

VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „**Smart Cities Demo - 6. Ausschreibung**“. Mit diesem Förderprogramm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, große Demonstrations- und Pilotprojekte zu initiieren, in denen bestehende bzw. bereits weitgehend ausgereifte Technologien und Systeme zu innovativen interagierenden Gesamtsystemen integriert werden.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und
Energiefonds



Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

A. Projektdetails

Kurztitel:	SAKS Klagenfurt
Langtitel:	Smarte Abwärmenutzung durch Kühlung und Speicherung in Klagenfurt
Programm:	Smart Cities Demo - 6. Ausschreibung
Dauer:	01.03.2016 – 28.02.2017 (verlängert bis 30.06.2017)
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee, Abteilung Umweltschutz
Kontaktperson - Name:	Dr. Wolfgang Hafner
Kontaktperson – Adresse:	Bahnhofstraße 35 9020 Klagenfurt am Wörthersee
Kontaktperson – Telefon:	0463 537 4885
Kontaktperson E-Mail:	wolfgang.hafner@klagenfurt.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	<p>Grazer Energieagentur GmbH Kaiserfeldgasse 13/I 8010 Graz, Steiermark</p> <p>Energie Klagenfurt GmbH St. Weiter Straße 31 9020 Klagenfurt am Wörthersee, Kärnten</p> <p>Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee - Abteilung Umweltschutz Bahnhofstraße 35 9020 Klagenfurt am Wörthersee, Kärnten</p>
Projektwebsite:	https://www.grazer-ea.at/cms/forschung-und-wissenstransfer/saks-klagenfurt/content.html https://www.stw.at/privatkunden/energie/waerme-projekt-saks/ http://www.klagenfurt.at/leben-in-klagenfurt/umwelt-natur/laufende-projekte/saks-klagenfurt.html
Schlagwörter (im Projekt bearbeitete Themen-/Technologiebereiche)	<input checked="" type="checkbox"/> Gebäude <input checked="" type="checkbox"/> Energienetze <input checked="" type="checkbox"/> andere kommunale Ver- und Entsorgungssysteme <input checked="" type="checkbox"/> Mobilität <input checked="" type="checkbox"/> Kommunikation und Information

Projektgesamtkosten genehmigt:	219.709 €
Fördersumme genehmigt:	147.245 €
Klimafonds-Nr:	KR15SC6F12673
Erstellt am:	11.04.2018

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

B. Projektbeschreibung

B.1. Kurzfassung

Ausgangssituation / Motivation:	<p>Im Großraum Klagenfurt gibt es verschiedenste Abwärmepotentiale (vorwiegend aus Industrie- und Gewerbebetrieben) die vor allem in den Sommermonaten derzeit nicht genutzt werden können. Für die Einspeisung in das Fernwärmenetz fehlen derzeit vorwiegend die (Sommer)-abnehmer im Fernwärmenetz oder entsprechende Speichermöglichkeiten.</p> <p>Die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee beabsichtigt in den nächsten Jahren die Errichtung des Stadt-Entwicklungsgebietes „Klagenfurt-Harbach“ mit ca. 900 Wohneinheiten für etwa 1.700 EinwohnerInnen. Neben der Umsetzung in Niedrigenergiehaus-Bauweise ist eine Niedertemperatur-Wärmeversorgung geplant. Die Wärme-/ Kälteversorgung soll für die NutzerInnen „leistbar“ und ökologisch sein. Das Baugebiet liegt im Fernwärmeversorgungsgebiet.</p> <p>Zusätzlich steigt auch in Klagenfurt/Ws. der Bedarf/die Anforderung zur Nachrüstung von Klimageräten in den letzten Jahren aufgrund der ansteigenden Sommertemperaturen markant an. Die Erweiterung der Klimatisierung in öffentlichen Gebäuden wie z.B. weitere Bereiche des Klinikums Klagenfurt am Wörthersee werden kurz-/mittelfristig erforderlich.</p>
Bearbeitete Themen-/ Technologiebereiche:	<p>Abwärme, Abwärmennutzung, Saisonale Wärmespeicher, Energienetze, wärmegetriebene Kühlung, Kälteversorgung, Kälteanlage</p>
Inhalte und Zielsetzungen:	<p>Ziel des Projektes ist es, Abwärmepotentiale von Industrie-/ Gewerbebetrieben aus dem Großraum Klagenfurt zu erheben und diese Potentiale durch Speicherung (Saisonspeicher) für die Wintermonate zum Heizen und zur Verwendung des Antriebes von Sorptionskälteanlagen zur Kühlung in den Sommermonaten nutzbar zu machen. Der Energiebedarf für Heizung und Kühlung für das Stadt-Entwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach bzw. der Kühlbedarf einzelner Großabnehmer (z.B. Klinikum Klagenfurt/Ws.) sollte durch die Nutzung der bestehenden Abwärmepotentiale abgedeckt werden. Die technische, wirtschaftliche u. rechtliche Machbarkeit wurde im Rahmen des Projekts dargestellt und dient der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee als Entscheidungshilfe für die weitere Vorgehensweise bei der Vorbereitung der Umsetzung des Stadtentwicklungsgebietes Klagenfurt-Harbach. Damit soll es nicht nur zu einer Verringerung von Energiekosten für die Endenergienutzer kommen, sondern auch die energiepolitischen Ziele (Klimaschutz, geringerer Primärenergieeinsatz) erreicht werden.</p> <p>Im Projekt SAKS wurden vorrangig die am Markt vorhandenen bzw. in der Einführungsphase befindlichen Einzeltechnologien zu einem intelligenten Gesamtsystem zusammengeführt. Erkenntnisse aus anderen Forschungsprojekten z.B. zum Thema saisonale Wärmespeicher flossen in das Projekt ein und wurden für den Anwendungsfall konkretisiert.</p>

<p>Methodische Vorgehensweise:</p>	<p>Das Projekt „SAKS Klagenfurt“ besteht aus 8 Arbeitspaketen (AP):</p> <p>Für das Projektmanagement (AP1) war ein eigenes Arbeitspaket vorgesehen, welches neben 4 Projektmeetings und weiteren Projekttreffen die Erstellung eines Projektstrukturplans & administrative Arbeiten umfasste. Zur Methode zählten laufende Projektkommunikation mit den Projektpartnern und Stakeholdern, sowie die Berichtslegungen gegenüber dem Auftraggeber.</p> <p>Das Arbeitspaket Kommunikation & Dissemination (AP2) begleitete das Projekt während der gesamten Projektlaufzeit. Dieses AP sicherte die laufende Kommunikation zwischen den Projektpartnern und die Verbreitung der Ergebnisse.</p> <p>Zu Beginn der Sondierung im Arbeitspaket Abwärmereifassung, Kühlbedarfsanalyse (AP3) wurden die Energiepotentiale und der Bedarf an Wärme bzw. Kälte erfasst.</p> <p>Die Recherche und Analyse marktverfügbarer Technologien und eine Konkretisierung auf definierte Anwendungsfälle bzw. auf ein Demogebiet war im Arbeitspaket Wärmegetriebene Kühlung – Technologie und konkrete Anwendungsfälle Klagenfurt (AP4) festgelegt.</p> <p>Danach erfolgte die Ermittlung möglicher Langzeit-(Wärme-) Speicherung (AP5) und die Erhebung des Bedarfs für das Stadt-Entwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach und das Wohnprojekt Living Container (AP6).</p> <p>Zum Ende des Projektes erfolgte die Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen (AP7) und die Erstellung der Machbarkeitsstudie bzw. eines Umsetzungskonzepts (AP8).</p>
<p>Ergebnisse und Schlussfolgerungen:</p>	<p>Das Projekt wurde nach einer kostenneutralen Verlängerung um 4 Monate mit 30.06.2017 mit der Erreichung von 23 Meilensteine und 20 Deliverables abgeschlossen.</p> <p>Das Projekt SAKS wurde auf (inter-)nationalen Veranstaltungen vorgestellt, darunter bei den Fernwärmefestivals in Loipersdorf, beim Arbeitsausschuss des Österreichischen Städtebunds, der Smart Energy Systems Week Austria in Graz, der e-nova in Pinkafeld und den Grazer Energiegesprächen. Es wurde bei allen Projektpartnern ein Homepagebereich erstellt und mehrere Newsletter ausgeschildet.</p> <p>30 Betriebe mit Abwärmepotential bzw. Kühlbedarf wurden kontaktiert und relevante Daten erhoben. Des Weiteren wurden die wichtigsten marktverfügbaren Technologien für wärmegetriebene Kühlung und für Langzeit-(Wärme) Speicherung recherchiert und analysiert.</p> <p>Nach der Festlegung von verschiedenen Kühlungskonzepten wurden die Kosten und die Auslegungsart konkreter untersucht. Weiters wurden nach der Festlegung der möglichen Speicherstandorte verschiedenste Szenarien berechnet und ebenfalls Kosten ermittelt. Ein Energiekonzept für das Stadtentwicklungskonzept Klagenfurt- Harbach wurde erstellt und der Wärme- und Kühlbedarf ermittelt. Ebenso konnten Systemtemperaturen festgelegt werden.</p>

	<p>Ferner wurde die rechtliche Situation abgeklärt und ein Muster für einen Kälteliefervertrag erstellt. Schlussendlich ist die Machbarkeitsstudie bzw. ein Umsetzungskonzept finalisiert worden, das die Grundlage für politische Entscheidungsträger und die weitere Vorgehensweise in Klagenfurt darstellt.</p>
--	--

Ausblick:

Eines der gesetzten Ziele des Projektantrages, nämlich die Erhöhung des Anteiles der Erneuerbaren Energieträger, wurde im Klagenfurter Fernwärmenetz durch die Inbetriebnahme eines Biomassekraftwerkes im Sommer 2017 bereits übertroffen und der Weg zur Erhöhung des Anteiles wird konsequent weiter verfolgt. Der Anschluss eines weiteren Biomasseheizkraftwerkes (siehe auch Anlage: Fernwärme Liebenfels) von Norden her erfolgt noch im November 2017. Damit sind auch die Voraussetzungen geschaffen, das Klinikum Klagenfurt am Wörthersee mit wärmegetriebener Kälte zu versorgen, um so die Sommerauslastung des Fernwärmenetzes zu erhöhen. Derzeit laufen Detailgespräche mit Kunden, Stadtwerke und Kraftwerksbetreiber zur Umsetzung eines Konzeptes durch wärmegetriebene Kältemaschinen, welche eine Stadtregion von Klagenfurt über eine Fernkälteleitung mit Fernkälte versorgen kann, sowie die großvolumige Speicherung überschüssiger Wärme vom Sommer in den Winter bzw. die Übergangszeit.

Ein weiterer Punkt ist ein Niedertemperatur-Subwärmenetz für das neue Siedlungsgebiet Klagenfurt-Harbach. Geplanter Baubeginn des Projektes in Harbach ist der Herbst 2018.

In der Machbarkeitsstudie wird der Weg zu einem intelligenten Gesamtsystem aus möglichen Abwärmequellen, Direktnutzung und Langzeitspeicherung skizziert. Das Gesamtsystem besteht aus der Nutzung der möglichen Abwärme von drei Gewerbe- und Industriebetrieben (kleinere Abwärmemengen und -leistungen), aus einem bestehenden Biomassekraftwerk (Überschuss aus Rauchgaskondensation im Sommer), Direktnutzung der Abwärmeüberschüsse im Sommer und 1-2 Langzeitspeichern. Prioritär aus wirtschaftlicher Sicht ist die Direktnutzung der Abwärme.

B.2. English Abstract

<p>Initial situation / motivation:</p>	<p>In the wider area of Klagenfurt there are diverse resources of waste heat (mainly of industrial and business enterprises), which currently cannot be used especially in summer months. For feed-in into the district heating grid there is presently a lack of consumers during summer in the district heating grid and no respective storage facility.</p> <p>The City of Klagenfurt on Lake Woerthersee intends to develop an urban development area named "Klagenfurt-Harbach" offering 950 housing units for approximately 1700 inhabitants. In addition to the implementation of low-energy constructions, a low temperature heat supply is planned. For users, the heat and refrigeration supply shall be affordable and ecologically friendly. The building area is located in an area supplied with district heating.</p> <p>Furthermore, in Klagenfurt there is an increasing demand to upgrade air conditioning units due to increasing summer temperatures in the last couple of years. The expansion of air conditioning units in public buildings as e.g. further areas of the state hospital Klagenfurt is required in the short- and middle term.</p>
<p>Thematic content / technology areas covered:</p>	<p>Waste heat, waste heat utilization, seasonal heat storage, energy networks, thermally driven refrigeration, cooling supply, cooling system</p>
<p>Contents and objectives:</p>	<p>The main objective of the project is to survey the potentials of industrial waste heat in the wider area of Klagenfurt and to further utilize these potentials through storage (season storage) for heating in winter months and for propulsion of sorption- cooling devices in the summer months. The energy requirements for heating and cooling in the urban development area Klagenfurt-Harbach respectively the cooling requirements of several large customers (e.g. state hospital Klagenfurt) should be covered by using existing industrial waste heat. The technical/ economical /legal feasibility is outlined within the project and should be used as a decision support for the City of Klagenfurt for further strategies to prepare the implementation of the urban development area Klagenfurt-Harbach. Consequently, not only a reduction of energy costs for end-consumers shall be achieved, but also the attainment of goals in terms of energy policy (climate protection, lower usage of primary energy).</p> <p>A prior aim of the project is the combination of single technologies, which are already available on the market respectively in market launch into an intelligent overall system. Furthermore, lessons learnt in other research projects, e.g. issues of seasonal heat accumulators should be considered and substantiated for the case of Klagenfurt.</p>

<p>Methods:</p>	<p>The project SAKS Klagenfurt has been divided in 8 work packages (WP):</p> <p>The project management (WP1) has been defined as an individual work package, which included the preparation of a project structure plan and administrative work in addition to 4 project meetings and other project meetings. The methods used were an ontinuous communication with the project partners and the stakeholders and as well as reporting.</p> <p>The work package communication and dissemination (WP2) was set which had to ensure the continuous communication between the project partners and the dissemination of the results. during the entire project.</p> <p>At the beginning of the project the potentials of energy and the need of heat and cold had to be researched, based on the definition in the work package waste heat acquisition and cooling requirements analysis (WP3).</p> <p>The research and analysis of the available technologies on the market and the determination of use cases or a demo area had been defined in the work package thermally driven refrigeration- technology and specific application scenario for Klagenfurt (WP4).</p> <p>Consequently, the determination of possible long-term seasonal (heat) storage (WP5) and the needs for the city development area Klagenfurt-Harbach and the housing project Living Container (WP6) had to be researched.</p> <p>At the end of the project the examination of the legal framework (WP7) and the preparation of the feasibility studys (WP8) had been carried out.</p>
<p>Results:</p>	<p>The project was completed after a cost-neutral prolongation of 4 months within 30.06.2017 with the achievement of 23 milestones and 20 deliverables.</p> <p>The project was presented at inter(national) events, e.g. the district heating days in Loipersdorf, the working committee of the Austrian Association of Cities, the Smart Energy Systems Week Austria in Graz, the e-nova in Pinkafeld and the energy talks of Graz. All project partners created a homepage area und several newsletters were sent out.</p> <p>30 companies with waste heat potential or cooling demand were contacted and relevant data was collected. Further the most important commercial technologies which are available on the market for thermally driven refrigeration and for long-term (heat) storage were researched and analyzed. Furthermore, after the determination of possible storage locations various scenarios were calculated and costs were also determined. An energy concept for the urban development concept Klagenfurt-Harbach was drawn up and the heat and cooling requirements determined. Similarly, system temperatures could be set.</p> <p>In addition, the legal situation was clarified and a model contract for cold supply was drawn up. Finally, the feasibility study resp. an implementation concept has been finalized, which represents the basis for political decision-makers and the further proceedings in Klagenfurt.</p>

Outlook / suggestions for future research:

One of the objectives of the project, namely the increase in the share of renewable energy sources in the district heating network of Klagenfurt, has already been exceeded by implementing a combined biomass heat and power plant in summer 2017 and the share of renewable energy sources will be increasing consistently.

The connection in the north of Klagenfurt by another biomass combined biomass heat and power plant (see also Annex: Fernwärme Liebenfels) will take place in November 2017. This leads to the requirement for supplying the state hospital (Klinikum Klagenfurt) with thermally driven refrigeration in order to increase the summer utilization of the district heating grid. Currently customers, the municipal energy supplier (STW Klagenfurt) and power plant operators are talking about the implementation of a concept in order using thermally driven refrigeration machines to supply a city region of Klagenfurt with district cooling (via a district cooling pipeline), as well as storing waste heat from summer to winter (or the transitional period) by using large-scale storage.

Another point of the discussion is the settlement of a low-temperature sub district- heating network for the city development area Klagenfurt-Harbach. Start of the construction of the first buildings in Klagenfurt- Harbach is planned for autumn 2018.

The feasibility study outlines a path to an intelligent overall system consisting of possible waste heat sources, direct use and long-term storage. The overall system consists of the utilization of the possible waste heat from three commercial and industrial companies (small amounts of waste heat quantities and -services), waste heat from an existing biomass combined biomass heat and power plant (excess sludge from waste gas condensation in summer), direct use of waste heat excess in summer and 1-2 long-term storage facilities. From an economic point of view, the direct use of waste heat has priority.

B.3. Einleitung

Aufgabenstellung und Schwerpunkte des Projektes

Die internationale und nationale Energie- und Klimapolitik hat sich hohe Ziele in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung gesetzt. Diese Zielsetzungen inkludieren Forderungen nach Energieeffizienz, einem erhöhten Einsatz erneuerbarer Energieträger sowie der Reduktion von CO₂-Emissionen.

Die Nutzung von Abwärme aus Industrie- und Gewerbebetrieben, die Integration von Langzeit- Wärmespeichern und die Nutzung von Niedertemperatur-Systemen auf der Abnehmerseite sind in vielen aktuellen Studien als wesentliche Bestandteile in zukünftigen Fernwärme-Systemen und erfolgsversprechende Lösungen zur Erreichung dieser Ziele genannt (z.B. BMVIT 01/2015, Ernst 2014). Die Situation am Energiemarkt hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert; Abwärme aus vielen Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozessen steht oft nicht mehr ganzjährig als „günstige“ Abwärme zur Verfügung (Prognos 2014). Parallel wird versucht Neubau- und Entwicklungsgebiete mit Wärmeversorgungs- und Warmwasserbereitungssystemen auszustatten, die mit Niedertemperaturwärme auskommen. Entsprechende Studien haben in den letzten Jahren gezeigt, dass dies sowohl aus technischer aber auch aus wirtschaftlicher Sicht umsetzbar ist (NextGenerationHeat, UrbanCascade). Somit gewinnen Wärmequellen auf niedrigen/mittlerem Temperaturniveau (60 bis 80°C) wie Abwärme und Erneuerbare Energien im Fernwärme- Aufbringungsmix der Energieversorger zunehmend an Bedeutung und Interesse.

