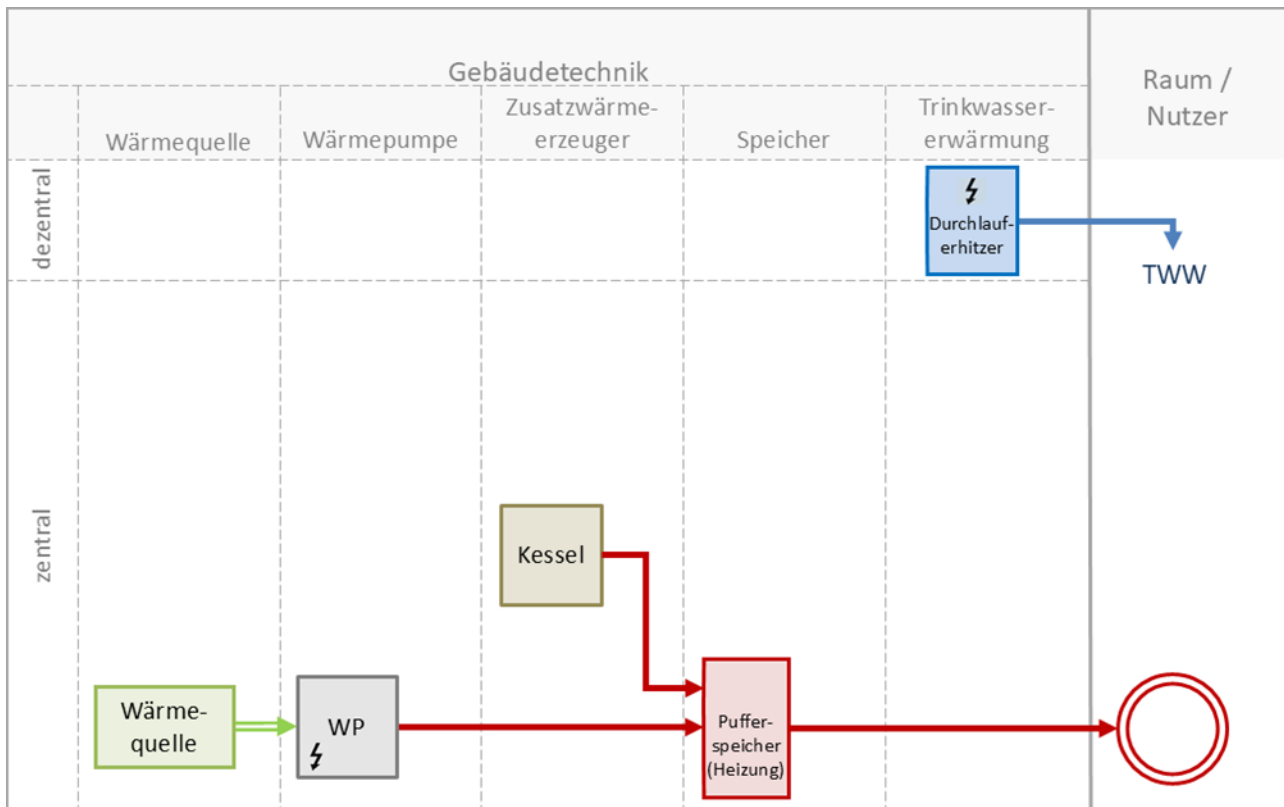


Abbildung 10: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Zusatzkessel und Heizungsspeicher

2.6.4 Wärmepumpenlösung mit Kombi-Pufferspeicher für Trinkwassererwärmung und Raumheizung

Die in Abbildung 11 dargestellte Wärmepumpenlösung basiert auf einem Kombi-Pufferspeicher, der sowohl die Raumheizung als auch die Trinkwassererwärmung (TWE) über einen integrierten Trinkwasser-Wärmeübertrager versorgt. Die zentrale Wärmepumpe speist den Speicher direkt. Für höhere Temperaturanforderungen – insbesondere zur hygienischen Trinkwassererwärmung – ist ein elektrischer Heizstab integriert, der bei Bedarf die Speichertemperatur anhebt oder als Backup dient.

Ein zentrales Konzept solcher Speicher ist die mehrzonige Beladung:

- oben auf höherem Temperaturniveau für die Trinkwassererwärmung
- mittig auf niedrigerem Niveau für die Heizkreise

Bei idealer Temperaturschichtung könnte ein Großteil der Wärme auf niedrigem Temperaturniveau bereitgestellt werden, was die Effizienz erhöht. In der Praxis wird diese Schichtung jedoch häufig nicht erreicht, da sowohl die Speicherladung als auch die Heizkreise geringe Temperaturspreizungen (typisch 3–7 K) aufweisen. Die daraus resultierenden hohen Volumenströme führen zu einer Durchmischung des Speichers, wodurch die Stratifizierung weitgehend verloren geht und Effizienzvorteile der mehrzonigen Beladung entfallen.

Hygienisch ist zu beachten, dass die Trinkwassererwärmung im Speicher erfolgt und daher ein höheres Temperaturniveau erforderlich ist. Trinkwasserzirkulation – in vielen Nichtwohngebäuden notwendig – verursacht zusätzliche Wärmeverluste und erhöht die notwendige Temperaturhaltung, was die Effizienz weiter reduziert.