Im Projekt SAKS Klagenfurt wurde im Rahmen einer Machbarkeitsstudie bzw. darauf aufbauend in einem Umsetzungskonzept erstellt, wie ein derartiges intelligentes Gesamtsystem für ein Demoprojekt/Demogebiet in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee funktionieren kann. Dabei sollen (derzeit Großteils ungenutzten) Abwärmepotentiale aus den Gewerbe-/ Industriebetrieben genutzt werden um damit das geplante Stadt-Entwicklungsgebiet Klagenfurt- Harbach mit ca. 900 Wohneinheiten im Endausbau CO₂-frei mit Wärme und Kälte zu versorgen.

Aufbau der Arbeit

Der Projektbeginn, der für 1. Februar 2016 geplant war verschob sich auf 1. März 2016. Die Projektlaufzeit betrug 12 Monate, wurde kostenneutral um 4 Monate verlängert und endete am 30. Juni 2017. Nach Verlängerung des Projekts sind Verzögerungen der festgelegten Ziele unausweichlich festzustellen, die Projektziele wurden dennoch alle erreicht. Während des Projekts haben 15 Projekttreffen stattgefunden, davon ein ExpertInnen Workshop mit 32 TeilnehmerInnen aus 19 verschiedenen Branchen und Abteilungen und 2 Projektberatssitzungen. Die wichtigsten Entscheidungen und Erkenntnisse wurden mit den Projektpartnern, Stakeholdern und Interessierten des Projekts diskutiert und an diese kommuniziert. Zusätzlich zum schon genannten ExpertInnen Workshop (kombinierter Doppelworkshop an einem Tag) wurden das Projekt bei 6 (inter-) nationalen Veranstaltungen vorgestellt:

- 19.09.2016 Arbeitsausschuss Energiekonzepte des Österreichischen Städtebunds, Traiskirchen
- 24./25. November 2016 e-nova FH Burgenland – Posterpräsentation, Pinkafeld
- 8./9. März 2017: Fernwärmefest 2017 (Loipersdorf)
- 15.-19. Mai 2017 Smart Energy Systems Week Austria (Poster 5. Platz unter den nominierten (aus 51 Einreichungen) für den SESWA AWARD 2017)
- 27.06.2017 Grazer Energiegespräche
- 06.10.2017 NOEST Energy Lunch in Graz – kurze Vorstellung des Projektes und der Ergebnisse des Projektes

Laufende Informationen für Interessierte sind auf der Homepage der GEA (alle PP haben eigene Homepagebereiche zum Projekt SAKS eingerichtet) abrufbar. Weiters wurden

Newsletter ausgesendet. Am Ende des Projekts wurde ein Infofolder für das Demogebiet Klagenfurt-Harbach (D 2.3: Infofolder Demogebiet Harbach) erstellt und das Handbuch D 2.4: elektronisches Handbuch („Roadbook Abwärmenutzung in Fernwärmenetzen“ – in Präsentationsform mit verlinkten

Detailinfos) welche die wichtigsten Ergebnisse darstellen und bei der Umlegung ähnlicher Projekte für andere Städte zur Verfügung steht.

Nach Kontaktaufnahme und Aussendung von Fragebögen an potentielle Firmen ist das Abwärmepotential erfasst und die Kühlbedarfsanalyse durchgeführt worden. Die Rücklaufquote betrug rund 75%. Die Fragebögen wurden an 30 Betriebe übermittelt, daraus ergaben sich 2 potentielle Großkunden für wärmegetriebene Kühlung und 5 potentielle Lieferanten von Abwärme, davon 3 die in unmittelbarer Nähe des Fernwärmenetzes liegen. Es wurden zwei Konzepte für wärmegetriebene Kühlungsmöglichkeiten analysiert. Einerseits ein eigenes Kühlungskonzept für das Klinikum Klagenfurt. Andererseits wurde der Aufbau eines Fernkältenetzes für zwei Großkunden, darunter wieder das Klinikum, betrachtet. In beiden Fällen wurden die Rahmenbedingungen eingeholt, die Situierung der Anlagen definiert, die hydraulische und regelungstechnische Einbindung in das Fernwärmenetz ausgearbeitet und die Investitionskosten ermittelt.

Bezüglich Langzeit-(Wärme-)Speicherung wurden - zu Beginn der Recherche - Szenarien des Speicherbedarfs aufgrund des zukünftigen Fernwärmebedarfs erstellt. Es wurde zwischen einer Variante mit Direktnutzung der Abwärme für z.B. wärmegetriebene Kühlung und einer Variante ohne zusätzlichen Sommerverbrauch festgelegt. Des Weiteren sind verschiedenste Speichertechnologien betrachtet und Richtkosten erarbeitet worden. Nach einem Abstimmungsgespräch wurden 4 mögliche Speicherstandorte, die Speicherkapazität und die Nutzung festgelegt, wobei im weiteren Abschnitt konkrete Parameter festgelegt und die Kosten mittels Richtwerte ermittelt wurden.

Zu Beginn des Projekts SAKS wurden die Daten (Wärme-/ Kältebedarf) für das Stadtentwicklungsgebiet Klagenfurt Harbach und das Wohnbauprojekt Living Container erhoben. Nach dem Stopp der Umsetzung des Wohnbauprojektes Living Container Projekts 09/2016) wurde ein Speicherkonzept für Klagenfurt-Harbach konkretisiert. Als Ausgleich für das Ausscheiden des Wohnbauprojektes Living Container wurden im Projekt SAKS mehr Speicherstandorte als ursprünglich geplant analysiert. Für das Stadtentwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach wurde nach Ermittlung des Energiebedarfes der Gebäude, verschiedene Technologien zur Wärmeabgabe und Trinkwassererwärmung behandelt. Die Optionen wurden mit Literaturrecherchen und abgeschlossener Forschungsprojekte verglichen, welche zur Entscheidungsfindung beitrugen. Verschiedene Kühlungsmöglichkeiten (aktiv sowie passiv) und ein LED-Beleuchtungssystem sind ebenfalls erstellt worden.

Für das Wohnbauprojekt Livingcontainer lag die Auswertung einer Ökobilanz vor, Probecontainer wurden in der Nähe der Klagenfurter Alpen-Adria Universität aufgestellt und dienten als Vorzeigewohnungen, bis das Projekt vorzeitig beendet werden musste.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen wurden auf verschiedenen Ebenen geprüft. Einerseits bezüglich der Errichtung von Langzeitwärmespeichern, wobei die folgenden rechtlichen Vorgaben zu beachten waren: Prüfungen bezüglich Umweltverträglichkeit, Wasserrechtsgesetz, Raumordnungsrecht, Bauordnung, Gewerbeordnung, Naturschutzgesetz und Luftfahrtgesetz. Andererseits wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich Preisfestsetzung von Fernkälte geprüft und eine Vorlage für einen Kälteliefervertrag erstellt.

Die Machbarkeitsstudie stellt eine Zusammenfassung der im Projekt SAKS erarbeiteten Erkenntnisse dar. Weiters wurde ein elektronisches Handbuch mit den wesentlichsten Erkenntnissen und Fragestellungen erstellt, welche für andere Städte und Interessierte als „Roadbook“ bzw. Handbuch für die Abwärmenutzung im urbanen Umfeld und in Fernwärmenetzen dienen soll.

B.4. Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

B.4.1. Ausgangssituation in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee

Das Projekt SAKS Klagenfurt bettet sich in die lokalen Energiestrategien (SEAP/SECAP Klagenfurt, e- MAP Kärnten, Stek2020) durch die Umstellung auf erneuerbare Energieträger / Biomasse / Abwärme mit Primärenergieträgerabfällen, energieneutrale Kühlung / Kühlen ohne zusätzlichen Energieverbrauch, Klimawandelanpassungsstrategien, etc. der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee ein. Demnach sollen bis 2020 20%, bis 2030 40% und bis 2050 90% der lokalen Treibhausgasemissionen bezogen auf das Basisjahr 2011 eingespart werden.

Wärmeversorgung in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee:

Die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee verfügt seit 1949 über ein Fernwärmeversorgungssystem auf Kraft-Wärme-Kopplungsbasis. Ursprüngliches Projektziel war ein Konzept zu erarbeiten, um die Gesamtwärmeversorgung mit über 52% Wärme aus Biomasse und Abwärme zu versorgen. Das ursprüngliche Projektziel wurde durch den Bau zweier Biomasse-Kraftwerke bereits bedeutend näher gebracht. Der Umbau des Fernwärmeversorgungssystems auf größer 80% erneuerbare Energien (20% Erdgas Spitzenlast) ist bis 2017 abgeschlossen. Neben dem Biomasse-Heizkraftwerk Süd (~40 GWh), das ins Klagenfurter Fernwärmenetz einspeist und im Sommer das Grundlastband abdecken kann, ist Mitte 2017 das RZ Biomasse-Heizkraftwerk Ost (~80 GWh) in Betrieb gegangen.

Grundwasser:

Das Klagenfurter Becken verfügt über einen besonders mächtigen Grundwasserkörper der derzeit auf verschiedensten Arten wie z.B. als Trinkwasser, zum Heizen / Kühlen (beispielsweise im Klinikum Klagenfurt am Wörthersee) genutzt wird.

Im Rahmen des EU-Projektes CoP (Cities-on-Power), wurde das Grundwasser als hochwertigste Wärmequellenanlage für Wärmepumpen und als gute Wärmesenke zum Kühlen in den Sommermonaten ermittelt und energiepolitisch gefördert. Mitte 2017 wurde von der JR-AquaConSol (ein Unternehmen der Joanneum Research) das Grundwassermodell für Klagenfurt - eine Studie zu den Grundwasserströmungen abgeschlossen. Das Joanneum Research bzw. JR-AquaConSol wurde als Sub-Contractor im Projekt SAKS Klagenfurt gewählt, um die Speichermöglichkeiten zu prüfen.

Um im Rahmen des Projektes SAKS ein intelligentes Gesamtkonzept für Klagenfurt entwickeln zu können, wurden die unterschiedlichen Technologien erfasst und deren Einflussfaktoren untersucht.

B.4.2. Stand der Technik/ Stand des Wissens

Das Projekt SAKS Klagenfurt befasste sich mit der Erstellung einer Machbarkeitsstudie um die sommerliche Abwärme von Industrie-/Gewerbebetrieben im Großraum Klagenfurt zu nutzen und ein neues Stadtentwicklungsgebiet mit Wärme und Kälte und ausgewählte Fernwärme-Großkunden, wie dem Klinikum Klagenfurt am Wörthersee, mit wärmegetriebener Kühlung versorgen zu können. Um diese vorwiegend „sommerliche“ Abwärme zu nutzen, wurden unterschiedliche Szenarien der (Wärme-)Speicherung (von Wärmespeicherung im Fernwärmenetz bis zu Reduktion der Wärmeerzeugung in den Industriebetrieben im Sommer und teilweise Verlagerung auf den Herbst und Winter durch Lagerung von Reststoffen/Brennstoffen vor Ort) und Gewinnung zusätzlicher Sommerabnehmer wie z.B. Einsatz wärmegetriebener Kühlung oder Versorgung von Gewerbebetrieben mit (Prozess-)wärme analysiert.

B.4.3. Innovationsgehalt

Besonders innovativ ist die umfassende Betrachtung aller Maßnahmen und Einflussfaktoren für die Erstellung eines intelligenten Gesamtsystems. Die Zusammenführung und Abstimmung bzw.

Optimierung der einzelnen Technologien stellt durch ihre Wechselwirkungen die besondere Herausforderung dar.

Inbesondere wurden folgende Teilbereiche berücksichtigt:

Nutzung von Abwärme aus Industrie-/Gewerbebetrieben: Im Großraum Klagenfurt sind zahlreiche Gewerbe- und Industriebetriebe vorhanden. Eine detaillierte Erhebung der Abwärmepotentiale mit Temperaturniveaus, Wärmemengen, Jahreslastprofilen etc. in Form eines Abwärmekatasters lag für die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee noch nicht vor. In Vorgesprächen mit einzelnen Betrieben wurden bereits vor dem Projektstart von SAKS erste Daten erhoben und ein beachtliches Potential bei diesen Betrieben festgestellt.

Lastverschiebung bei „Abwärmeproduktion“: Bei den Betrieben im Großraum Klagenfurt fällt mehr Abwärme in den Sommermonaten, als in den Wintermonaten an i.e. gegenläufig zum Bedarf im Fernwärmenetz. Abhilfe schafft die Reduktion von Abwärme im Sommer und Steigerung in der Übergangszeit im Winter

Langzeit-Wärmespeicherung im Fernwärmenetz: Transferierung von Wärmeüberschüssen aus den Sommermonaten in die Zeit mit höherem Wärmebedarf (Übergangszeit und Winter) durch beispielsweise Erdbeckenfolienspeicher (siehe auch Endbericht zum Abwärmekataster Steiermark Schnitzer H. 2012). Aufgrund des extrem seicht liegenden Grundwasserspiegels im Stadtgebiet Klagenfurt am Wörthersee stellen alle Arten von Einbauten in den Untergrund wie z.B. Wärmespeicher eine besondere Herausforderung dar. Es muss sichergestellt werden, dass mit derartigen Einbauten weder fremde Wasserrechte (insbesondere Trinkwasserversorgungen) beeinträchtigt werden, noch diese Einbauten einen Einfluss auf den Grundwasserspiegel und den Flurabstand haben. Auf allgemeinen Basisdaten zu Technologien, Anbietern, Betriebsweise, etc. aus Forschungsprojekten bzw. Berichten zu realisierten Projekten konnte aufgebaut werden, eine auf die konkreten Bedingungen vor Ort abgestimmte Machbarkeitsstudie unter Einbeziehung von Experten aus den Bereichen Stadtplanung, Wasserrecht und Geologie war jedoch unumgänglich. Um eine konkrete Aussage über eventuelle hydrogeologische Auswirkungen treffen zu können und somit eine entsprechende Datengrundlage für Diskussionen mit Anrainern, Behörden etc. vorliegen zu haben, ist eine Modellierung der Grundwasserströmung mit Berücksichtigung des Wärmetransports für die trockenen Untergrundbereiche erfolgt.

Zur Abschätzung des Potentials aus der Bewirtschaftung der oberflächennahen Erdschichten für Wärme- und Kühlanwendungen sowie saisonaler Speicherung (wasserbasierend oder in Form von Erdsonden etc.) in Klagenfurt am Wörthersee gab es keine Daten/Studien. Leitfäden mit verallgemeinerten Bewirtschaftungsmechanismen auf deren Basis eine erste Grobabschätzung der Potentiale im Klagenfurter Stadtgebiet erfolgen könnte, sind ebenfalls noch nicht vorhanden gewesen. Ergebnisse aus dem laufenden Forschungsprojekt Manage Geocity konnten jedoch verwendet werden.

Im Rahmen des Projekts SAKS Klagenfurt wurden unterschiedliche Speichermöglichkeiten unter der Berücksichtigung der oben angeführten Rahmenbedingungen für Klagenfurt analysiert und für das evaluierte Speicherkonzept konkrete Angebote eingeholt.

Zusätzliche Sommerabnehmer im Fernwärmenetz Klagenfurt

Das Verhältnis Sommer- zu Winterabnahme im Fernwärmenetz Klagenfurt liegt mit etwa 1:11 im Durchschnitt der österreichischen Fernwärmenetze, die den KundInnen einen ganzjährigen Betrieb anbieten. Die Fernwärme Klagenfurt hat bereits zahlreiche Aktionen gesetzt und Studien zu möglichen alternativen Nutzungsformen der Fernwärme im Sommer durchgeführt. Im Hinblick auf die wärmegetriebene Kühlung waren es bisher aber vor allem die ungünstigen Wechselwirkungen wärmegetriebener Kältemaschinen auf das Fernwärmenetz (hohe Rücklauftemperaturen die z.T. über den maximalen Rücklauftemperaturen im Netz liegen, zu geringe Dimension der Anbindungsleistungen aufgrund sehr geringem Temperaturunterschied dT zwischen VL und RL bei ausschließlicher Nutzung der Fernwärme für den Antrieb wärmegetriebener Kältemaschinen) und nicht zuletzt die schwierige wirtschaftliche Darstellbarkeit vor allem bei kleineren Anlagen.

Wie bereits im Kapitel zum Stand der Technik angeführt, gibt es verstärkt Bemühungen der Hersteller von wärmegetriebenen Kältemaschinen der Problematik der geringen Temperaturdifferenzen auf Seiten der Antriebsenergie entgegenzuwirken. Die hydraulischen und regelungstechnischen Lösungen sind allerdings Großteils noch nicht in Standardprodukte eingeflossen, d.h. individuelle Auslegungen, entsprechende Anpassung der Hydraulik und Regelung des Kälteverteiler- und des Rückkühlkreises sind bei den Pilotanlagen erforderlich.

Der Bedarf/die Anforderung zur Nachrüstung von Klimageräten steigt auch in Klagenfurt am Wörthersee in den letzten Jahren aufgrund der ansteigenden Sommertemperaturen markant an. Die Erweiterung der Klimatisierung in öffentlichen Gebäuden wie z.B. weitere Bereiche des Klinikums Klagenfurt am Wörthersee sind kurz-/mittelfristig erforderlich. Die Entscheidung für eine Alternative zur konventionellen (elektrischen) Kühlung in Form einer wärmegetriebenen Kühlung bedarf einer optimalen Auslegung des Gesamtsystems, um damit auch eine wirtschaftliche Betriebsweise darstellen zu können und einer entsprechenden Aufbereitung der Daten und Überzeugung der Entscheidungsträger. Der Aufwand für eine derartige Aufbereitung übersteigt deutlich den Aufwand für „Standardanwendungen“ und wird daher in den meisten Fällen bei Ausschreibungen, Wettbewerben etc. vermieden. Das Sondierungsprojekt konnte unter anderem genau diesen Beitrag leisten und gezielt Konzepte für potenzielle „Kältekunden“ wie dem Klinikum Klagenfurt am Wörthersee aufbereiten. Im Rahmen des Projekts SAKS Klagenfurt wird für das Klinikum Klagenfurt am Wörthersee und für ein Einkaufszentrum ein Konzept für die Integration einer wärmegetriebenen Kühlung bzw. eines Fernkältenetzes erstellt und konkrete Angebote eingeholt.

Niedertemperatur-Wärmeversorgung für das Stadt-Entwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach

Die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee beabsichtigt mit Baustart im Herbst 2018 die Entwicklung des neuen Stadtteils Klagenfurt-Harbach im Osten von Klagenfurt mit ca. 900 Wohneinheiten im Endausbau für etwa 1.700 BewohnerInnen. Für die erste Baustufe ist eine Auskoppelung aus dem Rücklauf der Fernwärme und damit eine Niedertemperatur-Wärmeversorgung geplant. Erfahrungen bei anderen Stadtentwicklungsgebieten (siehe auch: NextGenerationHeat und UrbanCascade (Schmidt R.-R. 2015/1, Schmidt R.-R.2015/2) haben gezeigt, dass die detaillierte Ausarbeitung und Kommunikation von innovativen ökologischen Konzepten ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die breite Umsetzung sind: Im Sondierungsprojekt SAKS Klagenfurt und darauf aufbauenden Smart City Projekt SLiKH (Smart Living in Klagenfurt Harbach) wurden die wesentlichen Entscheidungsträger laufend in das Projekt eingebunden. Im Rahmen des Projektes SAKS Klagenfurt wurden daher (Technologie-) ExpertInnen, Stakeholder über ExpertInnen-Workshops und Stakeholder-Workshops kontinuierlich in das Projekt eingebunden. Damit konnte erreicht werden, dass Informationen und geplante Aktivitäten frühzeitig kommuniziert, und somit Ideen, konkrete Vorschläge, Bedenken in das Projekt eingebracht und diese in weiterer Folge auch berücksichtigt wurden.

B.4.4. Output

Als Ergebnis von SAKS wurde ein Konzept für ein intelligentes Gesamtsystem für den Großraum Klagenfurt erstellt, mit dem über Abwärmenutzung aus Gewerbe-/Industriebetrieben die CO₂-freie Wärme-/ Kälteversorgung für das Stadt-Entwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach ermöglicht werden kann und die sommerlichen Überschüsse der Abwärme über Speicher oder durch den Einsatz von wärmegetriebener Kühlung genutzt werden können. Die Machbarkeitsstudie wurde unter Berücksichtigung der technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Einflussfaktoren und unter Einbindung aller beteiligten Personen / Institutionen von der Konzeptphase bis zur Finalisierung der Machbarkeitsstudie bzw. des Umsetzungskonzepts (BürgerInnen, (Technologie-) ExpertInnen, Stakeholder, etc.) durchgeführt. Sie dient nun der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee als Entscheidungsgrundlage für die weitere Vorgehensweise. Andere Städte können durch die verallgemeinerungsfähigen Erkenntnisse in Form eines Handbuchs profitieren.

B.5. Ergebnisse des Projekts

Das Projekt unterteilte sich in 8 Arbeitspakete:

AP1: Projektmanagement (AP-Leiter: KLU)

AP2: Kommunikation und Dissemination (AP-Leiter: GEA)

AP3: Abwärmeerfassung, Kühlbedarfsanalyse (AP-Leiter: KLU)

AP4: Wärmegetriebene Kühlung – Technologie und konkrete Anwendungsfälle Klagenfurt (AP-Leiter: GEA)

AP5: Langzeit-(Wärme-)Speicherung – Technologie und konkrete Anwendungsfälle Klagenfurt (AP-Leiter: GEA)

AP6: Stadtentwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach + Living Container (AP-Leiter: KLU)

AP7: Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen (AP-Leiter: EKG)

AP8: Machbarkeitsstudie/Umsetzungskonzept (AP-Leiter: GEA)

B.4.5. AP 3 Abwärmeerfassung; Kühlbedarfsanalyse

Ziel der Abwärmeerfassung und der Kühlbedarfsanalyse war eine vollständige Einholung von Informationen einzelner Betriebe im Raum Klagenfurt am Wörthersee und der KABEG sowie einer Abstimmung zwischen Potential und Bedarf unter Berücksichtigung zeitlicher Variablen.

Abwärmepotential

Die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee hat sich gemeinsam mit den am Projekt SAKS beteiligten Projektpartnern, der Grazer Energieagentur GmbH und der Energie Klagenfurt GmbH, zum Ziel gesetzt, vorherrschende Abwärmepotentiale von Industrie- und Gewerbebetrieben und Heizkraftwerken im Großraum Klagenfurt zu identifizieren und in weiterer Folge auszuwerten und zu analysieren. Im ersten Schritt wurden Recherchearbeiten hinsichtlich potentieller Standorte mit möglichen bzw. potentiellen Abwärmequellen im Großraum Klagenfurt am Wörthersee durchgeführt. Auf diese Weise konnten rund 30 relevante Standorte (Industrie- und Gewerbebetriebe sowie Heizkraftwerke) lokalisiert werden. Dabei handelt es sich um Betriebe aus den Branchen Bank- und Versicherungswirtschaft, Gewerbe- und Handwerk, Handel- und Industrie, Information- und Consulting sowie Tourismus und Freizeit. Nach direkter Kontaktaufnahme mit der jeweiligen Betriebsleitung bzw. den technisch Verantwortlichen, wurden neben der Beschreibung des Projektes SAKS Klagenfurt die im Vorfeld ausgearbeiteten Erhebungsbögen an die Betriebe übermittelt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass eine persönliche Kontaktaufnahme wesentliche Vorteile hinsichtlich der Bereitschaft zur Datenübermittlung seitens der Betriebe mit sich bringt (im Vergleich zum Postweg/Email). Mit Hilfe der Erhebungsbögen konnten folgende notwendige Betriebsdaten erfasst werden: Inhalte waren u.a. Anzahl wöchentlicher Produktionstage, Betriebsstunden je Produktionstag, Nennleistung und Systemtemperaturbereiche, sowie die Art der Wärmeerzeugung und der jährliche Heizenergieverbrauch. Die von den kontaktierten Betrieben retournierten ausgefüllten Erhebungsbögen (Rücklaufquote beträgt etwa 75%) wurden anschließend an die Grazer Energieagentur zur detaillierten Auswertung übermittelt. Die durchgeführten Analysen lieferten 4 Standorte mit bedeutsamen Abwärmepotentialen, wovon 3 in unmittelbarer Nähe des Klagenfurter Fernwärmenetzes liegen.

Kühlbedarfsanalyse

Ein wesentlicher Bestandteil zur Erhöhung der Sommerauslastung des Fernwärmenetzes in Klagenfurt am Wörthersee, ist die wärmegetriebene Kühlung durch Fernwärme. Die Erhebungstätigkeiten des Kältebedarfs erfolgten analog zu jenen der Abwärmepotentiale. Der betreffende Erhebungsbogen enthielt Fragestellungen zu installierter Kälteleistung, Art der Kälteerzeugung, Kälteenergieverbrauch, Kälteabgabesystem, Systemtemperaturen und Lastprofil.

Der Fragebogen wurde an 30 relevante Standorte (Industrie- und Gewerbebetriebe, Standorte zum Großteil dieselben wie im Falle des Abwärmepotentials) übermittelt. Die Rücklaufquote betrug knapp über 70%. Die Erhebungsdaten wurden anschließend analysiert und es konnten zwei potentielle Großkunden für eine wärmegetriebene Kühlung sichtbar gemacht werden.

Anschließend wurden Gespräche mit den beiden Betrieben - mit derzeit 8,2 MW bzw. 4,0 MW installierte Kälteleistung - geführt. Es konnten die technischen Rahmenbedingungen für eine fernwärmegetriebene Kühlung abgeklärt werden:

- Möglichkeiten der Substitution der bestehenden Kälteerzeugung bzw. Ausbaupläne
- Derzeitiger Kälteverbrauch in Bezug auf Leistung und Lastprofil
- Benötigtes Temperaturniveau der Kälteversorgung
- Technische Möglichkeiten der Rückkühlung vor Ort
- Spezifikation des bestehenden Fernwärmeanschlusses: Da die Leistungszahl einer wärmegetriebenen Kältemaschine < 1 ist, muss mehr Wärme eingesetzt werden, als Kälte produziert wird. Dies verlangt nach einem dementsprechend groß dimensionierten Fernwärmeanschluss.

Dadurch, dass bei beiden potentiellen Großkunden Lüftungsanlagen als Großverbraucher fungieren, wird eine Kältevorlauftemperatur von 6°C zur Entfeuchtung benötigt. Dies erfordert eine großzügige Auslegung der Kältemaschine, um die geforderte Vorlauftemperatur bei einer niedrigen Antriebstemperatur von 75°C (Minimalwert der Fernwärme Klagenfurt; wird gleitend geregelt) erfüllen zu können.

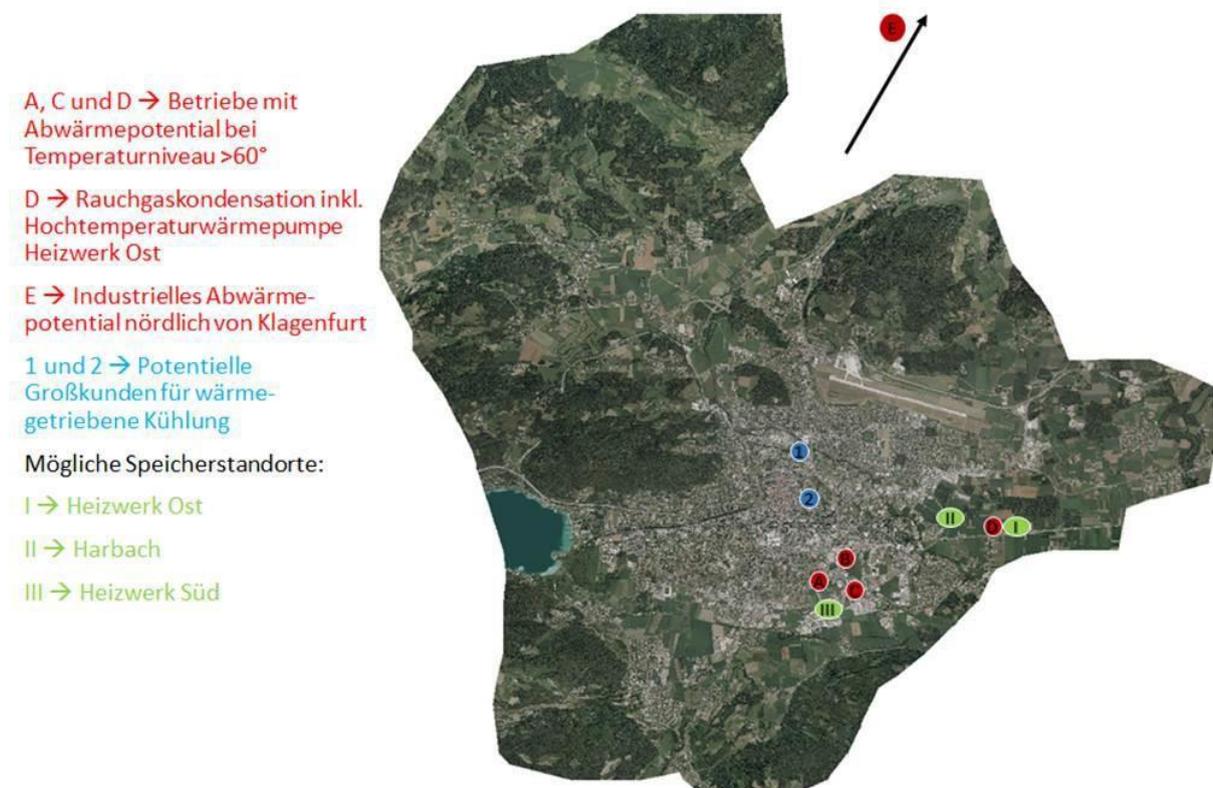


Abbildung 1: Standorte mit Abwärmepotential, potentielle Kunden für wärmegetriebene Kühlung und mögliche Speicherstandorte

B.4.6. AP 4Wärmegetriebene Kühlung – Technologie und konkrete Anwendungsfälle Klagenfurt

Im Arbeitspaket 5 wurden zwei Konzepte für wärmegetriebene Kühlung behandelt. Nach einer Recherche und Analyse marktverfügbarer Technologien wurde ein Kühlungskonzept für das Klinikum Klagenfurt und eine Variante mit Fernkältenetz, welches das Klinikum Klagenfurt und ein Einkaufszentrum mit Kälte versorgen soll, betrachtet. Beide Konzepte sind in den Kapiteln 0 und 0 detailliert beschrieben.

Klinikum Klagenfurt

Die bestehende zentrale Kälteversorgung am Gelände des Klinikums Klagenfurt (Feschnigstraße) umfasst eine Kälteleistung von 8,8 MW, erzeugt durch Kompressionskältemaschinen. Da diese Maschinen in absehbarer Zeit am Ende ihrer Lebenszeit angekommen sein werden, wird eine Ersatzinvestition angedacht. Aus diesem Grund ist eine Letter of intent (LOI) zwischen der KABEG und der Energie Klagenfurt (EKG) bezüglich wärmegetriebener Kühlung aufgesetzt worden. Bei dieser Variante der Umsetzung wird alleinig die Kälteversorgung der KABEG betrachtet. Die Zentrale dafür wird direkt am Gelände situiert und an die Rahmenbedingungen angepasst. Die Energie Klagenfurt fungiert als Errichter und Betreiber der Kältezentrale und Kälteanlage. Somit wird nur Kälteenergie an das Klinikum Klagenfurt geliefert und verkauft.

Rahmenbedingungen vor Ort

Die zentrale Kälteversorgung wird durch eine Ringleitung sichergestellt. Diese wird mit 6°C Vorlauftemperatur und ca. 12°C Rücklauftemperatur betrieben. Verbraucher bei diesem System sind im wesentlichen Medizintechnikgeräte, Lüftungsanlagen, Serverkühlungen und Raumkühlungen. Die installierte Nennkälteleistung umfasst 8,8 MW thermisch. Die Rückkühlung erfolgt mittels luftgekühlten Hybridrückkühlern, die am Dach der Energiezentrale aufgestellt sind. Das ELKI (Eltern- Kind-Zentrum) wird mittels einer eigenen Kälteanlage mit einer Nennleistung thermisch von 1,7MW mit Kälte versorgt. Diese stellt eine Inselanlage dar und ist nicht an die Ringleitung angeschlossen. Aufgrund dieses Umstands wird das ELKI im Konzept nicht berücksichtigt. In Abbildung 2 ist das Lastprofil für die zentrale Kälteerzeugung für das Klinikum Klagenfurt (ohne ELKI) vom Jahr 2013 dargestellt. Ebenso ist die mittlere Tagesaußentemperatur dazu aufgetragen. Die schwarze Kurve stellt die Stromaufnahme der Kältemaschinen dar. Bei einer mittleren Leistungszahl von 3,5 - 4 hat die maximal benötigte Kälteleistung ca. 5 MW betragen. Somit sind noch Leistungsreserven vorhanden. Diese Leistungsreserven sind auch als Redundanz gedacht. Kälteverfügbarkeit und Betriebssicherheit hat eine hohe Priorität im Klinikbetrieb. Auch beim Konzept der wärmegetriebenen Kühlung muss auf diesen Aspekt besonderes Augenmerk gelegt werden. Die Kälteleistung folgt im Sommer der Außentemperatur – im Winter wird die Grundlast durch die Server- und Maschinenkühlung vorgegeben.

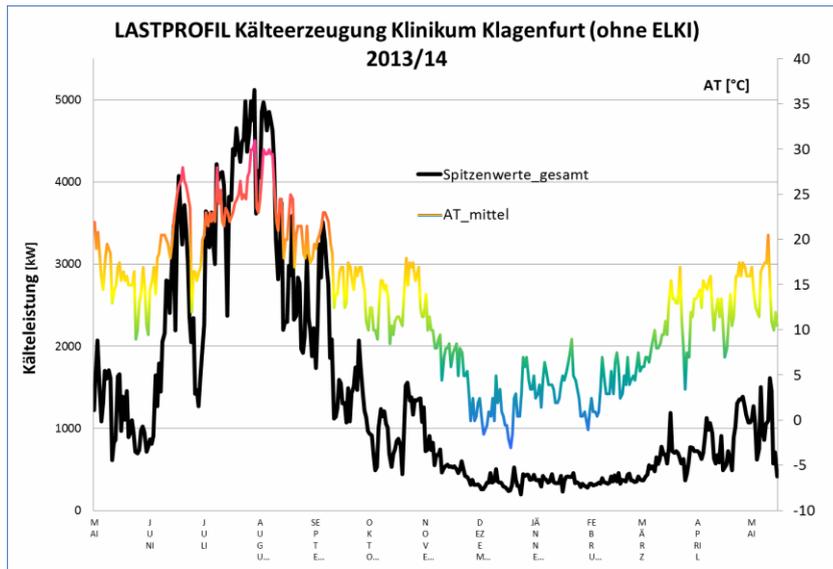


Abbildung 2: LASTPROFIL Kälteerzeugung Klinikum Klagenfurt (ohne ELKI) (Quelle: KABEG)

Hygiene-relevant hinsichtlich Legionellengefahr sind nur jene Rückkühlverfahren, bei denen Luft direkt mit Wasser in Kontakt gebracht wird. Eine Aerosolbildung (Wassertröpfchen im Luftstrom werden an die Umgebung abgegeben) kann auch durch einen Tropfenabscheider nie ganz verhindert werden. Die mikrobiologische Beschaffenheit des Wassers ist daher die Grundlage für einen sicheren Rückkühlbetrieb. Da die große notwendige Rückkühlleistung mit trockenen Rückkühlwerken nicht erbracht werden kann und offene Kühltürme auf Grund der genannten hygienischen Aspekte nicht in Frage kommen, werden Hybridkühler vorgesehen. Bei dieser Technologie wird mittels Zwangskonvektion (Luftvolumenstrom) gekühlt und gleichzeitig wird aufbereitetes Wasser fein aufgesprüht – dieses verdunstet und somit wird die Rückkühlleistung gesteigert. Möglichkeiten zur hygienischen Wasseraufbereitung sind:

- Chemische Methoden
- UV-Bestrahlung

In der Richtlinie VDI 2047 (Hygiene bei Rückkühlwerken) werden die baulichen, technischen und organisatorischen Anforderungen für einen hygienisch einwandfreien Betrieb für die Planung, das Errichten und das Betreiben einschließlich der erforderlichen Instandhaltung von Verdunstungskühlanlagen genannt. Diese Richtlinie stellt die Grundlage der Detailplanung der Rückkühlung dar.