Das System eignet sich vor allem für kleine bis mittelgroße Nichtwohngebäude mit moderatem Trinkwarmwasserbedarf (z. B. Verwaltungsgebäude, Dienstleistungsbetriebe, Kindergärten). Es ist hydraulisch einfach und platzsparend, weist jedoch aufgrund von Durchmischung und erhöhtem Temperaturniveau Effizienz Nachteile gegenüber Systemen mit getrennten Speichern auf. [14–16]

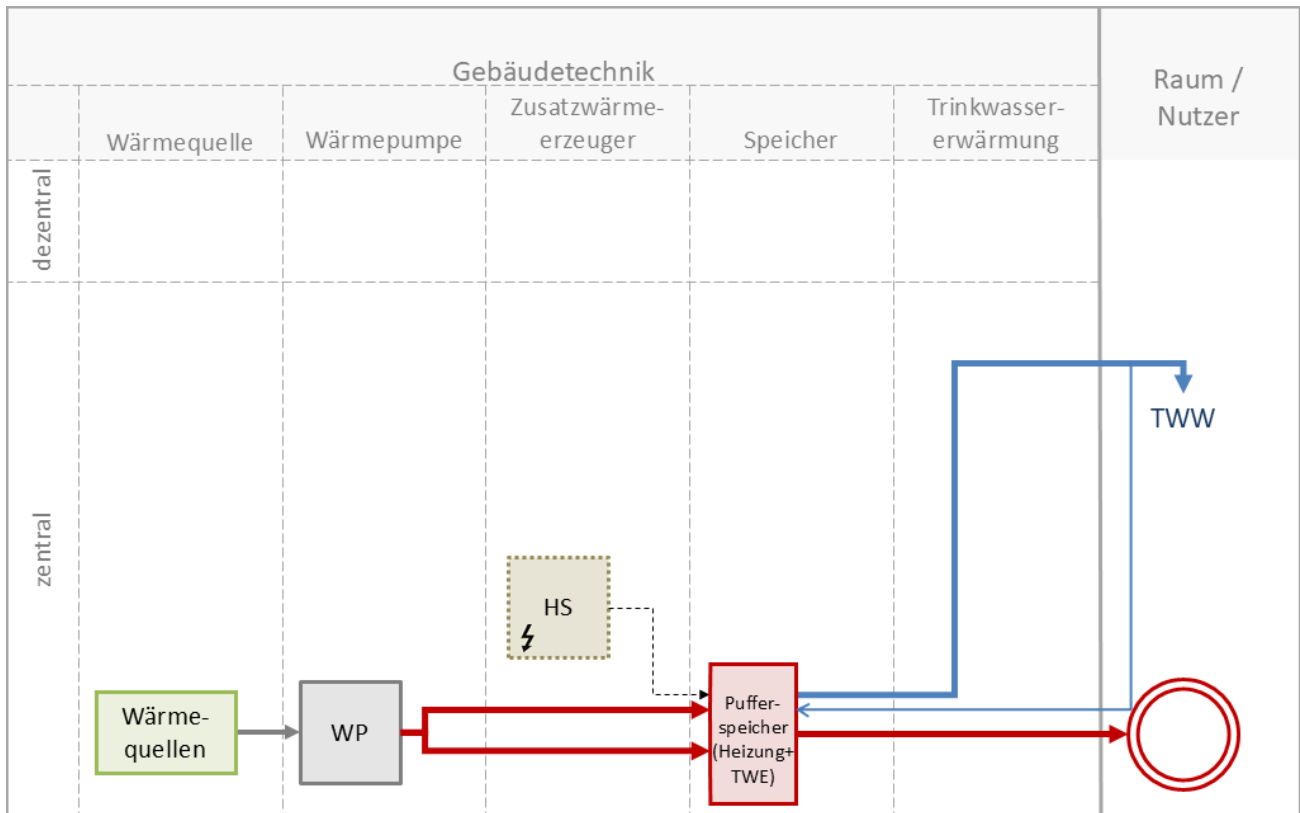


Abbildung 11: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Kombispeicher für Heizung und innenliegender Trinkwassererwärmung

2.6.5 Wärmepumpenlösung mit Kombi-Pufferspeicher für Trinkwassererwärmung über Frischwasserstation und Raumheizung

Die in Abbildung 12 dargestellte Wärmepumpenlösung basiert ebenfalls auf einem Kombi-Pufferspeicher, unterscheidet sich jedoch durch die Trinkwassererwärmung über eine zentrale Frischwasserstation (FWS). Die Wärmepumpe speist den Kombi-Pufferspeicher direkt und stellt damit die Wärme für die Heizkreise und die FWS bereit. Ein elektrischer Heizstab kann – wie in Kapitel 2.6.4 beschrieben – zur Anhebung des Temperaturniveaus zugeschaltet werden.

Auch dieses System nutzt das Funktionsprinzip der mehrzonigen Speicherladung (oben warm, mittig niedriger). Die damit verbundenen theoretischen Vorteile entsprechen den in Kapitel 2.6.4 erläuterten Mechanismen. Ebenso gelten die dort beschriebenen hydraulischen und thermischen Einschränkungen: geringe Spreizungen, hohe Volumenströme und die daraus resultierende Durchmischung des Speichers. Der Kombi-Pufferspeicher verhält sich daher auch hier in der Praxis häufig wie ein wenig geschichteter oder nahezu durchmischter Speicher.

Der wesentliche Unterschied liegt in der Trinkwassererwärmung: dieses wird nicht ungeregelt über einen innenliegenden Wärmetauscher, sondern per drehzahl geregelter Umwälzpumpe (Heizungswasser) exakt temperaturgeregelt über die FWS im hygienischen Durchflussprinzip bereitgestellt. Das hygienische Risiko ist dadurch deutlich geringer als bei einem Kombispeicher mit direkter Trinkwarmwasserspeicherung. Eine Zirkulation des Trinkwarmwassers kann dennoch

erforderlich sein, verursacht aber (wie in Kapitel 2.6.4 beschrieben) zusätzliche Verluste und erhöht den Speicherwärmebedarf.

Dieses System eignet sich insbesondere für Nichtwohngebäude mit regelmäßigem, Trinkwarmwasserbedarf (z. B. Werkstätten, Autohäuser, Schulen). Die Kombination aus Frischwasserstation und Kombi-Pufferspeicher ist kompakt, hygienisch robust und wartungsarm, wobei die Effizienz maßgeblich von der realen Speicherhydraulik abhängt. [14–16]

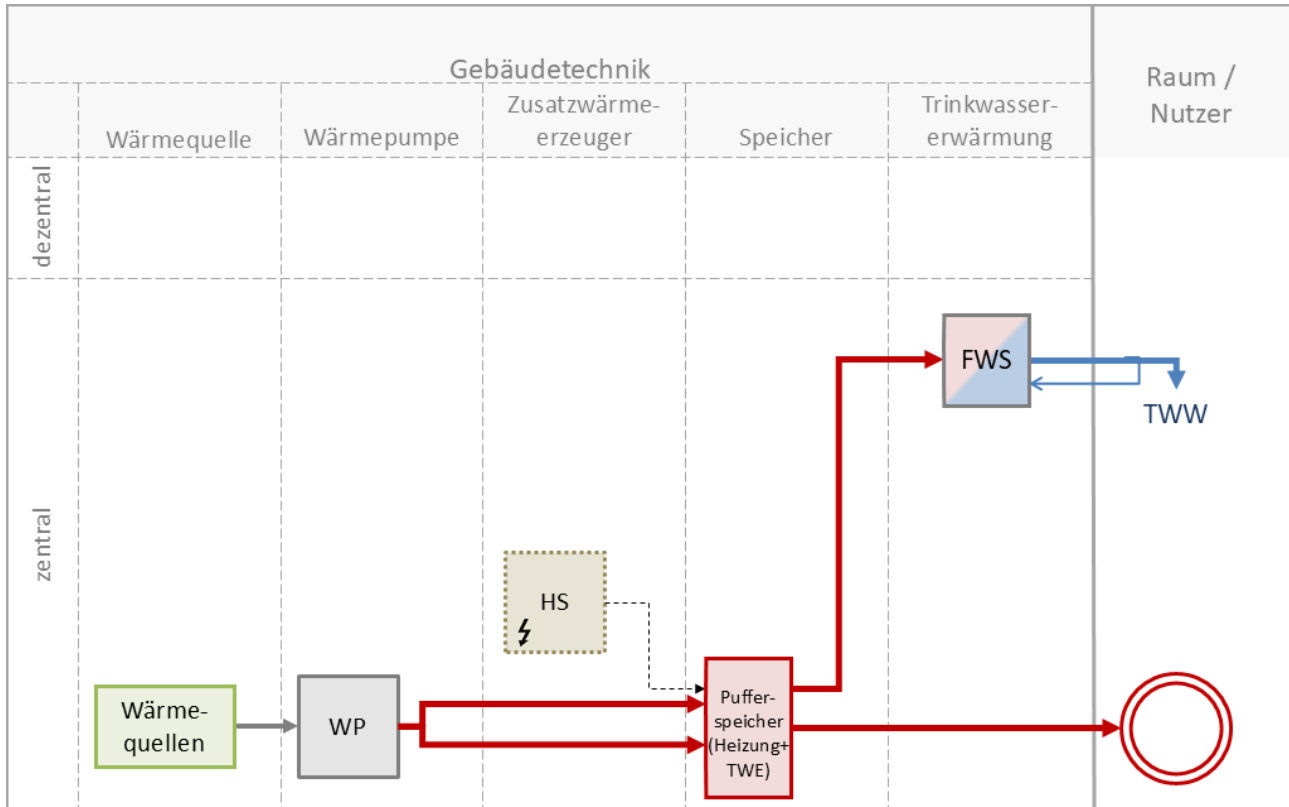


Abbildung 12: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Kombispeicher für Heizung und Trinkwassererwärmung über Frischwasserstation

2.6.6 Wärmepumpenlösung mit Trinkwassererwärmung in separatem Pufferspeicher

Abbildung 13 zeigt eine Wärmepumpenlösung mit getrennten Speichern für Raumheizung und innenliegende Trinkwassererwärmung sowie direkter oder optional gepufferter Heizkreisanbindung. Die zentrale Wärmepumpe speist beide Speicher und versorgt damit Heizung und Trinkwarmwasser. Elektrische Heizstäbe können bei Bedarf zur Spitzenlastabdeckung oder zur Einhaltung hygienischer Temperaturen zugeschaltet werden.

Im Gegensatz zu Systemen mit Frischwasserstation erfolgt die Trinkwassererwärmung im Speicher über einen innenliegenden Wärmetauscher. Dies vereinfacht die Hydraulik, führt jedoch bei sinkender Speichertemperatur zu reduzierter Zapftemperatur bzw. -leistung. Wie bei zentralen Systemen üblich, ist eine Zirkulation erforderlich, die Wärmeverluste verursacht und ein höheres Temperaturniveau im Speicher erzwingt, was die Effizienz der Wärmepumpe reduziert. Dezentrale Lösungen wären hygienisch und energetisch vorteilhaft, sind jedoch bei vielen Zapfstellen oft unwirtschaftlich und mit hoher Anschlussleistung verbunden.

Durch die Trennung von Heizungs- und Trinkwarmwasserspeicher können beide Systeme auf optimalem Temperaturniveau betrieben werden (Heizung niedrig, Trinkwarmwasser hoch), wodurch Effizienz und Lastanpassung verbessert und gegenseitige Beeinflussungen reduziert werden.