Da das Klinikum direkt an den Fluss Glan grenzt, wurde auch eine Nutzung des Flusswassers zur Rückkühlung angedacht. Nach Rücksprache mit dem zuständigen Sachverständiger der Abteilung Umweltschutz und Einsichtnahme in die Temperaturmessergebnisse musste festgestellt werden, dass hier keine Reserven bezüglich Temperaturerhöhung und Rückkühlung vorhanden sind und diese Variante daher ausfällt.

Leistungsaufteilung und Situierung der Anlagen

Um möglichst hohe Betriebszeiten der wärmegetriebenen Kühlung unter Vollastbedingungen zu erreichen, wird die Kälteerzeugung aufgeteilt. Die Hauptlast ($2/3 = 5,8$ MW) der Kälte inkl. Redundanzkapazitäten werden über Absorptionskältemaschinen bereitgestellt. 3,0 MW werden zur Spitzenlastabdeckung und als Redundanz über konventionelle Kompressionskältemaschinen erzeugt (vorhandene Kältemaschinen). Ziel in dieser Variante ist eine möglichst hohe Abdeckung der erforderlichen Kälte über die Absorptionsmaschinen. In Abbildung 3 ist die Grobauslegung der benötigten Absorptionskältemaschinen dargestellt. Um eine Leistung von 5,8 MW zu erreichen, kommen 2 Maschinen dieses Typs zum Einsatz. Als Arbeitsmittel-Stoffpaar fungiert Wasser/Lithiumbromid. Eine Aufspaltung der Kälteleistung auf mehrere Maschinen und

Technologien bewirkt eine hohe Kälteverfügbarkeit bzw. Betriebssicherheit. Sofern eine ausreichende Abwärmemenge vorhanden ist und kein Backup mittels konventioneller Kältemaschinen erforderlich ist, kann auch eine Auslegung der Absorptionsmaschinen auf 100 % der Kälteleistung erfolgen bzw. sinnvoll sein (abhängig vom Abwärmepreis).



Design Conditions Datasheet

Unit Tag	Qty	Model No	Kälteleistung (kW)	Spannungsversorgung	Working Fluid
CH-1	1	YHAU-CL1500EXW4ST	2878.0	400-3-50	LiBr - H2O

PIN:

YHAUCLXX15	00EXW4STST	S2XBXXXXXX	XXXXX03020	2XXXXX2CCD	2111XSMSXS	SSX1S212XL	XCXXXXXXSV	VXXXXXX
...5...10	...5...20	...5...30	...5...40	...5...50	...5...60	...5...70	...5...80	...5...90

Evaporator Data		Absorber / Condenser Data	
Flüssigkeitsinhalt ges. (m³)	2.73	Flüssigkeitsinhalt ges. (m³)	4.57
Evaporator Passes	3	Absorber / Condenser Passes	2
Fluid Pipe Diameter (Inlet / Outlet) (mm)	200 / 200	Fluid Pipe Diameter (Inlet / Outlet) (mm)	300 / 300
Max. Working Pressure (kPaG)	800	Max. Working Pressure (kPaG)	800
Entering Fluid Temperature (°C)	12	Entering Fluid Temperature (°C)	28
Leaving Fluid Temperature (°C)	5	Leaving Fluid Temperature (°C)	35
Flow (m³/h)	353.6	Flow (m³/h)	825
Pressure Drop (kPa)	52	Druckverlust (kPa)	29
Fluid	Wasser	Fluid	Wasser
Verschmutzungsfaktor (m²K/kW)	0.018	Verschmutzungsfaktor (m²K/kW)	0.044
COP Cooling	0.75	Amount of Heat (kW)	6715

Driving Heat Source Data	
Source	Hot Water
Flüssigkeitsinhalt ges. (m³)	2.24
Amount of Heat (kW)	3837
Entering Fluid Temperature (°C)	80
Leaving Fluid Temperature (°C)	73
Flow (L/s)	483.1
Pressure Drop (kPa)	34
Fluid	Wasser
Verschmutzungsfaktor (m²K/kW)	0.018
Driving Heat Source Passes	2
Capacity Control Range (%)	20 - 100
Fluid Pipe Diameter (Inlet / Outlet) (mm)	350 / 350
Max. Working Pressure (kPaG)	800

Electrical Data	
Total Electrical Consumption (kW)	20
Total Electrical Input (kVA)	25
Solution Circulation Pump kW + Solution Spray Pump kW	7.5+3.7
Refrigerant Pump kW	1.5
Vacuum Pump kW	0.8
Physical Data (Approximate)	
Transportgewicht (kg)	38000
Betriebsgewicht (kg)	51200
Emergency Weight (kg)	87400
Länge (mm)	8500
Breite (mm)	3300
Höhe (mm)	3900
Flange Type	DIN PN10
Flange Type (Absorber/Condenser)	DIN PN10
Flange Type (Driving Heat Source)	DIN PN10
Insulation Area Cold (m²)	52
Insulation Area Hot (m²)	52
Tube Extracting Space (mm)	7500

Abbildung 3: Auslegung Absorptionskältemaschinen Klinikum

In Abbildung 4 ist eine mögliche Position der neuen Kältezentrale dargestellt. Diese könnte direkt an die bestehende Dampfzentrale angebaut werden, wobei die bestehende Infrastruktur allerdings verlegt werden müsste. Die benötigte Leitungsinfrastruktur (Fernwärmeleitung, Kondensatleitung, Dampferzeugung) ist in unmittelbarer Nähe. Für die Rückkühlanlage ist am Dach der Kälte- bzw. Dampfzentrale ausreichend Platz – die statischen Gegebenheiten sind noch zu prüfen. Die Einbindung in die bestehende Kälteversorgung (Ringleitung) ist ebenso ohne große bauliche Maßnahmen möglich.

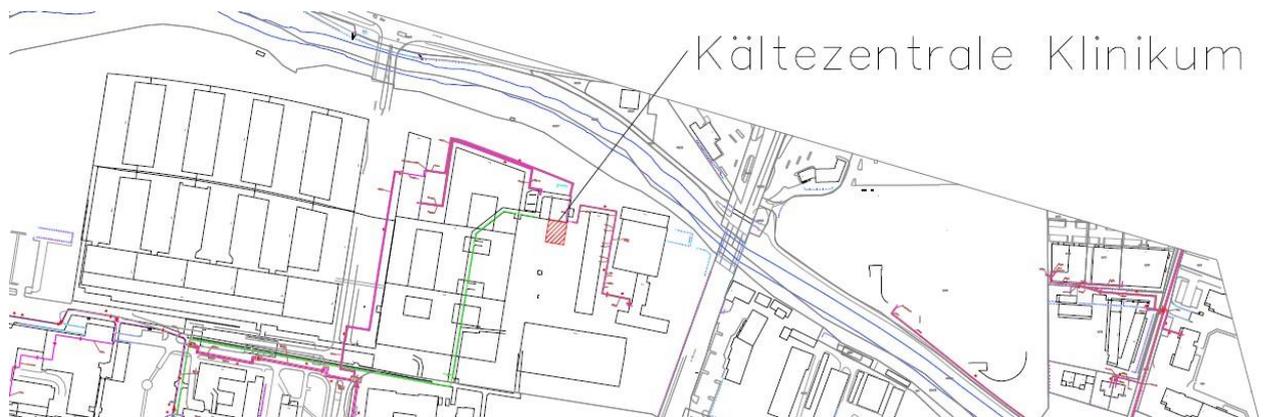


Abbildung 4: mögliche Position Kältezentrale Klinikum

Hydraulische und regelungstechnische Einbindung in das Fernwärmenetz

Die Auslegungstemperatur der wärmegetriebenen Kältemaschinen orientiert sich an der Mindestvorlauftemperatur der Fernwärme Klagenfurt im Sommer. Diese liegt bei der vor Ort befindlichen FW-Leitung bei 80°C. Die Grobauslegung der Fa. Johnson Controls hat unter diesen Rahmenbedingungen eine Leistungsziffer von 0,75 und Rücklauftemperaturen um 73°C ergeben. Diese Leistungsziffer bedeutet, dass je produzierter kWh Kälte 1,33 kWh Wärme eingesetzt werden muss. Die große benötigte Wärmeleistung seitens der Fernwärme und die kleine Spreizung können zu Versorgungsengpässen bei gegebenem Leitungsquerschnitt führen. In Abbildung 5 ist ein Hydraulikkonzept zur Einbindung der wärmegetriebenen Kältemaschine ins Fernwärmenetz dargestellt. Die Maschinen benötigen zum Betrieb eine konstante Vorlauftemperatur und einen konstanten Volumenstrom. Dies wird mit einer Einspritzschaltung und Durchgangsventil realisiert. Diese Schaltung zeichnet sich durch eine hohe Regelgüte auf der Primär- und auch Sekundärseite aus. Die Anbindung an die Fernwärme erfolgt direkt ohne Wärmetauscher. Dadurch ergeben sich bei der Vorlauftemperatur keine Temperaturverluste. Zusätzlich steht Abwärme aus der Dampferzeugung (Kondensatleitung) zur Verfügung. Diese Abwärme steht aber nicht konstant mit ca. 80-100°C zur Verfügung, sondern unregelmäßig und kann bei Vorhandensein die Effizienz der Anlage verbessern und die verfügbare Kälteleistung erhöhen.

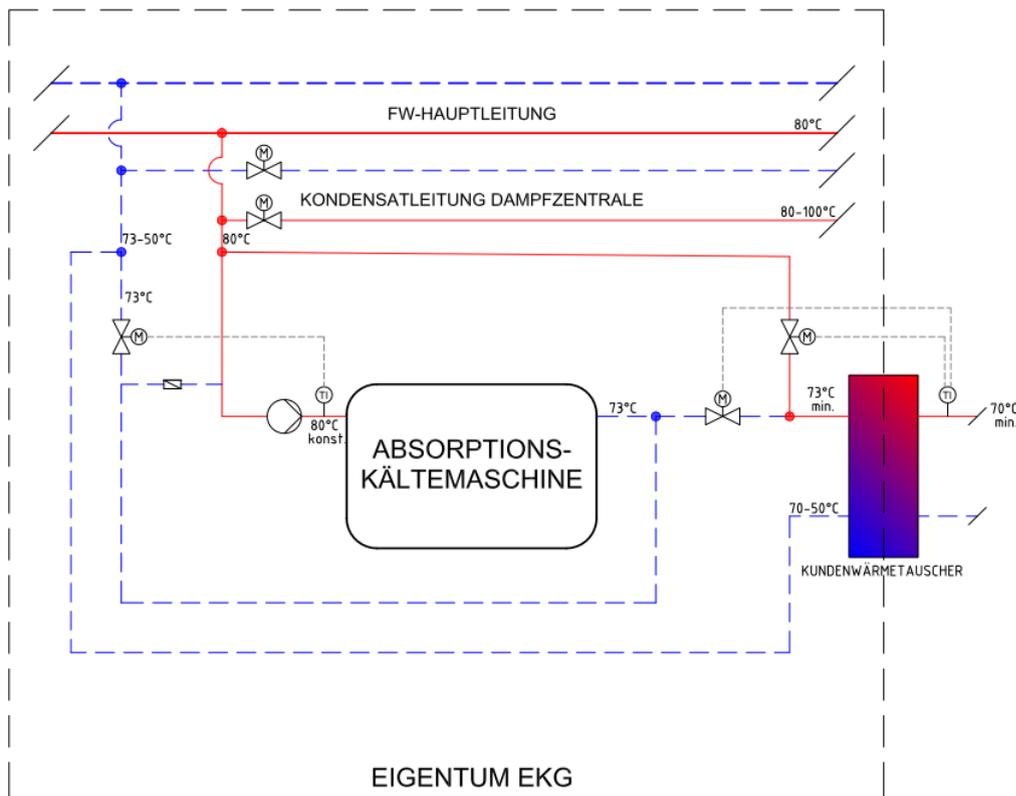


Abbildung 5: Hydraulische Einbindung ins Fernwärmenetz inkl. kaskadischer Nutzung des Rücklaufs

Der Rücklauf hat ein Temperaturniveau von ca. 73°C. Dieses kann im Sommer anstatt der Fernwärme genutzt werden. Das Klinikum Klagenfurt hat in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) 2012 bis 2016 einen monatlichen Fernwärmeverbrauch größer 1.000.000 kWh. Die Mindestvorlauftemperatur auf der Kundenseite beträgt mind. 70°C – dies reicht für sommerliche Anwendungen wie z.B. Warmwasserbereitung aus. Sollte ein höheres Temperaturniveau nötig sein, kann dies mittels eines Bypass von der Fernwärmehauptleitung realisiert werden. Die Position der Kältezentrale am Klinikum Gelände wurde so gewählt, dass die Integration in die bestehende Leitungsinfrastruktur (Kälte und Wärme) problemlos vollzogen werden kann.

Nachteil der hier dargestellten Variante ist, dass die Fernwärmeleitung vor Ort im Sommer zu wenig Wärmeleistung bringt, um die volle Kälteleistung von 5,8 MW zu erzeugen. Die vorhandene Leitung (DN 200) hat im Sommer für die Absorptionskältemaschinen bei 7°C Spreizung lediglich ca. 1,4 MW thermische Leistung zur Verfügung, was wiederum nur etwas mehr als 1 MW an Kälteleistung bedeutet. Um die volle Kälteleistung von 5,8 MW vor Ort zur Verfügung zu haben und zu erzeugen, ist rein für die Kältemaschinen eine zusätzliche Anbindung an das Fernwärmenetz mit höherer Sommertemperatur (z.B. Haupttransportleitung aus Liebenfels ab Herbst 2017) erforderlich. Die erforderliche Trassenlänge hierfür beträgt rund 1.150 m (ca. 1 Mio. Euro zusätzliche Kosten). Dies verschlechtert die Wirtschaftlichkeit dieser Variante.

Investitionskosten Kältemaschine

In diesem Punkt werden die Investitionskosten der oben beschriebenen Anlagentechnik dargestellt. Basis dafür sind die Grobauslegungen und Richtpreise der Hersteller.

2x Absorptionskältemaschine YHAUCLXX1500 (je 2,9 MW):

- Einzelpreis € 514.285,71
- Positionspreis € 1.028.571,43

Die Investitionskosten für konventionelle Kältemaschinen, ergänzende Investitionen wie zusätzliche Fernwärmeleitungen, Leitungsführungen in der Kältezentrale und Rückkühlung sind hier nicht enthalten (bestehende Rückkühler vorhanden). Eine detailliertere Untersuchung dieser Variante erfolgte auf Grund der zu geringen vorhandenen Wärmeleistung im Sommer nicht. Es müsste eine neue Fernwärmeleitung quer über das Gelände des Klinikums gelegt werden, um ausreichende Kapazitäten für eine Situierung am Standort zu schaffen.

Variante Fernkältenetz

Wirtschaftlich sinnvoller erscheint die Errichtung eines Fernkältenetzes mit den größten Abnehmern der Stadt und Erzeugung im Bereich einer Hauptleitung bzw. eines Wärmeerzeugers. Im Zuge der Erhebung des Kältebedarfs von Betrieben im Fernwärmeversorgungsgebiet, wurde das Einkaufszentrum als weiterer potentieller Abnehmer fernwärmegetriebener Kühlung identifiziert. Aufgrund der dichten Bebauungssituation im Stadtzentrum war es jedoch nicht möglich, einen geeigneten Standort für die Kältezentrale zu bestimmen. Daraufhin wurde die Möglichkeit, eine Kältezentrale inkl. Fernkältenetz im Stadtzentrum am Gelände des bestehenden Fernheizkraftwerks Pischeldorferstraße zu errichten, näher untersucht. Dieses Fernkältenetz hätte ca. eine Länge von 1,3 km – als Abnehmer wurden primär das Klinikum Klagenfurt (zu den Rahmenbedingungen zur Kälteversorgung des Klinikum Klagenfurts siehe unten) und ein Einkaufszentrum identifiziert. Jedoch wird anlagentechnisch eine Leistungsreserve von 2 MW mit eingeplant, um zukünftig weitere Kälteverbraucher im Stadtzentrum anzuschließen zu können.

Rahmenbedingungen

Beim Einkaufszentrum ist derzeit eine Kompressionskältemaschine mit 4 MW Nennleistung installiert. Als einziger Abnehmer fungiert eine zentrale Lüftungsanlage. Die Systemtemperaturen sind auf 6/12°C ausgelegt. Eine separate Kühlung mittels Klimakaltwasser erfolgt nicht im Einkaufszentrum. Die Kühlung ist von April bis Oktober, aufgrund der hohen inneren Lasten, aktiv in Betrieb. Die Kältemaschine hat ein Alter von 10 Jahren überschritten, somit wird in den nächsten Jahren eine Ersatzinvestition fällig. In Abbildung 6 ist der monatliche Kältebedarf des Einkaufszentrums dargestellt. Die Leistungsspitzen fallen im Hochsommer an – eine Grundlast ist von April bis Oktober vorhanden.

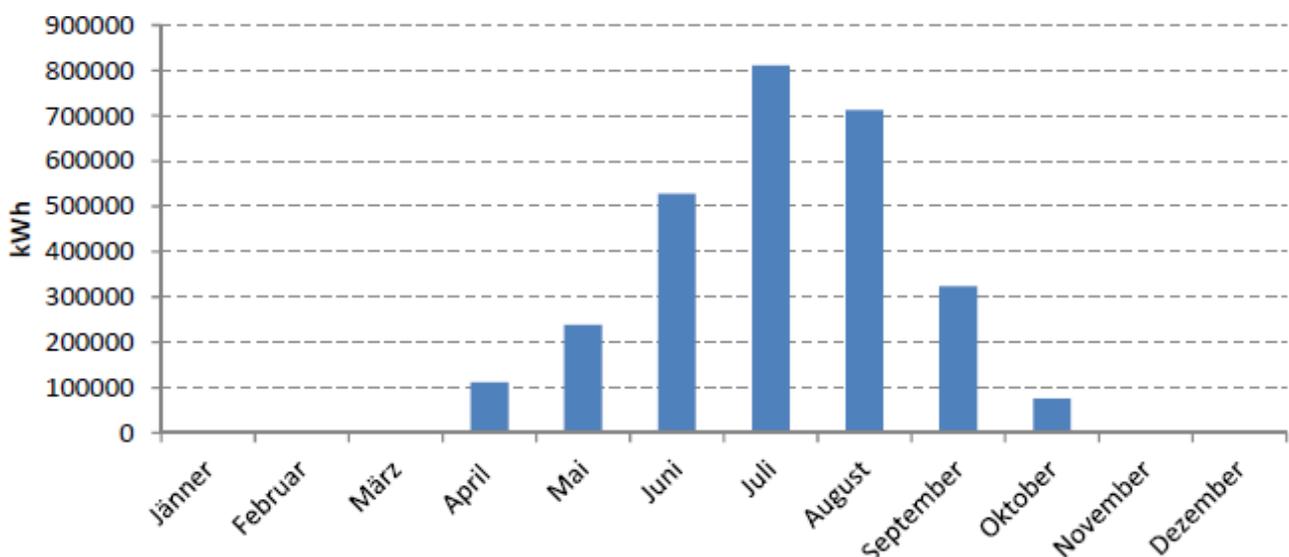


Abbildung 6: Monatsprofil Kältebedarf Einkaufszentrum

Für die Rückkühlung gelten dieselben hygienetechnischen Grundlagen wie bereits in Kapitel 0 beschrieben. Oberste Priorität hat die Vermeidung von Legionellenbildung.