Das System eignet sich für Nichtwohngebäude mit relevantem, kontinuierlichem Warmwasserbedarf und moderaten hygienischen Anforderungen, bei denen dezentrale Lösungen unpraktikabel sind (z. B. Gewerbe- und Produktionsgebäude, Werkstätten, Autohäuser, Logistik, Sporthallen ohne Wellness, Kantinen). Die Hygieneanforderungen sind dabei geringer als in sensiblen Bereichen, während der Bedarf eine zentrale Lösung rechtfertigt. [14–16]

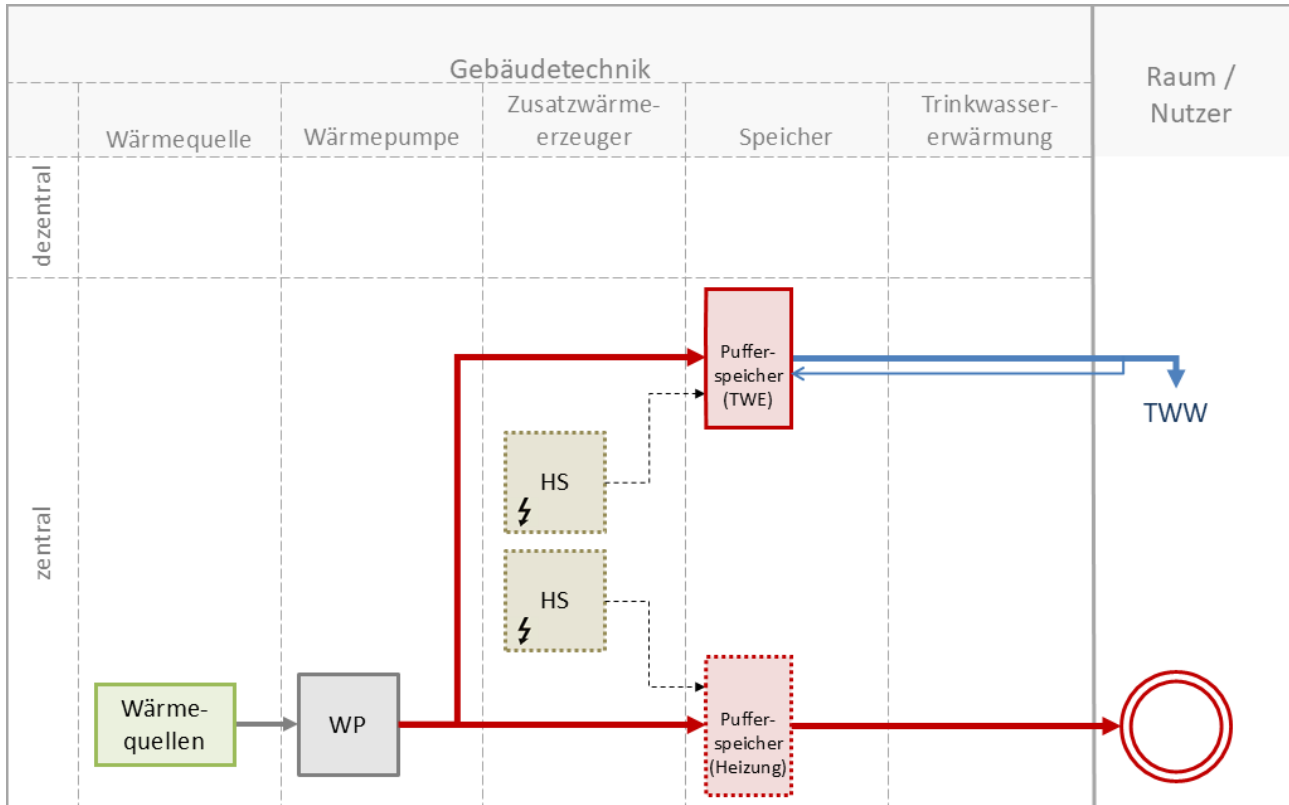


Abbildung 13: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit innenliegender Trinkwassererwärmung in separatem Pufferspeicher und direkter Heizkreisanbindung (bzw. separaten Heizungspufferspeicher)

2.6.7 Wärmepumpenlösung mit separatem Pufferspeicher für Trinkwassererwärmung in Frischwasserstation

Die in Abbildung 14 dargestellte Wärmepumpenlösung verfügt über einen separaten Pufferspeicher für die Trinkwassererwärmung mittels Frischwasserstation sowie über eine direkten Heizkreisanbindung. Alternativ kann noch ein zusätzlicher Heizungspufferspeicher, der sich zwischen Wärmepumpe und Heizkreis befindet, zum Einsatz kommen. Die zentrale Wärmepumpe speist den Heizungspufferspeicher und versorgt damit unmittelbar die Heizkreise, während elektrische Heizstäbe bedarfsweise zusätzliche Wärme in den Speicher einbringen können, etwa zur Abdeckung von Spitzenlasten oder für höhere Vorlauftemperaturen. Die Trinkwassererwärmung erfolgt nicht über einen kombinierten Speicher, sondern über eine zentral angeordnete Frischwasserstation mit Zirkulationsleitung, die den separaten Trinkwarmwasserspeicher nutzt und Trinkwarmwasser im hygienischen Durchflussprinzip bereitstellt. Aufgrund ihrer zentralen Anordnung können bei dieser Wärmepumpenlösung Legionellen dennoch ein Thema sein, eine Zirkulation des Trinkwarmwassers ist dabei unumgänglich was wiederum Wärmeverluste und geringere Energieeffizienz bedeutet. Eine dezentrale Trinkwarmwassererwärmung wäre hygienisch noch unbedenklicher und energieeffizienter. Durch die funktionale Trennung der Speicher können Heiz- und Trinkwarmwassersysteme jeweils auf ihrem optimalen Temperaturniveau betrieben

werden, was die Energieeffizienz der Wärmepumpe verbessert, Speicherverluste reduziert und gleichzeitig hohe Warmwasserleistungen ermöglicht.

Dieses Systemkonzept eignet sich besonders für kleine bis mittelgroße Nichtwohngebäude mit mittlerem, hygienisch relevantem Warmwasserbedarf, wie etwa Büros, Schulen, Kindergärten, kleinere Sport- und Veranstaltungsstätten, Filialbetriebe, Arztpraxen, kommunale Gebäude oder Einrichtungen mit zeitlich variierenden Lastprofilen. [14-16]

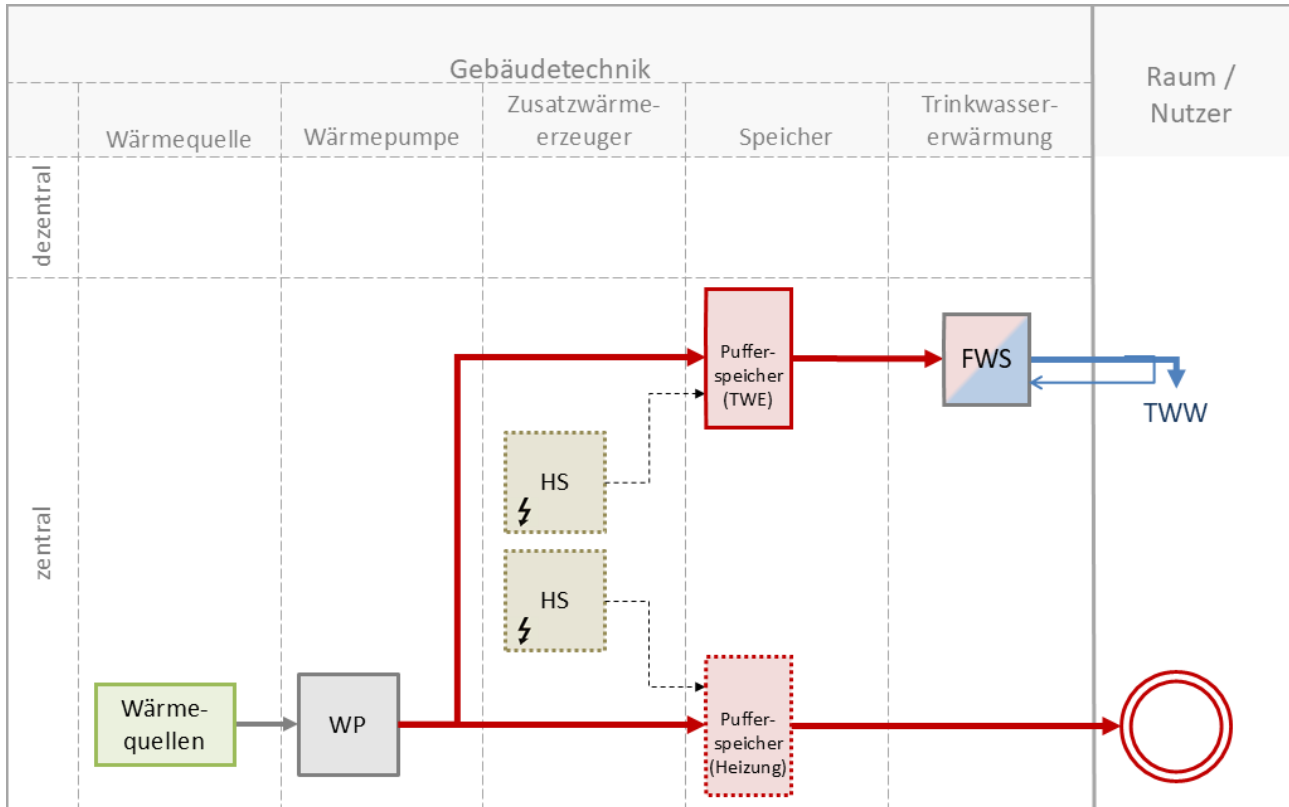


Abbildung 14: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit separatem Pufferspeicher für die Trinkwassererwärmung mittels Frischwasserstation und direkter Heizkreisanbindung (bzw. separatem Heizungspufferspeicher)

2.6.8 Wärmepumpenlösung mit Trinkwassererwärmung und -speicherung in separatem Trinkwasserspeicher und direkter Heizkreisanbindung

Die in Abbildung 15 dargestellte Wärmepumpenlösung umfasst einen separaten Trinkwarmwasserspeicher sowie eine direkte oder optional gepufferte Heizkreisanbindung. Die zentrale Wärmepumpe speist beide Speicher und versorgt damit Raumheizung und Trinkwassererwärmung. Elektrische Heizstäbe können bei Bedarf zur Spitzenlastabdeckung oder zur Einhaltung hygienischer Temperaturen zugeschaltet werden.

Im Gegensatz zu Systemen mit Frischwasserstation wird das Trinkwarmwasser direkt im Speicher erwärmt. Dies vereinfacht die Hydraulik, erfordert jedoch höhere Speichertemperaturen zur Sicherstellung der mikrobiologischen Sicherheit. Eine notwendige Trinkwasserzirkulation gewährleistet kurze Auslaufzeiten und vermeidet Stagnation, führt jedoch zu zusätzlichen Wärmeverlusten und reduziert die Effizienz der Wärmepumpe.