Leistungsaufteilung und Situierung der Anlagen

Die Hauptkälteerzeuger würden in dieser Variante im Bereich des Kraftwerks sein (10 MW Kälteleistung), 1 MW würde vor Ort im Klinikum über eine Absorptionsanlage erzeugt werden (reduziert auch die Dimension der Kälteleitung zum Klinikum und den Aufwand für Pumpstrom) sowie 3 MW über konventionelle Kältemaschinen als Redundanz und Spitzenabdeckung analog der oben dargestellten Variante.

In Abbildung 7 ist die Grobauslegung der benötigten Absorptionskältemaschinen dargestellt. Um ein Leistung von 10 MW zu erreichen, kommen 3 Maschinen dieses Typs zum Einsatz. Die Rücklauftemperatur ist in diesem Fall auf ca. 70°C ausgelegt.

Die Kältezentrale kann direkt im bestehenden Kesselhaus Platz finden. Nach Abstimmung mit der EKG wären hier noch genügend Platzreserven vorhanden. Diese hat eine Grundfläche von ca. 2.500 m². Die Rückkühlanlagen könnten nach Prüfung der statischen Gegebenheit am Dach des bestehenden Kesselhauses situiert werden. In Abbildung 9 ist die Lage des geplanten Fernkältenetzes inklusive des Heizkraftwerkes Pischeldorferstraße (Kältezentrale) und der Verbraucher (Klinikum Klagenfurt und Einkaufszentrum) dargestellt. Die Zahlen in der Farbe „Cyan“ stellen die einfache Rohrlänge bis zum nächsten Abzweiger oder Verbraucher dar. Als maximale Rohrdimension wurde DN450 ermittelt. Die genaue Leitungsposition ist anhand der vorhandenen Einbauten im Erdreich zu prüfen. Durch die Lage des Netzes im äußersten Innenstadtbereich wären potentielle zukünftige Kälteabnehmer vorhanden.

Unit Tag	Qty	Model No	Kälteleistung (kW)	Spannungsversorgung	Working Fluid
CH-1	1	YHAU-CL2000EXW4ST	3199.0	400-3-50	LiBr - H ₂ O

PIN:

YHAUCLXX20	00EXW4STST	S2XBXXXXXX	XXXXX03020	3XXXXX2CCD	2111XSMSXS	SSX1S212XL	XCXXXXXXSX	XXXXXXXXXX
....5...105...205...305...405...505...605...705...805...90

Evaporator Data		Absorber / Condenser Data	
Flüssigkeitsinhalt ges. (m ³)	3.31	Flüssigkeitsinhalt ges. (m ³)	5.53
Evaporator Passes	3	Absorber / Condenser Passes	2
Fluid Pipe Diameter (Inlet / Outlet) (mm)	200 / 200	Fluid Pipe Diameter (Inlet / Outlet) (mm)	350 / 350
Max. Working Pressure (kPaG)	800	Max. Working Pressure (kPaG)	800
Entering Fluid Temperature (°C)	12	Entering Fluid Temperature (°C)	28
Leaving Fluid Temperature (°C)	4	Leaving Fluid Temperature (°C)	35
Flow (m ³ /h)	343.9	Flow (m ³ /h)	954.5
Pressure Drop (kPa)	65	Druckverlust (kPa)	49
Fluid	Wasser	Fluid	Wasser
Verschmutzungsfaktor (m ² K/kW)	0.018	Verschmutzungsfaktor (m ² K/kW)	0.044
COP Cooling	0.7	Amount of Heat (kW)	7769

Driving Heat Source Data

Source	Hot Water
Flüssigkeitsinhalt ges. (m ³)	2.83
Amount of Heat (kW)	4570.2
Entering Fluid Temperature (°C)	80
Leaving Fluid Temperature (°C)	70
Flow (L/s)	402.4
Pressure Drop (kPa)	78
Fluid	Wasser
Verschmutzungsfaktor (m ² K/kW)	0.018
Driving Heat Source Passes	3
Capacity Control Range (%)	20 - 100
Fluid Pipe Diameter (Inlet / Outlet) (mm)	350 / 350
Max. Working Pressure (kPaG)	800

Electrical Data

Total Electrical Consumption (kW)	29.9
Total Electrical Input (kVA)	37.4
Solution Circulation Pump kW + Solution Spray Pump kW	11+7.5
Refrigerant Pump kW	2.2
Vacuum Pump kW	0.8
Physical Data (Approximate)	
Transportgewicht (kg)	45000
Betriebsgewicht (kg)	64100
Emergency Weight (kg)	112400
Länge (mm)	11000
Breite (mm)	3300
Höhe (mm)	3900
Flange Type	DIN PN10
Flange Type (Absorber/Condenser)	DIN PN10
Flange Type (Driving Heat Source)	DIN PN10
Insulation Area Cold (m ²)	66
Insulation Area Hot (m ²)	66
Tube Extracting Space (mm)	10000

Abbildung 7: Auslegung Absorptionskältemaschinen für die Variante Fernkältenetz

In der folgenden Abbildung sind die Abmessungen der Anlage dargestellt.

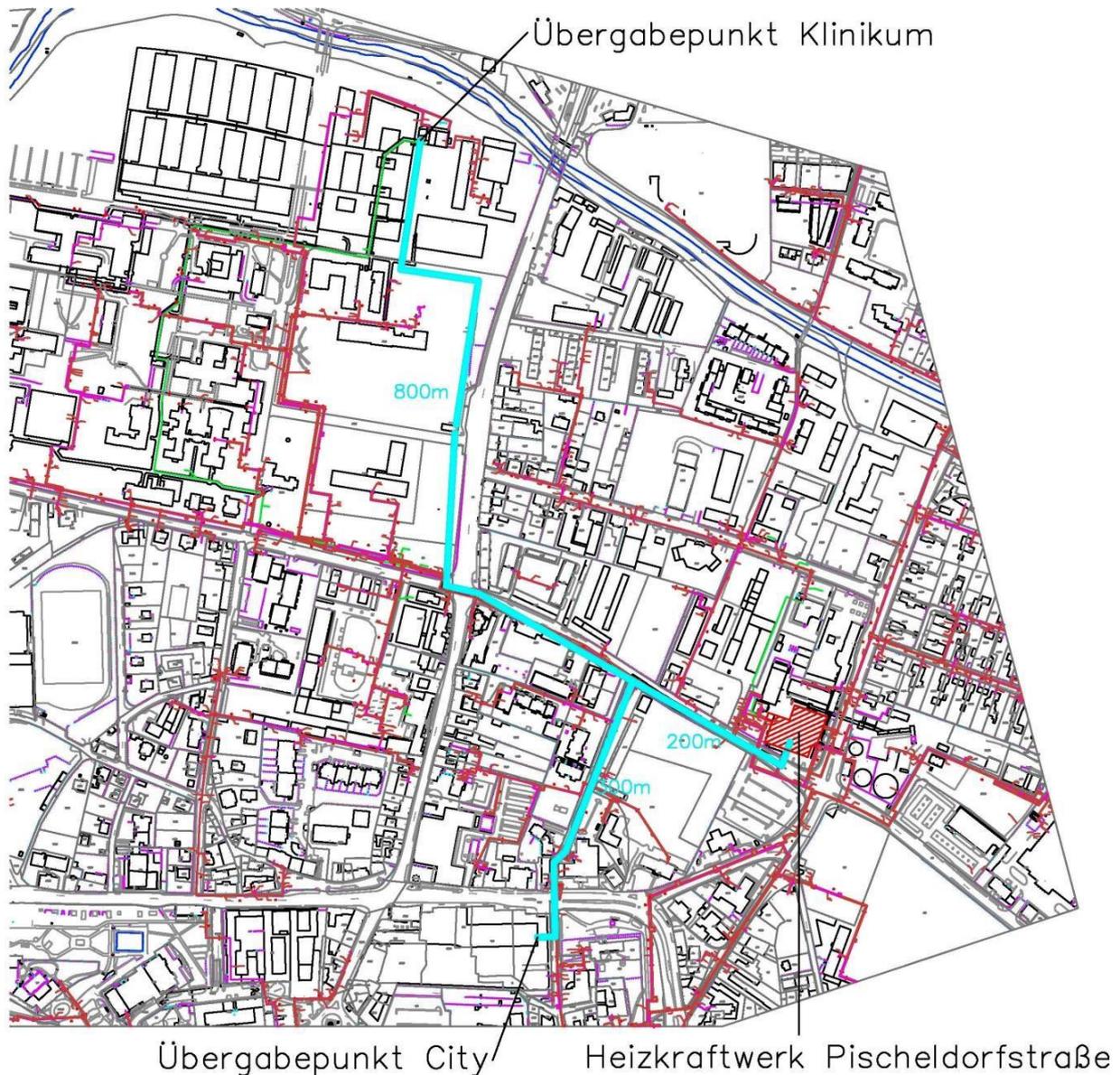


Abbildung 9: Übersicht Fernkältenetz (Quelle: EKG und eigene Darstellung)

Hydraulische und regelungstechnische Einbindung in das Fernkältenetz

Dadurch, dass diese Kältezentrale direkt im Heizkraftwerk situiert werden soll, gibt es auch keine Leitungsengpässe bezüglich Fernwärme. Die Absorptionsmaschinen sind auf eine minimale Rücklauftemperatur ausgelegt, um die Fernwärme bezüglich Netzstabilität nicht zu stark zu belasten. Die Einbindung kann parallel zur Fernwärmeversorgung mittels einer Einspritzschaltung und Durchgangsventil erfolgen. Damit kann der Volumenstrom und die Vorlauftemperatur über die Kältemaschine konstant gehalten werden. Auch hier wird auf eine Systemtrennung (Plattenwärmetauscher) zugunsten der Vorlauftemperatur verzichtet. Bei Absorptionskältemaschinen wird – im Gegensatz zur Heizungstechnik – die Spreizung im Teillastfall größer. Dies ist von Vorteil für das Fernwärmenetz.

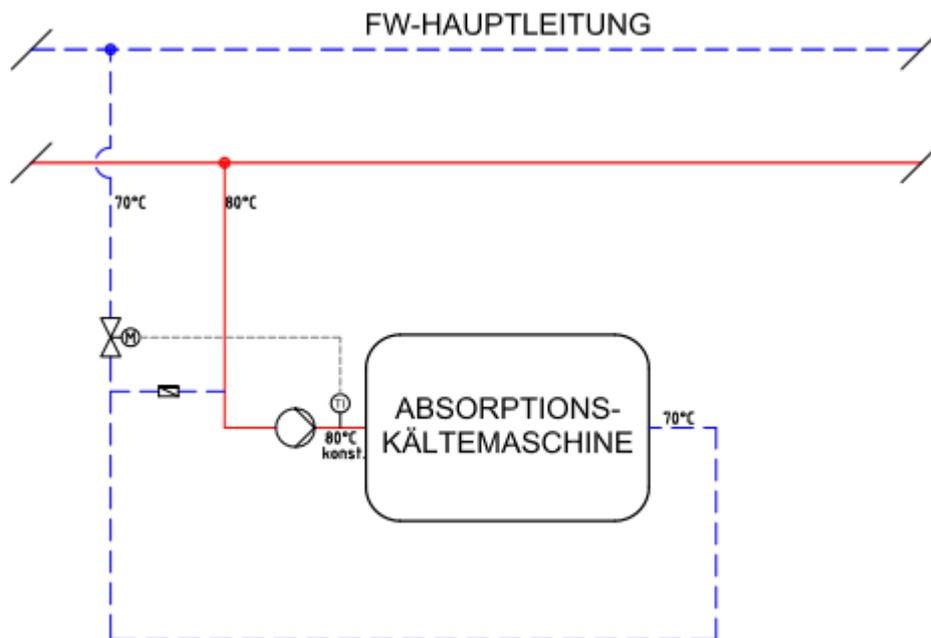


Abbildung 10: Hydraulische Einbindung ins Fernwärmenetz für Variante Fernkältenetz

Investitions- und Betriebskosten

In weiterer Folge werden die Investitionskosten der oben beschriebenen Anlagentechnik dargestellt (Auslegung auf 80°C Vorlauftemperatur). Basis dafür sind die Grobauslegungen und Richtpreise der Hersteller.

3x Absorptionskältemaschine YHAUCLXX2000 (je 3,2 MW):

- Einzelpreis ca. € 680.000,-
- Positionspreis € 2.040.000,-

1x Absorptionskältemaschine 1,0 MW (vor Ort im Klinikum)

- Einzelpreis ca. € 250.000,-

Die Investitionskosten für konventionelle Kältemaschinen, ergänzende Investitionen wie Leitungsführungen und Rückkühlung sind nicht dargestellt. Die Ermittlung dieser Kosten ist erst nach einer detaillierteren Planung möglich. Es ist aber von Gesamtkosten (ohne Leitungstrasse) von rund 2,8 Mio. Euro inkl. Rückkühlung (Schätzung) auszugehen.

Die Auslegungstemperatur ist jedoch wesentlich für die Wirtschaftlichkeit und die Kosten der Anlage. Im Folgenden sind die Kosten bei einer Auslegung auf 95°C Vorlauftemperatur dargestellt: Die Kosten (für 1 x 1 MW und 2 x 5 MW, geliefert & montiert) wurden seitens des Herstellers wie folgt angegeben:

Absorber 2x5 MW ca. € 630.000,- / Stück Absorber 1 MW ca. € 175.000,- / Stück
Kühltürme 24,3 MW ca. € 1.040.000,- (Schätzung)

Das heißt, dass bei 2 x 5 MW (für die Einspeisung beim „Heizkraftwerk Pischeldorferstr.“ und 1 x 1 MW (beim „Übergabepunkt Klinikum“) insgesamt 1.435.000,- € exkl. MwSt. für die Absorptionskältemaschinen und inkl. Rückkühler rund 2.445.000,- Euro vorzusehen sind. Im Vergleich zur oberen Variante (80°C Vorlauftemperatur) reduzieren sich die Kosten um rund € 855.000,- für die Kältezentrale.

Für das Fernkältenetz wurden auf Basis mehrerer Richtpreise von Herstellern und Ausführenden/Planern ein Schätzwert von 1.087,- € excl. MwSt. pro Lfm. Trasse bis DN500 ermittelt. Im städtischen Bereich sind jedoch die bestehenden Einbauten im Trassenbereich wesentlicher Kostenfaktor. Zur Erstellung eines Tiefbau-Angebots ist es daher unbedingt erforderlich, die Gegebenheiten vor Ort zu besichtigen und alle Pläne der bereits vorhandenen Einbauten im geplanten Trassenbereich zu kennen. Da die vorhandenen Einbauten im Trassenverlauf noch unbekannt sind und auch kein physisches Angebot vorliegt, werden dazu noch 20% zur Sicherheit addiert. Ergebnis: 1.304,- € pro Lfm Trasse bzw. 1.956.000,- € excl. MwSt. als Investitionskosten-Schätzwert für die Fernkälteleitung inkl. 200 m Anschlussleitung zu künftigen Abnehmern (Trassenlänge 1500 m gerechnet).

Gesamtkosten bei Auslegung 95°C (ohne Umbaukosten von bestehenden Kältezentralen):

Kältezentralen inkl. Rückkühler	€ 2.445.000,--
Fernkältenetz	€ 1.630.000,--
Gesamt netto	€ 4.075.000,--

Gesamtkosten bei Auslegung 95° Vorlauf: ca. € 4.930.000,--.

B.5.2. AP 5 Langzeit-(Wärme-)Speicherung – Technologie und konkrete Anwendungsfälle Klagenfurt

Im folgenden Abschnitt werden die recherchierten marktverfügbaren Technologien, die möglichen Standorte im Raum Klagenfurt und das Ausweisen von Gunstzonen für die Bewirtschaftung der oberflächennahen Erdwärme im Klagenfurter Stadtgebiet betrachtet. Des Weiteren wurden erste Richtkosten ermittelt.

Zeitreihen mit Potential Speicherbedarf im Fernwärmenetz Klagenfurt für unterschiedliche Szenarien der Abwärmenutzung

Auf Basis einer Hochrechnung des zukünftigen Fernwärmebedarfs (2017/2020/2030) wurden unterschiedliche Szenarien des Speicherbedarfs für unterschiedliche Nutzungen der Abwärme erstellt. Als Ausgangsjahr dienten die Aufzeichnungen der monatlichen Fernwärmeproduktion wie in unten stehender Tabelle dargestellt. Laut Energie Klagenfurt gibt es eine Mittelfristplanung (2017- 2021) bezüglich des Mengenzuwachses an Fernwärme – diese beträgt 2 % jährlich. Dabei sind die Mengenreduzierungen durch thermische Sanierung und wärmere Winter berücksichtigt. Mit diesen Angaben wurde auf die oben genannten Zeitreihen hochgerechnet.

Tabelle 1: monatliche Fernwärmeproduktion

	Gesamt	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Monatsmittelwert in MW		103,11	90,5	68,92	36,5	12,52	15,95	14,72	13,79	18,0	45,21	70,6	94,49
Monatsproduktion 2015 in MWh	424.896	76.714	60.84	51.276	26.28	79.315	11.48	10.95	10.26	12.96	33.63	50.86	70.30

In Szenario 1 (Abwärmenutzung für wärmegetriebene Kühlung) steht die gesamte identifizierte Abwärmemenge innerhalb und außerhalb des bestehenden Fernwärmenetzes zur Verfügung. Der Verbrauch dieser erfolgt im Rahmen der konventionellen Fernwärmeabnehmer und zusätzlich durch wärmegetriebene Kühlung. Als Lastprofil für den Wärmeverbrauch zur Kühlung wurden die

Lastprofile der zwei Großabnehmer (Klinikum Klagenfurt und ein Einkaufszentrum) hinterlegt. Szenario 2 (Abwärmennutzung ohne zus. Sommerverbraucher) sieht ebenfalls die Nutzung des gesamten Abwärmepotentials innerhalb und außerhalb des bestehenden Fernwärmenetzes vor. Die Abnahme erfolgt hingegen nur zu konventionellen Heizzwecken. In Abbildung 11 sind Zeitreihen für das Speicherpotential bei unterschiedlicher Abwärmennutzung dargestellt. Durch den jährlich steigenden Fernwärmebedarf, sinkt das Speicherpotential. Eine Direktnutzung der Abwärme für z.B. wärmegetriebene Kühlung ist der Speicherung vorzuziehen.