Dezentrale Lösungen wären hygienisch und energetisch vorteilhaft, sind jedoch bei vielen Zapfstellen mit hohem Installationsaufwand, hoher Anschlussleistung und zusätzlichen Netzkosten verbunden. Durch die Trennung von Heizungs- und Trinkwarmwasserspeicher können beide

Systeme auf optimalem Temperaturniveau betrieben werden (Heizung niedrig, Trinkwarmwasser hoch), was Effizienz und Lastanpassung verbessert und Wechselwirkungen reduziert.

Das System eignet sich für Nichtwohngebäude mit relevantem, kontinuierlichem Warmwasserbedarf, bei denen dezentrale Lösungen unpraktikabel sind (z. B. Produktions- und Gewerbebauten, Werkstätten, Autohäuser, Logistik, Sporthallen ohne Wellness, Kantinen). Die Hygieneanforderungen sind dabei in der Regel geringer als in medizinischen oder pflegerischen Einrichtungen. [24–26]

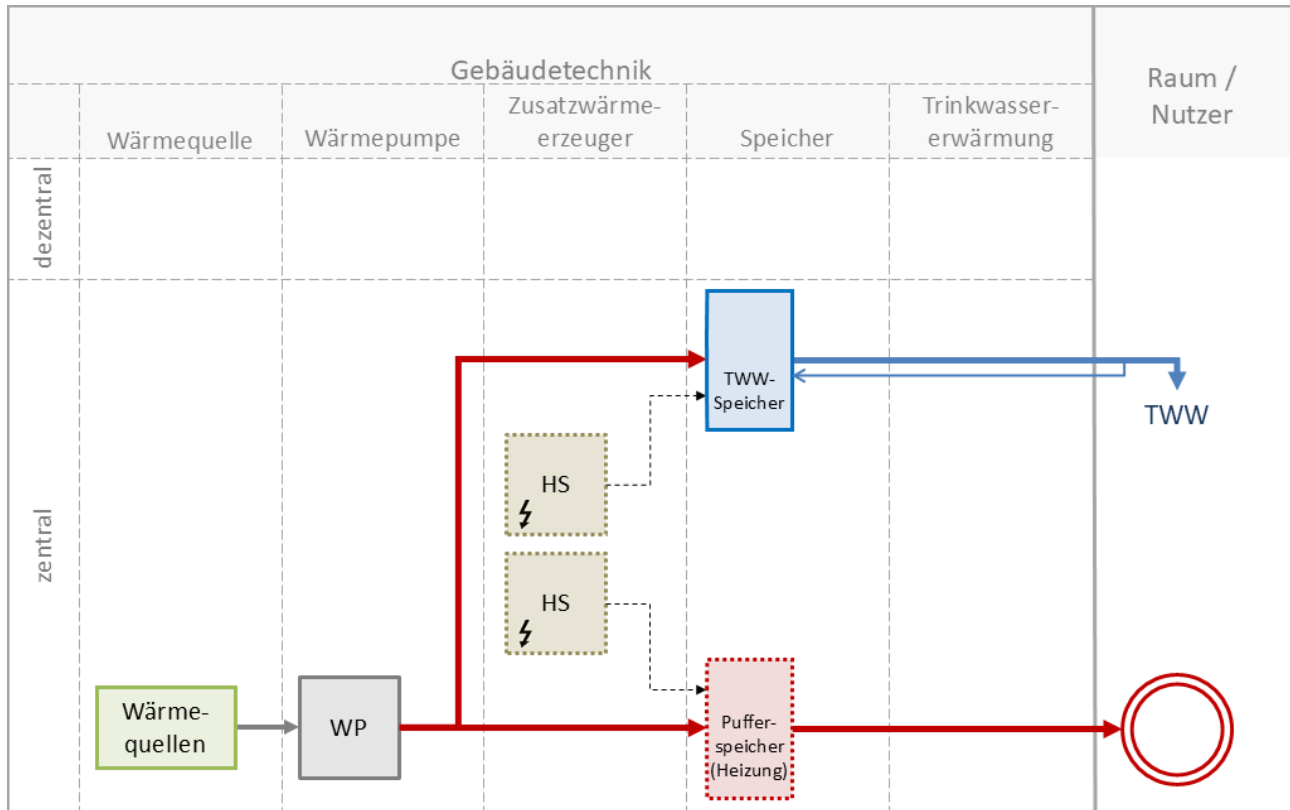


Abbildung 15: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Trinkwassererwärmung und -speicherung in separatem Trinkwasserspeicher und direkter Heizkreisbindung (bzw. separatem Heizungspufferspeicher)

2.6.9 Wärmepumpenlösung zur Versorgung von Heizkreisen und Beladung dezentraler Trinkwarmwasserspeicher

Die in Abbildung 16 dargestellte Wärmepumpenlösung beschreibt ein System, bei dem sowohl Raumheizung als auch Trinkwassererwärmung durch eine Wärmepumpe bereitgestellt werden. Diese speist einen zentralen Heizungsspeicher. Über einen separaten Heizkreis werden dezentrale Trinkwasserspeicher versorgt. Elektrische Heizstäbe dienen als Backup.

Im Unterschied zu Systemen mit zentraler oder rein elektrisch dezentraler Trinkwassererwärmung muss das erhöhte Temperaturniveau vollständig durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Dies führt zu einem dauerhaft größeren Temperaturhub und reduzierter Energieeffizienz. Dem stehen funktionale Vorteile gegenüber: Die dezentrale Trinkwassererwärmung nahe an den Zapfstellen vermeidet zentrale Zirkulationssysteme und reduziert Leitungs- und Zirkulationsverluste. Gleichzeitig entsteht eine robuste hygienische Struktur mit unabhängig betreibbaren Speichern. Unterschiedliche Nutzungsprofile lassen sich ohne zentrale Spitzenlasten abdecken.

Zur Minderung der Effizienz Nachteile können die Speicher nur in definierten Zeitfenstern mit hoher Temperatur beladen werden. Die Wärmepumpe arbeitet dabei nur temporär auf erhöhtem Niveau und sonst im effizienten Niedertemperaturbetrieb. Diese zeitliche Entkopplung erfordert jedoch eine präzise Regelungs- und Hydraulikstrategie.

Das System eignet sich für Nichtwohngebäude mit verteilten Zapfstellen und moderatem, regelmäßigem Warmwasserbedarf, bei denen eine zentrale Zirkulation ungünstig sind (z. B. Verwaltungsgebäude, Schulen, Kindergärten, Werkstätten). Insgesamt stellt das Konzept einen Kompromiss dar: zentrale, regenerative Wärmeerzeugung kombiniert mit dezentraler Trinkwassererwärmung. Der Betrieb auf erhöhtem Temperaturniveau bleibt der zentrale Einflussfaktor auf die Wirtschaftlichkeit und erfordert sorgfältige Planung und Regelung. [14–16]

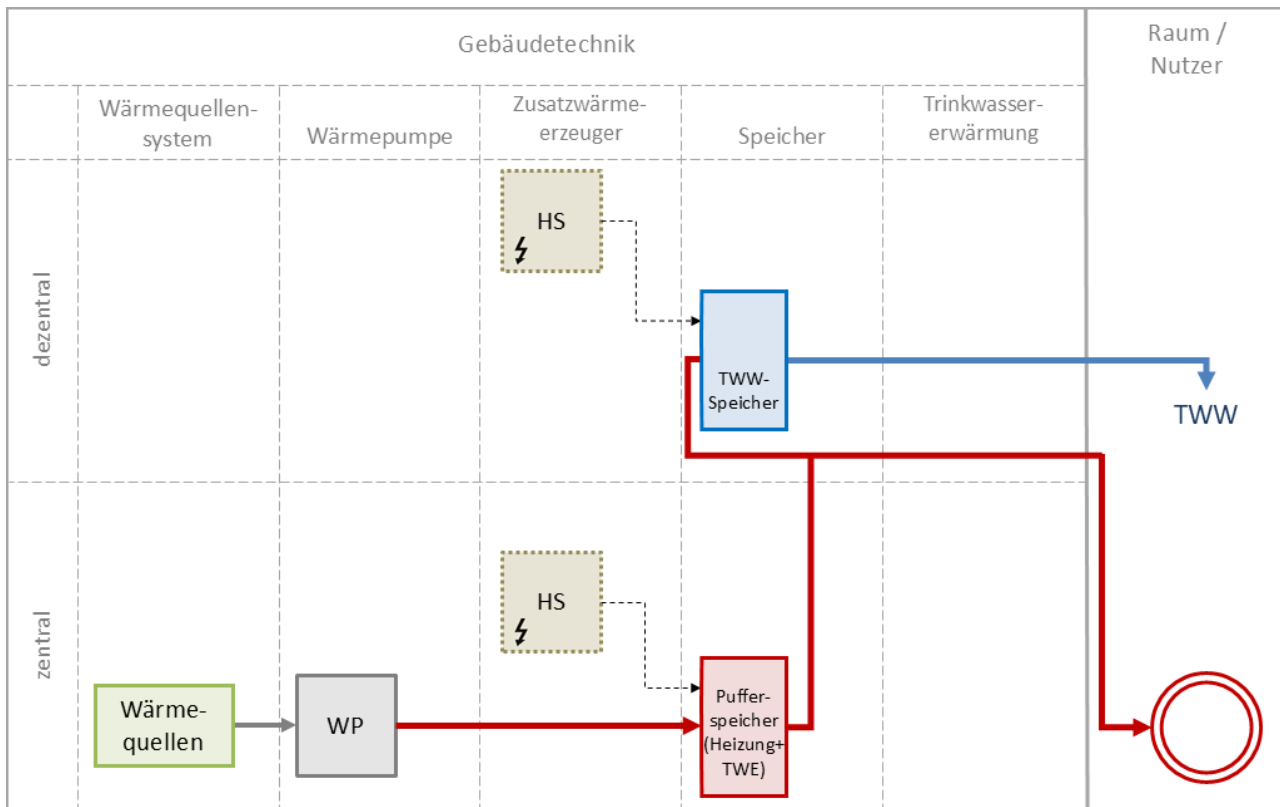


Abbildung 16: Vereinfachte Systemdarstellung einer Wärmepumpenlösung mit Pufferspeicher zur Versorgung der Heizkreise und Trinkwassererwärmung in dezentralen Trinkwarmwasserspeichern

FAZIT

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass Wärmepumpensysteme im Nichtwohngebäudebereich ein erhebliches, jedoch gebäudetypabhängiges Potenzial besitzen. Eine pauschale Bewertung ist nicht möglich; vielmehr hängt die Eignung maßgeblich von Nutzung, Temperaturniveaus, gebäudetechnischer Ausstattung, Gebäudehülle und betrieblichen Rahmenbedingungen ab. Während insbesondere Bildungseinrichtungen sowie viele Industrie- und Gewerbegebäude günstige Voraussetzungen aufweisen, stellen Krankenhäuser, Museen und große Einkaufszentren aufgrund ihrer spezifischen Anforderungen höhere technische Ansprüche an Systemauslegung und Betrieb.