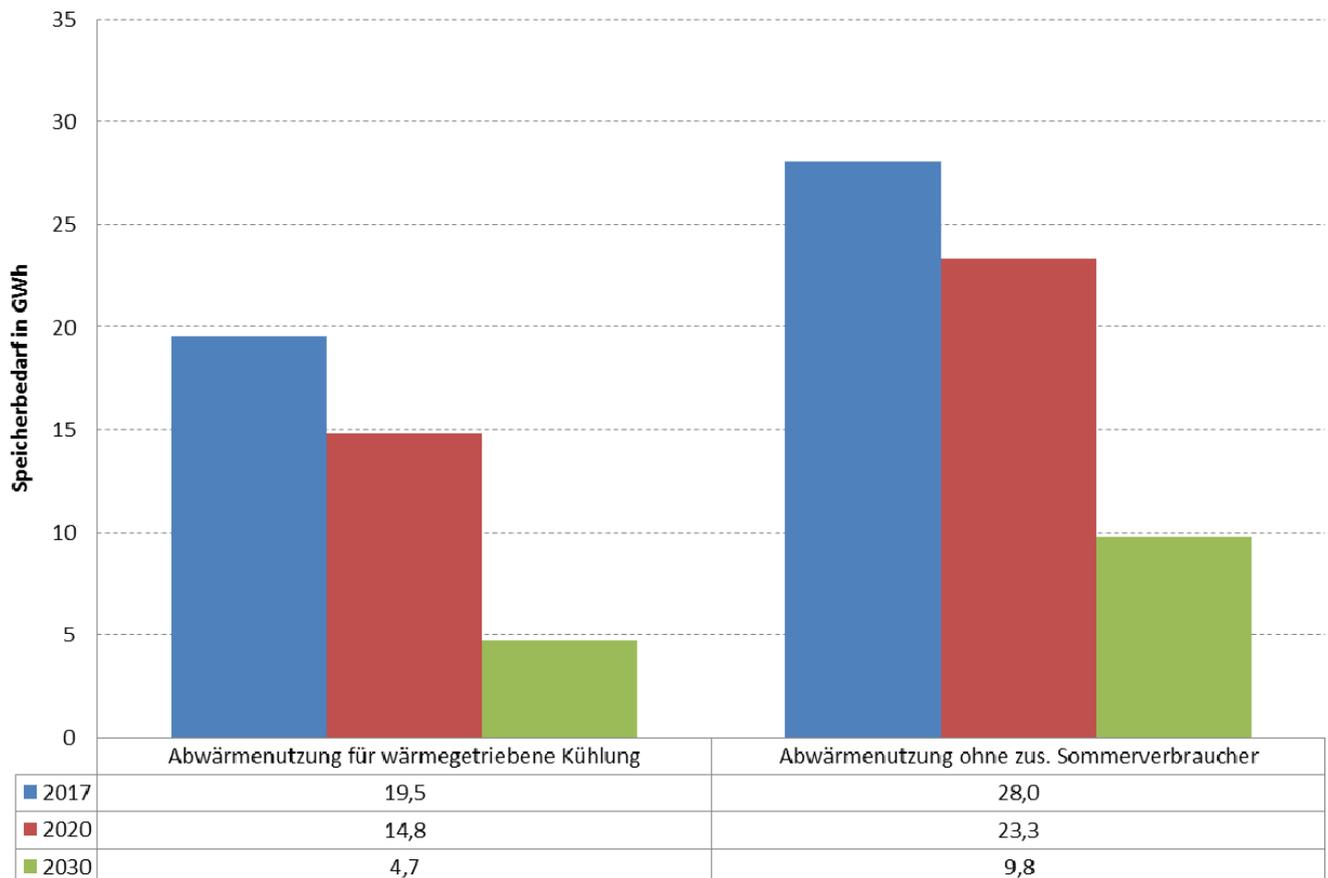


Abbildung 11: Zeitreihen mit Speicherbedarfspotential bei unterschiedlicher Abwärmennutzung

Technologien zur Langzeitwärmespeicherung

Maßgebend für einen Langzeitwärmespeicher zur Einbindung in das Fernwärmenetz ist das Temperaturniveau. Das Fernwärmenetz Klagenfurt wird mit einer Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur von 80 bis 120°C betrieben. Die Rücklauftemperatur beträgt ca. 60 bis 63°C. Bei druckfesten Speichern sind Temperaturen > 90°C möglich. Jedoch ist hier das Speichervolumen aufgrund der Konstruktion beschränkt. Bei einem drucklosen Erdbeckenspeicher liegt die Obergrenze der Temperatur bei 95°C. Diese wird aber zugunsten der Lebensdauer des Speichers nicht ausgereizt. Die maximale Temperatur wird dazu oft auf 80°C begrenzt (Ochs et. al., 2015). Ein weiterer limitierender Faktor der verfügbaren thermischen Speicherkapazität, ist die Rücklauftemperatur aus dem (Fern-)Wärmenetz. Da der Speicher nur bis auf das Niveau Rücklauftemperatur entleert werden kann, steht bei drucklosen Speichern lediglich eine nutzbare Temperaturspanne von 20 bis 40K zur Verfügung. Besonders effizient genutzt werden können Langzeitspeicher bei Einbindung in Niedertemperatur-Netze. Diese Netze sind durch eine niedrige benötigte Vorlauftemperatur (<60°C) und niedrige Rücklauftemperaturen (<40°C) charakterisiert.

Durch die Einbindung der Wärmepumpentechnologie in das Gesamtsystem Erdbeckenspeicher, kann der Deckungsgrad des Speichers erhöht werden. Dazu wird der Speicher von über 40°C auf unter 15°C mittels Wärmepumpe entladen. Daraus resultieren weit höhere Wärmequellentemperaturen als bei Standardanwendungen. Wärmeabgabeseitig liegen die notwendigen Temperaturen in Abhängigkeit der Integration der Wärmepumpe direkt ins Wärmenetz oder in den Speicher bei bis zu 80 °C. Technische Untersuchungen haben gezeigt, dass Wärmepumpen mit Kondensationstemperaturen bis zu 90°C und Wärmequellentemperaturen größer 20°C eingesetzt werden können (Ochs et. al., 2015).

Saisonspeicherung von Wärme in Erdsondenfeldern

Ein Erdsonden-Speicher unterscheidet sich von konventionellen Erdwärmesonden-Felder nur durch die hohe Packungsdichte. Der Sondenabstand beträgt 1,5 bis 4,0 m, je nach Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds. Die Bohrungen verlaufen vertikal oder leicht schräg bis zu 100 m in den Untergrund. Die einzelnen Bohrlöcher haben einen Durchmesser von 10-20 cm. Es wird dabei die natürliche Speicherfähigkeit des Untergrunds genutzt. Die Sondenfelder werden höchstens an der Oberfläche gedämmt. Durch die fehlende Seitendämmung ist eine hohe Anfälligkeit gegenüber Grundwasserströmungen gegeben. Deshalb sollten Gebiete mit vorhandener Grundwasserströmung gemieden werden (Schmidt, 2005). Der Aufbau eines Erdsonden-Wärmespeichers ist in Abbildung 12 dargestellt.

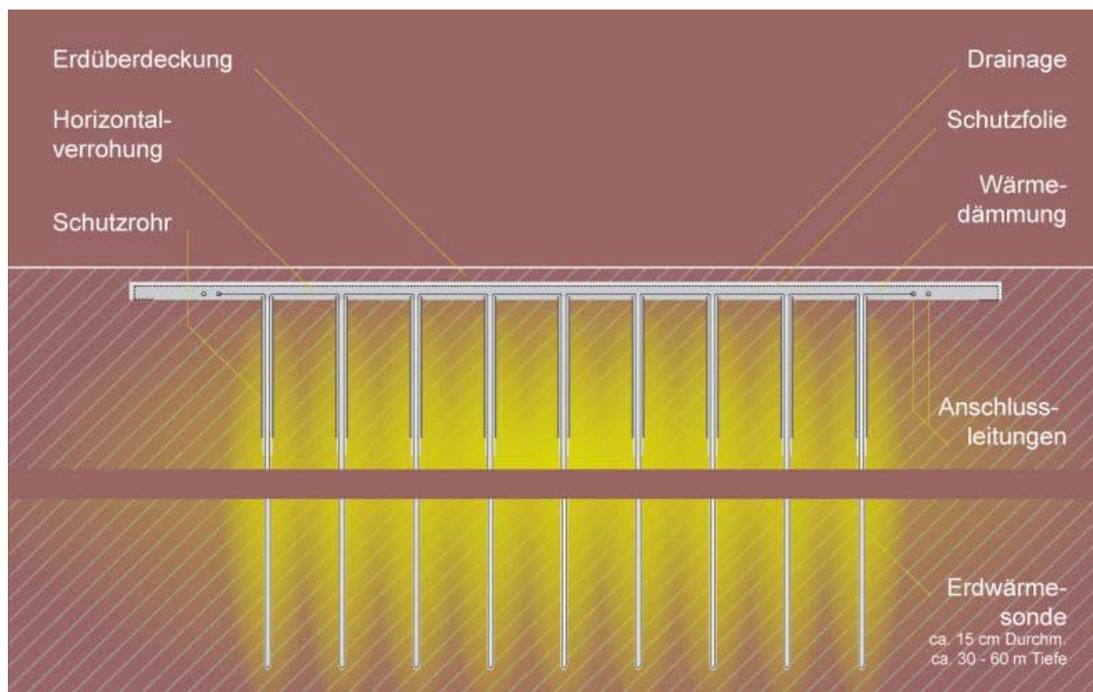


Abbildung 12: Aufbau eines Erdsonden-Wärmespeichers (Quelle: www.saisonspeicher.de)

In Abhängigkeit der Speicherfähigkeit des Untergrundes, kann dieser bis auf 80°C erwärmt werden. Diese Art von Speicher ist besonders in Untergründen mit einer hohen Wärmekapazität und Dichte sinnvoll (wassergesättigte Ton- und Gesteinsschichten). Dort treten selten Grundwasserbewegungen auf, was sich positiv auf die Wärmeverluste auswirkt. Bedingt durch die Trägheit des Erdreichs weisen diese eine höhere Zugriffszeit, im Vergleich zu Wasserspeichern auf. Diese können keine Lastspitzen abdecken und werden somit in Verbindung mit weniger trägen Pufferspeichern und Wärmepumpen genutzt. Realisierte Projekte reichen von 9.350 m³ bis 63.300 m³ in Deutschland. Energetisch sinnvoll ist diese Speicherform jedoch erst ab 20.000 m³, zurückzuführen auf die hohen Verluste (fehlende Seitendämmung). Erdsonden-Wärmespeicher erreichen Wärmedichten von 1-30 kWh/m³, die entspricht einem Wasseräquivalent von 3-6 (Dohna, 2016). Das Wasseräquivalent ist eine Vergleichsgröße für Speichervolumen: Volumen

eines Materials, das genauso viel Wärme speichern kann wie 1 m³ Wasser.

Aquifer-Wärmespeicher

Bei diesem Speichertyp werden natürlich vorkommende hydraulisch abgeschlossene Grundwasserschichten (oben und unten) zur Wärmespeicherung verwendet. Der Speichermechanismus erfolgt über Entnahme, Erwärmung und Wiedereinleitung von Wasser über eine Brunnenbohrung. Die Entnahme erfolgt genau umgekehrt mittels einer zweiten Bohrung. Diese Speicher stellen genaue Anforderungen bezüglich hydraulischer Durchlässigkeit, Grundwassergeschwindigkeit, biologischer und chemischer Zusammensetzung des Grundwassers. Aquifer-Speicher können nicht gedämmt werden und sind deshalb nur bei großen Volumina wirtschaftlich (Schmidt, 2015). Der Aufbau eines solchen Speichers mit 2 Bohrungen ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Entnahme erfolgt aus dem „warmen Brunnen“ und die Einspeicherung in den „kalten Brunnen“. Aquifer-Speicher nutzen mächtige Grundwasserschichten in 20-50m Tiefe.

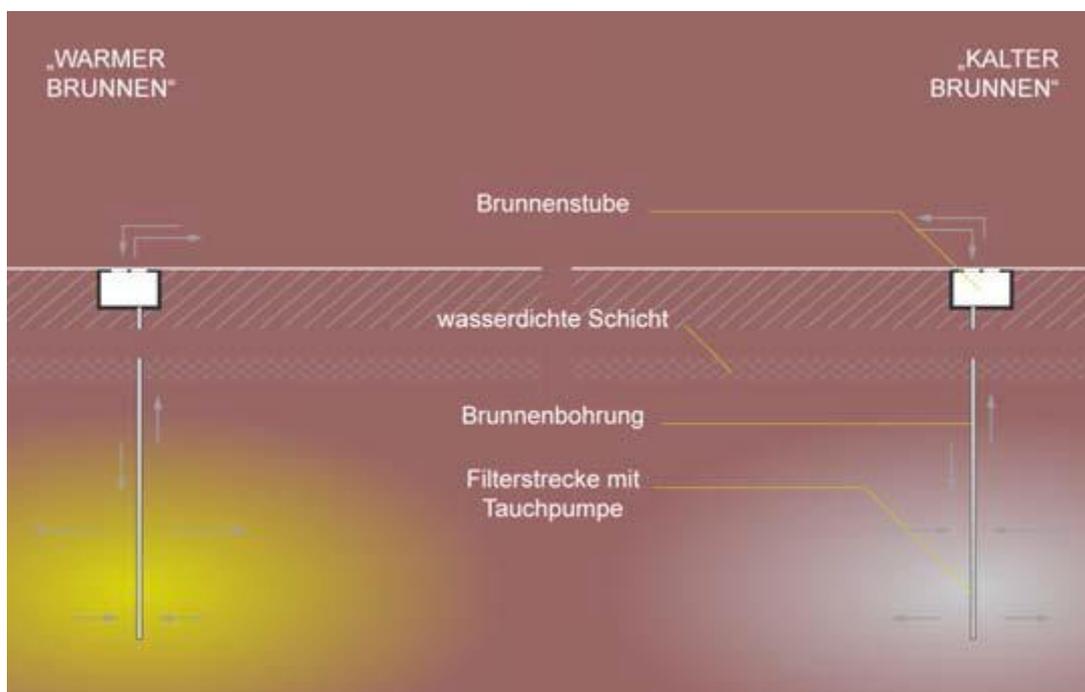


Abbildung 13: Aufbau eines Aquifer-Wärmespeichers

Die Abschätzung der Speichergroße gestaltet sich als äußerst komplex, da Wasser nicht nur Wärmeübertrager, sondern auch Speichermaterial ist. Aufgrund der wechselnden Beschaffenheit der Gesteinschichten eines Aquifer-Speichers, kann das Speichervolumen nur auf ca. 20-30 % Genauigkeit geschätzt werden. Die Größe eines solchen Speichers hängt von den natürlichen Gegebenheiten ab. Ein umgesetztes Projekt ist der Deutsche Reichstag mit 5 Brunnenpaaren zu je 60 m³/h. Dieser Speichertyp gehört aufgrund der geringen Konstruktionsanforderungen zu den kostengünstigsten, jedoch sind umfangreiche geologische Voruntersuchungen notwendig. Eine Veränderung des Trinkwassers bzw. hydrogeologische Veränderungen sind zu vermeiden (Dohna, 2016).

Behälter-Wärmespeicher

Diese bestehen aus einer Hülle aus Beton, Stahl oder Kunststoff und sind an einen Be- und Entladekreislauf angeschlossen. Größtenteils werden sie (teilweise) in den Untergrund eingelassen und aus Ortbeton gegossen. Die Innenabdichtung wird aus Edelstahl- oder Schwarzstahlblech bzw. GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff) hergestellt. Die Dämmung erfolgt zum Boden hin mit Glasschaumschotter bzw. zu Dach und Wand mit Blähglasgranulat in einer Membranschalung.

Der mögliche Aufbau eines Behälter-Wärmespeichers ist in Abbildung 14 dargestellt. Generell kann der Speicher drucklos oder druckbehaftet ausgeführt werden. Bei einer drucklosen Ausführung sind max. 95°C Speichertemperatur, bei einer druckfesten max. 120°C zulässig. Als Speichermedium wird Wasser eingesetzt. Zur Be- und Entladung werden häufig sogenannte Schichtladeeinrichtungen eingesetzt. Die Einschichtung des Mediums erfolgt über die Temperatur, um die Schichtung im Speicher nicht zu zerstören. Behälterspeicher werden erst ab 1.000 m³ als Saisonspeicher bezeichnet. Realisierte Projekte reichen bis zu einem Volumen von 12.000 m³.

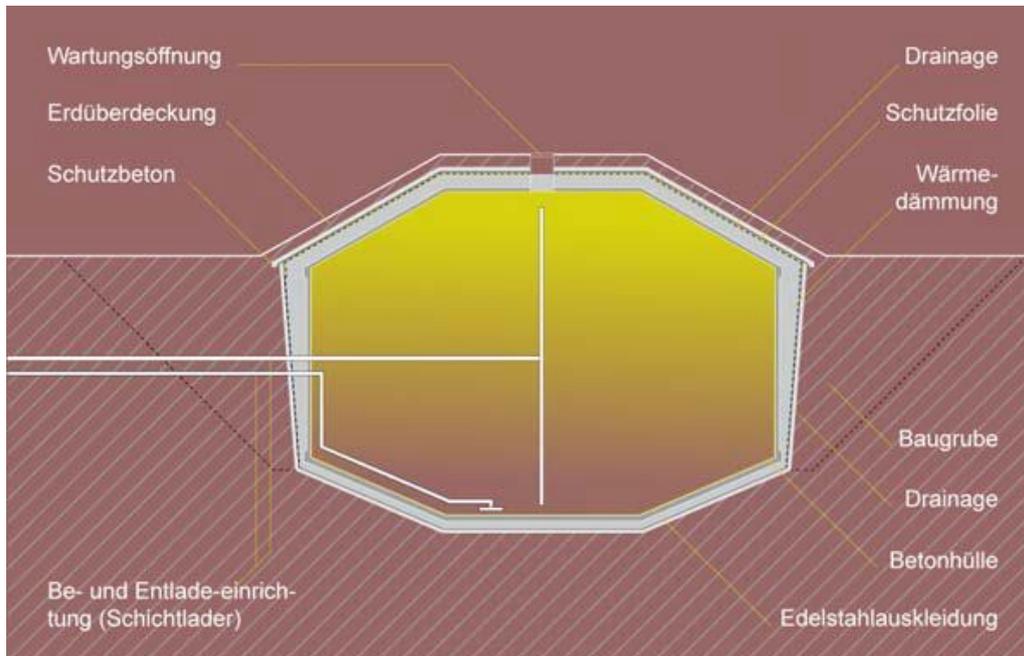


Abbildung 14: Aufbau eines Behälter-Wärmespeichers (Quelle: www.saisonalspeicher.de)

Die Wärmespeicherfähigkeit beträgt 60-80 kWh/m³. Dieser Speichertyp bietet günstige Voraussetzungen zur Optimierung des A/V-Verhältnisses. Behälter-Wärmespeicher werden 5-15m in den Untergrund eingelassen. Diese Schicht sollte möglichst kein Grundwasser führen (Dohna, 2016).

Erdbecken-Wärmespeicher

Erdbecken-Wärmespeicher haben meist die Form eines Kegel- oder Pyramidenstumpfes. Die Abdichtung erfolgt mittels Kunststoff-Abdichtungsbahnen (HDPE oder PP). In Abhängigkeit der Bodenfestigkeit werden die Seitenwände geböschet. Als Speichermedium kann Wasser oder ein Wasser/Kiesgemisch genutzt werden. Die Be- und Entladung kann direkt oder indirekt (Wärmetauscher) erfolgen. Als Dämmung zum Erdreich hin wird häufig Blähglasgranulat oder Schaumglasschotter verwendet. Sehr großvolumige Speicher wurden in Dänemark sogar ohne Wärmedämmung realisiert. Der Deckel kann schwimmend oder freitragend ausgeführt werden. Dieser Speichertyp ist im Vergleich zu anderen eher flach (5-15 m) und mit einer großen Oberfläche.

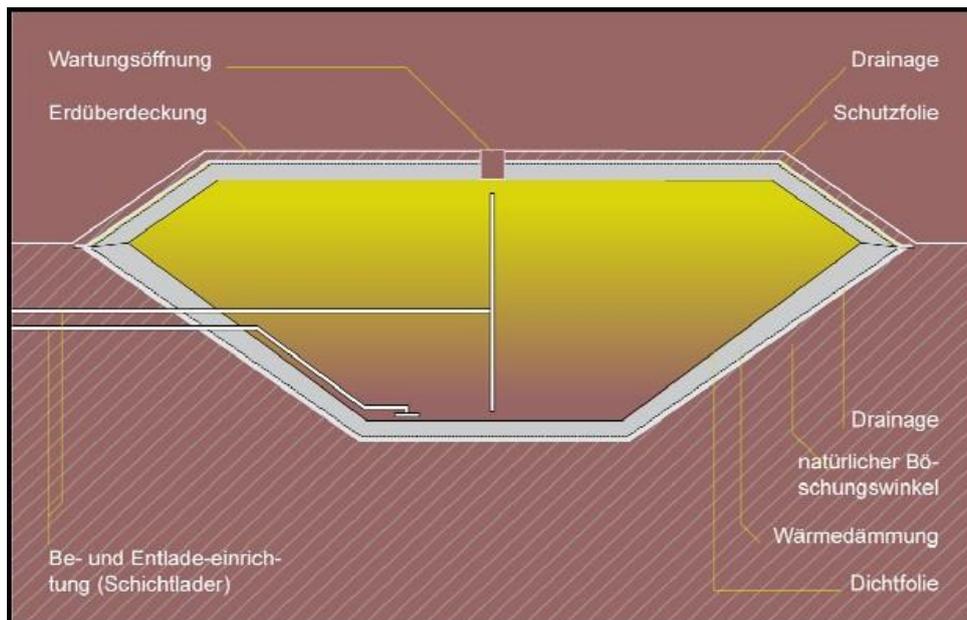


Abbildung 15: Aufbau eines Erdbecken-Wärmespeichers (Quelle: www.saisonalspeicher.de)

Realisierte Projekte reichen von 1.050 bis 70.000 m³ nutzbares Volumen (größere sind in Bau). Diese Speicher sind aufgrund ihrer Bauweise drucklos. Die Speicherkapazität ist abhängig von der Kiesbefüllung (30-50 kWh/m³). Bei reiner Wasserbefüllung kann eine Speicherkapazität von bis zu 70 kWh/m² erreicht werden. Grundwasserführende Schichten sollten gemieden werden (Dohna, 2016).

Richtkosten

Die spezifischen Investitionskosten für einen unterirdischen Wärmespeicher werden hauptsächlich von der Größe, von den Bodeneigenschaften (Bodentyp, Existenz von Grundwasser), durch die Form (Zylinder oder Grube) und durch das Niveau der Wärmedämmung (nur schwimmende Abdeckung oder Wand und Boden-Dämmung) beeinflusst.

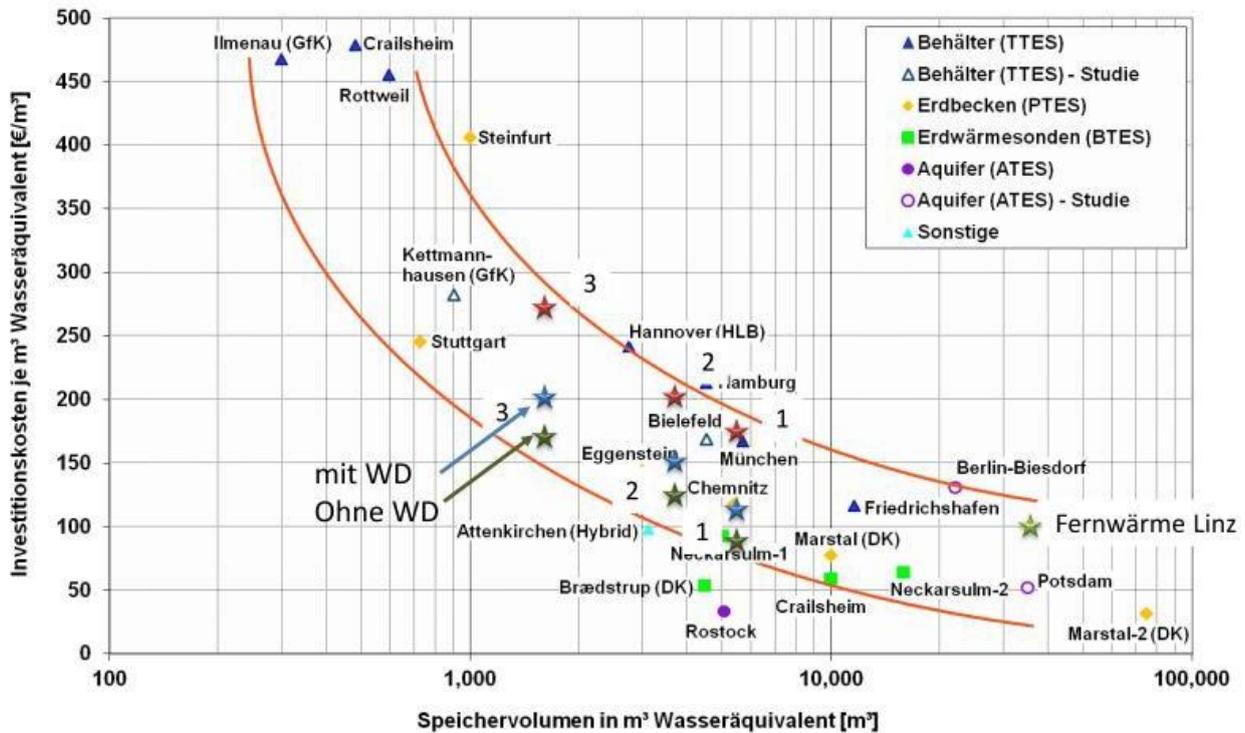


Abbildung 16: Spezifische Investitionskosten (ohne Planung und MwSt.) der untersuchten Wärmespeicher im Vergleich zu realisierten Projekten (Quelle: Store4Grid)

Je kleiner der Wärmespeicher ist und je höher die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ist (und/oder je näher der Boden an der grundwasserführenden Schicht ist), desto wirtschaftlicher ist die Wärmedämmung. Im Falle einer relativ geringen Wärmeleitfähigkeit von $1 \text{ W}/(\text{m K})$ (und in Abwesenheit von Grundwasser) ist die Verringerung der Wärmeverluste durch die Wärmedämmung so gering, dass eine Wärmedämmung von Wand und Boden nicht weiter gerechtfertigt ist (Ochs, 2015). Anders jedoch verhält es sich, wenn sich der Erdbeckenspeicher im Grundwasser bzw. nahe dem Grundwasser befindet. In diesem Fall ist eine Wärmedämmung jedenfalls notwendig (Wärmeverluste um ein Vielfaches höher). In Abbildung 17 sind Investitionskosten für Großwärmepumpen dargestellt, die in Kombination mit einem Langzeitspeicher in einem Fernwärmenetz zum Einsatz kommen könnten.

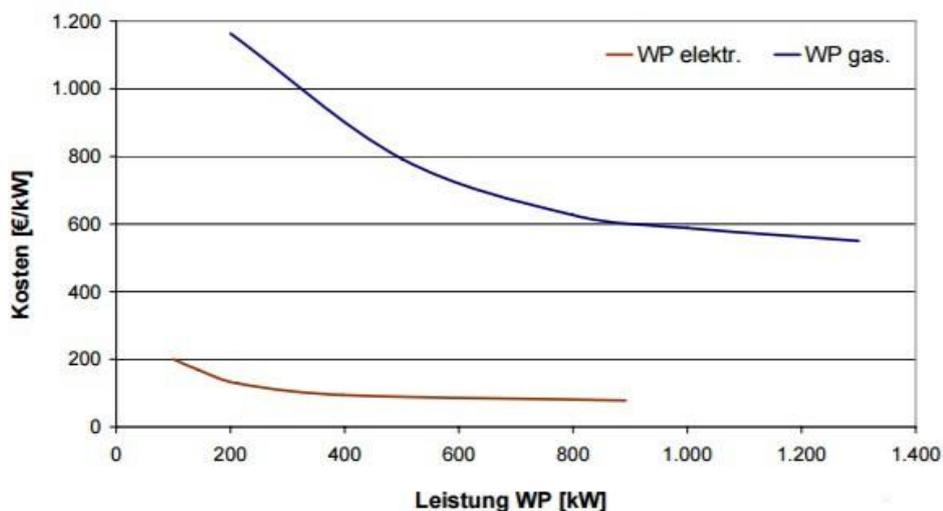


Abbildung 17: Investitionskosten für Großwärmepumpen (Quelle: IEA)

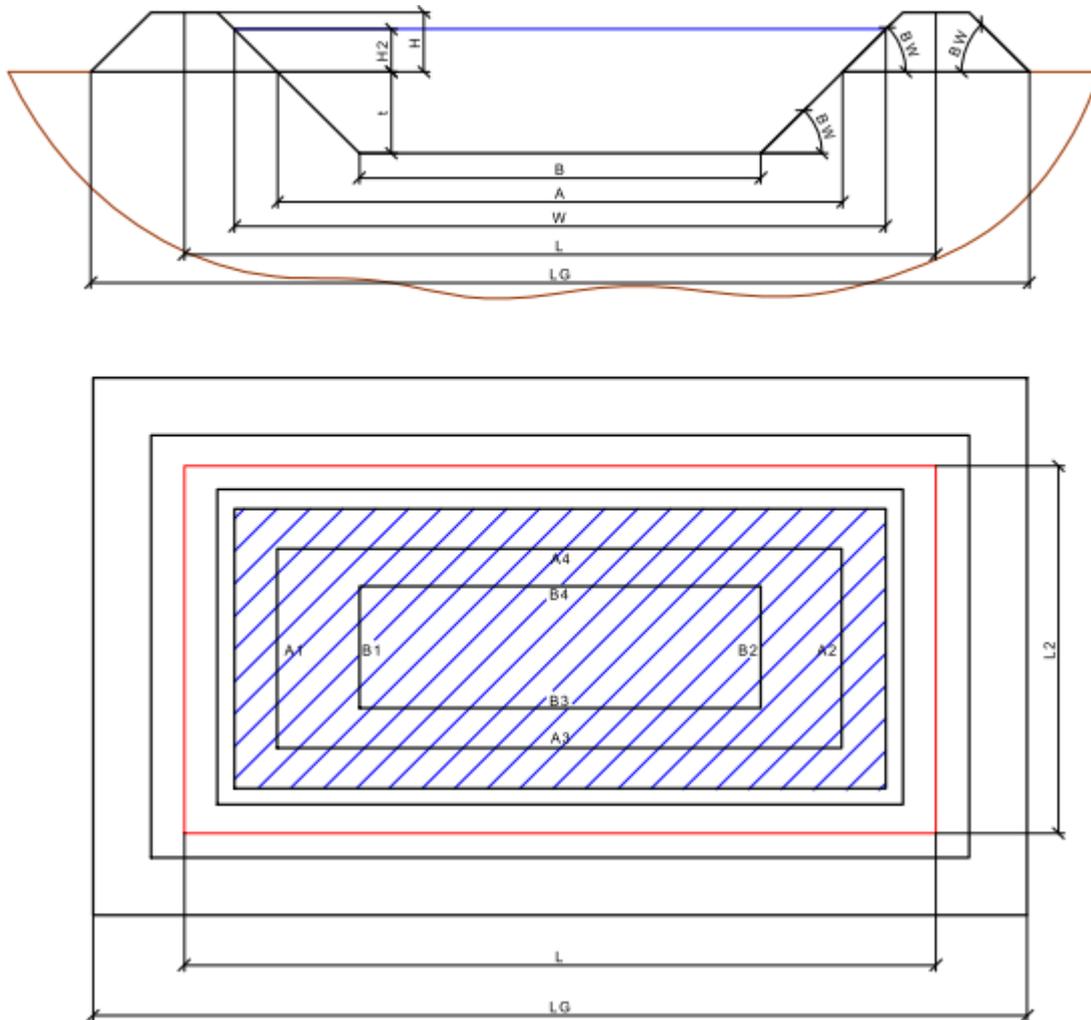


Abbildung 19: Speichergeometrie (Legende)

Speicherstandort Nord

Ziel dieses Speichers ist es Abwärme im Norden von Klagenfurt für Emmersdorf und 2 Kasernen einzuspeichern. Der Wärmebedarf beträgt rund 5 MWh pro Jahr. Der Speicher soll in der Übergangszeit bewirtschaftet werden. Die Fernwärme Klagenfurt regelt die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur – bei $+6^{\circ}\text{C}$ beträgt diese ca. 96°C . Als potentielles Grundstück wurde die Parzelle 708/KG 72196 identifiziert. Das Gelände befindet sich auf 450,7 m Seehöhe. Bei einer Speichertemperatur von 90°C steht eine nutzbare Temperaturspanne von ca. 30 K zu Verfügung. Somit ergibt sich ein theoretisches Volumen von 144.000 m^3 . Dieses Volumen kann nur mehr mittels eines Erdbeckenspeichers hergestellt werden. Die Auslegung hat eine nutzbare Fläche von 17.100 m^2 ergeben. Aufgrund des begrenzten Böschungswinkel und Aushubtiefe (Grundwasser), ergibt sich ein maximales Wasservolumen von 105.311 m^3 auf diesem Grundstück oder eine Speicherkapazität von 3,66 GWh. Die Investitionskosten wurden Anhand von Erfahrungswerten (Store4Grid) ermittelt – die spezifischen Investitionskosten belaufen sich nach einer ersten Abschätzung bei dieser Speichergröße auf ca. 25 €/m^3 bzw. 2.600.000 € gesamt.

Grob-Dimensionierungstool Erdbeckenspeicher (Näherungsformeln)

Speicherbezeichnung/Grundstück-Nr.	NORD			
Speichergröße (Sollwert informativ)	5,0	GWh		Eingabefeld
nutzbares deltaT	30,0	K		Ergebnisfeld
notwendiges Speichervolumen V	144.000	m ³		
Grundstücksdaten			ungenutzter Randstreifen	nutzbare Maße
Länge LG01	198	m	8	LG1 190 m
Länge LG02	196	m	6	LG2 190 m
Länge LG03	106	m	6	LG3 100 m
Länge LG04	89	m	9	LG4 80 m
Fläche	19.208	m ²		17.100 m ²
Böschungswinkel	45	°		abhängig vom Schüttmaterial/Sondermaßnahmen
Tangens alpha	1	-		
Dammkronenbreite	3	m		mind. 1 Fahrspur umlaufend
Reservehöhe Damm	20	%		Mindestwert
Dammhöhe H	8	m		variabel
Aushubtiefe t	7,084	m		Mittels Zielwertsuche ermitteln (Aushub = Dammvolumen)
Dammvolumen Vd	46.464	m ³		
Aushub Volumen Va	46.464	m ³		
Wasservolumen Vw	107.152	m ³		
Wasserfläche	10.679	m ²		
Oberfläche Abdichtung	14.394	m ²		
			3,73	GWh

Abbildung 20: Auslegung Speichergeometrie Standort Nord

In Abbildung 21 ist das potentielle Grundstück inkl. der Speicherumrisse (Außenkante Damm) dargestellt.



Abbildung 21: Grundstück inkl. Speicher Standort Nord

Speicherstandort Heizkraftwerk Süd

Ziel dieses Speichers ist es Abwärme der Rauchgaskondensation des Heizkraftwerks Ost einzuspeichern. Diese beträgt 3 GWh (4 MW bei ca. 750 h). In den Sommermonaten wo die zusätzliche Leistung der Rauchgaskondensation nicht benötigt wird, kann diese als Abwärme angesehen werden. Der Speicher soll in den Sommermonaten beladen und im Herbst entladen werden. Als potentielles Grundstück wurden die Parzellen 910/2 + 910/19 + 910/17 KG 72175 identifiziert. Das Gelände befindet sich auf 437,7 m Seehöhe. Bei einer Speichertemperatur von 90°C steht ca. eine nutzbare Temperaturspanne von ca. 30 K zu Verfügung. Somit ergibt sich ein theoretisches Volumen von 86.000 m³. Dieses Volumen kann nur mehr mittels eines Erdbeckenspeichers hergestellt werden. Problematisch ist in diesem Bereich der seichte Grundwasserkörper. Dies befindet sich in einer Tiefe von 2 bis 5 m unter Niveau.