Die Analyse verdeutlicht, dass nicht allein der thermische Zustand des Gebäudes, sondern vor allem die bestehenden gebäudetechnischen Strukturen entscheidend für die Integration von Wärmepumpensystemen sind. Niedertemperatur-Wärmeverteilung, moderate Warmwasseranforderungen und geeignete Betriebsprofile begünstigen einen effizienten Einsatz. Hohe Vorlauftemperaturen, kontinuierliche Hochtemperaturanforderungen oder komplexe Klimatisierungsaufgaben erhöhen hingegen den Planungs- und Integrationsaufwand.

Zugleich zeigt sich, dass ein relevanter Anteil der untersuchten Nichtwohngebäude bereits heute grundlegende Voraussetzungen für eine Umstellung erfüllt. In anderen Fällen sind ergänzende Maßnahmen – insbesondere im Bereich der Gebäudehülle oder der Systemintegration – erforderlich, um Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz sicherzustellen.

Insgesamt wird deutlich, dass Wärmepumpensysteme im Nichtwohngebäudesektor keine standardisierte Lösung darstellen, sondern als systemische Technologie zu verstehen sind, deren Erfolg von einer sorgfältigen, objektspezifischen Analyse und Auslegung abhängt. Richtig dimensioniert und in geeignete Systemkonzepte eingebunden, können sie einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion fossiler Energieträger im Nichtwohngebäudebestand leisten.

LITERATUR

- [1] Bundesgesetz: Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012 – EAVG 2012. Bundesgesetz.
- [2] Europäische Union: Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – 2024/1275. Europäische Union, 2024.
- [3] Ämter der jeweiligen Landesregierungen Österreichs: ZEUS Online-Datenbank zur Verwaltung von Energieausweisen, <https://www.energieausweise.net/>.
- [4] Statistik Austria: Energieausweisdatenbank (EADB), <https://www.statistik.at/datenbanken/adress-gebaeude-und-wohnungsregister/energieausweisdatenbank-eadb/allgemeines> [Zugriff am: 31.03.2025].
- [5] Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-RL 6 – OIB-Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden. In: 2019.
- [6] Passivhaus Austria, Passivhaus Institut, PHI Österreich GmbH: Qualitätskriterien, <https://passivhaus-austria.org/>.
- [7] ÖNORM EN 806-1:2001-12. *Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 1: Allgemeines*. Austrian Standards, Wien.
- [8] ÖNORM B 5019:2020-04. *Hygienerelevante Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Überwachung von Trinkwasserinstallationen*. Austrian Standards, Wien.
- [9] Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz: Raumklima und Lüftung in Arbeitsräumen Ausgabe Dezember 2024.
- [10] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie: Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Bildungseinrichtungen – Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft, 2024, https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:35a9fa4b-d15f-484c-8e91-97a2961434a0/positionspapier_SARS-CoV2.pdf.
- [11] Umweltbundesamt: Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden Ausgabe 2008.
- [12] M. Miara, A. Zottl, R. Rieberer, O. Cauret, N. Calame, F. Rognon, C. Geelen, A. Kalkman, M. Simonetti, V. Gentile, F. Neirotti, and S. V. Pedersen, *Template_Systemschemata_engl(annex50).pptx*. Fraunhofer ISE, AIT Austrian Institute of Technology, Graz University of Technology, EDF R&D, CSD Ingénieurs SA, Infinitus Energy Solutions, TNO, Politecnico di Torino, and Danish Technological Institute, nicht öffentlich, 2021.
- [13] Diverse Projektunterlagen zu den Fallbeispielen (nicht öffentlich bzw. anonymisiert)
- [14] A. Komposch, T. Natiesta, A. Niesner und C. Köfinger, *Wärmepumpen – Einführungsvortrag*, interne Präsentation im Rahmen von Wärmepumpen-Weiterbildungen, AIT Austrian Institute of Technology, 2025. Kursbeschreibungen unter: www.waermepumpe-weiterbildung.at.
- [15] A. Komposch, T. Natiesta, A. Niesner und C. Köfinger, *Dimensionierung von Wärmepumpen und Wärmequellen*, interne Präsentation im Rahmen von Wärmepumpen-Weiterbildungen, AIT Austrian Institute of Technology, 2025. Kursbeschreibungen unter: www.waermepumpe-weiterbildung.at.

- [16] A. Komposch, T. Natiesta, A. Niesner und C. Köfinger, *Hydraulik und Warmwasserbereitung*, interne Präsentation im Rahmen von Wärmepumpen-Weiterbildungen, AIT Austrian Institute of Technology, 2025. Schulungsunterlagen verfügbar unter: www.waermepumpe-weiterbildung.at

Impressum

Herausgeber:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Giefinggasse 4 | 1210 Wien | Österreich

Telefon: +43 50 550-0

E-Mail: office@ait.ac.at

Web: www.ait.ac.at

Firmenbuchnummer: FN 115980 i

Firmenbuchgericht: Handelsgericht Wien

UID-Nummer: ATU 14703506

Kammerzugehörigkeit: Wirtschaftskammer Wien

Geschäftsführung:

DIn Dr.in Brigitte Bach, MSc (Sprecherin der Geschäftsführung)

Univ.-Prof. Dr. Andreas Kugi

Mag. Alexander Svejkovsky

Grundlegende Richtung des Leitfadens:

Dieser Leitfaden dient der Information über wissenschaftliche und technologische Entwicklungen sowie deren Anwendung im Bereich Energie- und Gebäudetechnik.

Haftungsausschluss:

Die Inhalte dieses Leitfadens wurden mit größter Sorgfalt erstellt und basieren auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte kann jedoch keine Gewähr übernommen werden. Eine Haftung für Schäden, die aus der Nutzung der Inhalte entstehen, ist ausgeschlossen.