Grob-Dimensionierungstool Erdbeckenspeicher (Näherungsformeln)

Speicherbezeichnung/Grundstück-Nr.	SÜD		
Speichergröße (Sollwert informativ)	3,0 GWh	Eingabefeld	
nutzbares deltaT	30,0 K	Ergebnisfeld	
notwendiges Speichervolumen V	86.000 m ³		
Grundstücksdaten		ungenutzter Randstreifen	nutzbare Maße
Länge LG01	111 m	6 m	LG1 105 m
Länge LG02	107 m	6 m	LG2 101 m
Länge LG03	90 m	6 m	LG3 84 m
Länge LG04	69 m	6 m	LG4 63 m
Fläche	8.666 m ²		7.571 m ²
Böschungswinkel	45°	abhängig vom Schüttmaterial/Sondermaßnahmen	
Tangens alpha	1 -	mind. 1 Fahrspur umlaufend	
Dammkronenbreite	3 m	Mindestwert	
Reservehöhe Damm	20 %	variabel	
Dammhöhe H	5,3 m	Mittels Zielwertsuche ermitteln (Aushub = Dammvolumen)	
Aushubtiefe t	5,0 m		
Dammvolumen Vd	14.718 m ³		
Aushub Volumen Va	14.718 m ³		
Wasservolumen Vw	32.336 m ³	1,13 GWh	
Wasserfläche	4.617 m ²		
Oberfläche Abdichtung	6.435 m ²		

Abbildung 22: Auslegung Speichergeometrie Standort Süd

Die Auslegung hat eine nutzbare Fläche von 7.571 m² ergeben. Aufgrund des begrenzten Böschungswinkels und Aushubtiefe (Grundwasser), ergibt sich ein maximales Wasservolumen von 32.336 m³ oder eine Speicherkapazität von 1,13 GWh. Die Investitionskosten wurden Anhand von Erfahrungswerten (Store4Grid) ermittelt – die spezifischen Investitionskosten belaufen sich auf 35€/m³ bzw. 1,1 Mio. € gesamt (Grobkostenschätzung; Detailplanung/Bodengutachten nicht vorhanden).



Abbildung 23: Grundstück inkl. Speicher Standort Süd

In Abbildung 23 ist das potentielle Grundstück inkl. der Speicherumrisse (Außenkante Damm) dargestellt. Unten im Bild ist das Heizkraftwerk Süd situiert. Die Realisierung erscheint auf Grund der gegebenen Rahmenbedingungen nicht realistisch, theoretisch aber machbar.

Speicherstandort Klagenfurt-Harbach

Der Wärmebedarf des neu entstehenden Stadtentwicklungsgebietes Klagenfurt-Harbach wurde mit 4,12 GWh pro Jahr berechnet (Energiekonzept Klagenfurt-Harbach). Die Gebäudetechnik wird für den Anschluss an ein Niedertemperaturfernwärme-System projektiert. Die Systemtemperaturen auf der Versorgungsseite betragen dabei 58/38°C. Als weiterer Abnehmer könnte theoretisch das Stadtgartenamt fungieren. Dieses hat einen Wärmebedarf von ca. 480 MWh (400 kW Anschlussleistung). Die Auskoppelung aus dem Speicher könnte mit ca. 63°C Vorlauf erfolgen. Dieses Temperaturniveau wäre für Klagenfurt-Harbach hoch genug – für das Stadtgartenamt könnte geringfügig mittels eines bestehenden Gaskessels nachgeheizt werden.

In **Abbildung 24** ist der monatliche Wärmebedarf des Stadtentwicklungsgebietes Klagenfurt-Harbach und des Stadtgartenamtes dargestellt. Von Mai bis September wäre ein verfügbares Abwärmepotential innerhalb des bestehenden Fernwärmenetzes von 2,06 GWh verfügbar, diese Wärmemenge könnte eingespeichert werden. Die 2 Objekte könnten damit bis ca. Ende Dezember mit eingespeicherter Abwärme versorgt werden. Ein Fernwärmeleitungsbau wurde von der EKG bereits (Südring/Friedensgasse bis Stadtgartenamt) mit ca. € 400.000 kalkuliert.

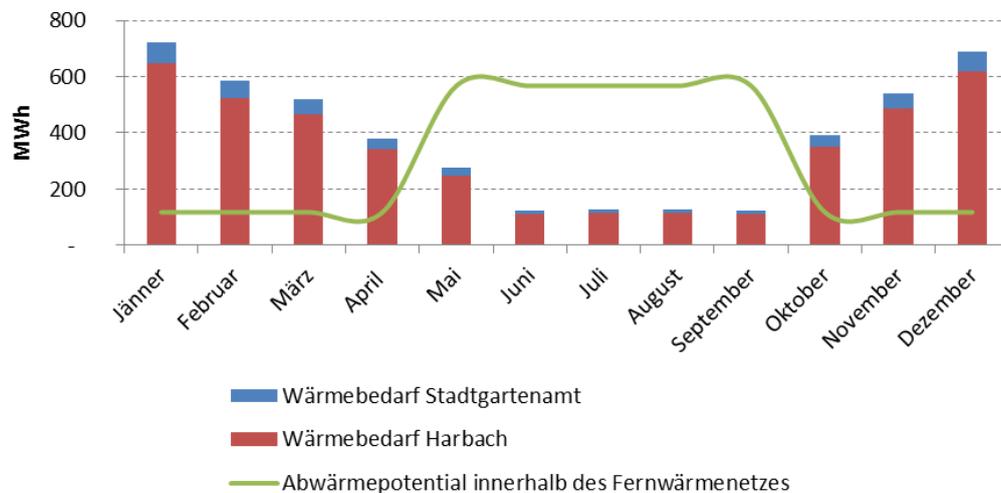


Abbildung 24: Wärmebedarf Klagenfurt-Harbach und Stadtgartenamt sowie verfügbares Abwärmepotential innerhalb des Fernwärmenetzes

Als potentielles Grundstück wurde die Parzelle 83/2 KG 72172 (Stadtgartenamt) identifiziert. Das Gelände befindet sich auf 434,8 m Seehöhe. Bei einer Speichertemperatur von 90°C steht eine nutzbare Temperaturspanne von ca. 40K zur Verfügung. Somit ergibt sich ein theoretisches Volumen von 45.000 m³. Dieses Volumen kann nur mehr mittels eines Erdbeckenspeichers hergestellt werden. Der Grundwasserkörper befindet sich in diesem Bereich in einer Tiefe von 5-10 m.

Die Auslegung hat eine nutzbare Fläche von 10.520 m² ergeben. Aufgrund des begrenzten Böschungswinkels und Aushubtiefe (Grundwasser), ergibt sich ein maximales Wasservolumen von 50.297 m³ oder eine Speicherkapazität von 2,33 GWh. Die Aushubtiefe wurde so gewählt, um mit der Fundamentunterkante des Speichers über dem Grundwasserkörper zu bleiben. Dadurch werden unnötige Wärmeverluste vermieden. Die Investitionskosten wurden an Hand von Erfahrungswerten (Store4Grid) ermittelt – die spezifischen Investitionskosten belaufen sich auf 31 €/m³ bzw. 1.560.000 € gesamt (Grobkostenschätzung). Laut Stadtgartenamt soll der Speicher mit Arbeitsgeräten befahrbar sein, damit würden die Kosten jedoch massiv ansteigen (zur exakten Kostenermittlung ist eine Detailplanung in diesem Fall nötig; erste Schätzungen liegen bei bis zu € 1 Mio. Mehrkosten) – Ersatzflächen zur Nutzung seitens des Stadtgartenamtes sind in diesem Fall wahrscheinlich wirtschaftlicher.

Aus der hydrogeologischen Bewertung ergibt sich die Empfehlung den Erdbeckenspeicher zum Erdreich hin zu dämmen (40cm Schaumglasschotter verdichtet). Daraus ergeben sich jedoch zusätzliche Kosten in Höhe von rund € 510.000,-- inkl. zusätzlicher Abdichtungsebene unter dem Schaumglasschotter (auf Grund der Gegebenheit, dass bei sehr hohem Grundwasserstand die Dämmebene im Grundwasser liegt).

Grob-Dimensionierungstool Erdbeckenspeicher (Näherungsformeln)

Speicherbezeichnung/Grundstück-Nr.	HARBACH	
Speichergröße (Sollwert informativ)	2,1 GWh	Eingabefeld
nutzbares ΔT	40,0 K	Ergebnisfeld
notwendiges Speichervolumen V	45.000 m ³	
Grundstücksdaten		ungenutzter Randstreifen
Länge LG01	190 m	100 m
Länge LG02	165 m	6 m
Länge LG03	102 m	10 m
Länge LG04	89 m	12 m
Fläche	16.951 m ²	nutzbare Maße
		LG1 90 m
		LG2 159 m
		LG3 92 m
		LG4 77 m
		10.520 m ²
Böschungswinkel	45 °	abhängig vom Schüttmaterial/Sondermaßnahmen
Tangens alpha	1	
Dammkronenbreite	3 m	mind. 1 Fahrspur umlaufend
Reservehöhe Damm	20 %	Mindestwert
Dammhöhe H	6 m	variabel
Aushubtiefe t	4,79 m	Mittels Zielwertsuche ermitteln (Aushub = Dammvolumen)
Dammvolumen Vd	21.480 m ³	
Aushub Volumen Va	21.480 m ³	
Wasservolumen Vw	50.297 m ³	
Wasserfläche	6.673 m ²	
Oberfläche Abdichtung	8.931 m ²	
		2,33 GWh

Abbildung 25: Auslegung Speichergeometrie Standort Klagenfurt-Harbach



Abbildung 26: Grundstück inkl. Speicher Standort Klagenfurt-Harbach/Stadtgartenamt

In Abbildung 26 ist das potentielle Grundstück inkl. der Speicherumrisse (Außenkante Damm in blau) dargestellt. Gut ersichtlich ist die bestehende Gebäudeinfrastruktur des Stadtgartenamts. Aufgrund der benötigten Speichergröße und der Grundstücksgeometrie konnte der Speicher möglichst quadratisch ausgelegt werden. Dies wirkt sich positiv auf das A/V-Verhältnis aus.

Speicherstandort Heizkraftwerk Ost

Ziel dieses Speichers ist es, Abwärme der Rauchgaskondensation des nahe gelegenen Heizkraftwerks Ost einzuspeichern. Diese beträgt 3 GWh (4 MW bei ca. 750 h). In den Sommermonaten wo die zusätzliche Leistung der Rauchgaskondensation nicht benötigt wird, kann diese als Abwärme angesehen werden. Sollte aus betriebstechnischen Gründen auch Überschusswärme aus dem Kessel vorhanden sein. Der Speicher soll in den Sommermonaten beladen und im Herbst entladen werden. Als potentielles Grundstück wurde die Parzelle 1801 KG 72123 identifiziert. Das Gelände befindet sich auf 428,3 m Seehöhe. Bei einer Speichertemperatur von 90°C steht ca. eine nutzbare Temperaturspanne von ca. 30 K zu Verfügung. Somit ergibt sich ein theoretisches Volumen von 86.000 m³. Dieses Volumen kann nur mehr mittels eines Erdbeckenspeichers hergestellt werden. Problematisch ist in diesem Bereich der seichte Grundwasserkörper. Dies befindet sich in einer Tiefe von 5 bis 10 m unter Niveau.

Die Auslegung hat eine nutzbare Fläche von 16.361 m² ergeben. Aufgrund des begrenzten Böschungswinkels und Aushubtiefe (Grundwasser), ergibt sich ein Wasservolumen von rund 88.000 m³ oder eine Speicherkapazität von 3,06 GWh. Die Aushubtiefe wurde so gewählt, um mit der Fundamentunterkante des Speichers über dem Grundwasserkörper zu bleiben. Dadurch werden unnötige Wärmeverluste vermieden. Die Investitionskosten wurden

Anhand von Erfahrungswerten (Store4Grid) ermittelt – diese belaufen sich auf ca. 2.330.000 € gesamt.

Grob-Dimensionierungstool Erdbeckenspeicher (Näherungsformeln)

Speicherbezeichnung/Grundstück-Nr.	OST		
Speichergröße (Sollwert informativ)	3,0 GWh	Eingabefeld	
nutzbares ΔT	30,0 K	Ergebnisfeld	
notwendiges Speichervolumen V	86.000 m ³		
Grundstücksdaten		ungenutzter Randstreifen	nutzbare Maße
Länge LG01	240 m	90 m	LG1 150 m
Länge LG02	122 m	6 m	LG2 116 m
Länge LG03	177 m	55 m	LG3 122 m
Länge LG04	115 m	6 m	LG4 109 m
Fläche	26.426 m ²		15.362 m ²
Böschungswinkel	45°	abhängig vom Schüttmaterial/Sondermaßnahmen	
Tangens alpha	1	mind. 1 Fahrspur umlaufend	
Dammkronenbreite	3 m	Mindestwert	
Reservehöhe Damm	20%	variabel	
Dammhöhe H	7,29 m	Mittels Zielwertsuche ermitteln (Aushub = Dammvolumen)	
Aushubtiefe t	5,00 m		
Dammvolumen Vd	35.118 m ³		
Aushub Volumen Va	35.118 m ³		
Wasservolumen Vw	88.050 m ³		
Wasserfläche	10.075 m ²		
Oberfläche Abdichtung	12.969 m ²		
			3,06 GWh

Abbildung 27: Auslegung Speichergeometrie Standort Ost



Abbildung 28: Grundstück inkl. Speicher Standort Ost

In Abbildung 28 ist das potentielle Grundstück inkl. der Speicherumrisse (Außenkante Damm) dargestellt. Aufgrund der benötigten Speichergröße und der Grundstücksgeometrie konnte der Speicher möglichst quadratisch ausgelegt werden. Dies wirkt sich positiv auf das A/V-Verhältnis aus. Aufgrund der Größe des Grundstücks wäre theoretisch ein Speicher mit 6,7 GWh machbar. Weitere Standorte in unmittelbarer Nähe sind denkbar, sind jedoch nicht im Eigentum der EKG bzw. Stadt Klagenfurt und wurden daher in diesem Projekt nicht näher betrachtet.

Ein Standort sehr nahe am Biomasse-Heizkraftwerk OST kann unter Ausnutzung der dort vorhandenen Wärmepumpentechnologie wirtschaftlich Sinn machen (für Wärmemengen die nicht direkt genutzt werden können), die Untersuchung ist allerdings nicht Teil des Projekts bzw. der Machbarkeitsanalyse (abhängig vom Kraftwerksbetrieb, dessen Daten nicht im Detail vorliegen).

B.5.5.1. Hydrogeologische Bewertung Langzeitspeicherung Zusammenfassende

Bewertung der vier Standorte

Es wurden die hydrogeologischen Eckdaten der vier vorgegebenen Standorte zusammengefasst und eine Prioritätsbewertung dargestellt. Demnach ist aus hydrogeologischer Sicht der Standort Klagenfurt-Harbach/Stadtgartenamt mit Abstand am besten geeignet und zwar aus folgenden Gründen:

- Höchste Grundwassermächtigkeit, daher keine großen Rückstauereffekte
- Flurabstand nicht zu gering
- Keine unmittelbar betroffenen Wasserrechte
- Lage des Einflussbereichs zur Gänze im Modellgebiet

Die Detailmodellierungen betreffend thermischer Einflüsse und Rückstauereffekte wurden daher für den Standort Klagenfurt-Harbach/Stadtgartenamt durchgeführt.

Standort	Harbach/Stadtgartenamt	O S T	SÜD	NORD
Grundwassermächtigkeit bei Q95:	59 m	21 m	34,5 m	
Seehöhe des Grundwasserspiegels bei Q95:	430,13 m ü.A.	423,06 m ü.A.	435,0 m ü.A.	
Flurabstand des Grundwasserspiegels bei Q95:	3,8 m	4,8 m	2,5 m	
Abdämmungssohle des Speichers unter Grundwasserspiegel bei Q95:	0,5 m	0,75 m	2,8 m	
Durchlässigkeit (kf-Wert)	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	
Nutzbares Porenvolumen	15 – 16 %	15 – 16 %	15 – 16 %	
Wärmeleitfähigkeit (Übertragung aus Manage- GeoCity, ähnliche Kiese im Raum Graz)	ca. 0,65 λ (W/(m*K))	ca. 0,65 λ (W/(m*K))	ca. 0,65 λ (W/(m*K))	
Bemerkungen	Standort am besten geeignet	Nachteil: Sehr nahe am Modellrand	Sehr seichtliegender Grundwasserspiegel, Bauwerksohle ganzjährig im Grundwasser	Außerhalb des Modellgebiets, wenig Daten vorhanden, hoher Aufwand, da Modell neu generiert werden müsste
Hydrogeologische Priorität	1	2	3	4

Table 2: Zusammenfassung der hydrogeologischen Bewertung der 4 Standorte

Ausweisung von Gunstzonen für die Nutzung oberflächennaher Erdwärme

Zusammenfassend kann die Ausweisung von Gunstzonen für oberflächennahe Erdwärme wie folgt dargestellt werden:

- Die Nutzung trockener Geothermie durch Erdwärmesonden ist de facto im gesamten Stadtgebiet möglich. Allerdings ist in den Gebieten mit hoher Grundwassermächtigkeit zu berücksichtigen, dass die Sonden im Bereich des Grundwasserkörpers isoliert werden sollten, um zu starke Wärmeverluste durch das umströmende Grundwasser zu vermeiden.
- In Bereichen mit erhöhten Grundwassermächtigkeiten (>5 m) und Durchlässigkeiten (letztere großteils recht gut, mit einer gewissen Abnahme hin zum Ufer des Wörthersees) erfüllen die aus dem Grundwassermodell bekannten Grundwasserergiebigkeiten die Anforderungen für eine thermische Nutzung des Grundwassers mit großer Wahrscheinlichkeit, somit also in einem Großteil des Modellgebietes.

Detailuntersuchung der thermischen und hydraulischen Einflüsse auf das Grundwasser am Speicher Klagenfurt-Harbach / Stadtgartenamt

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Aufhöhung des Grundwasserspiegels durch das Bauwerk ist vernachlässigbar gering.
- Der Einbau einer Isolierung zeigt deutlich positive Effekte, vor allem im Nahbereich des Speichers.
- Ohne Isolierung würde die Grundwassertemperatur im Nahbereich des Speichers deutlich über dem Indikatorparameterwert der Trinkwasserverordnung von 25 °C liegen. Dies bewirkt das Risiko einer Verkeimung des Grundwassers und somit eine Verschlechterung der Wasserqualität in diesem Bereich.
- Bei guter Isolierung (möglichst trockener und mächtiger Glasschaumschotter) verkleinert sich dieser Bereich erheblich nur auf das unmittelbare Umfeld des Speichers. Es wird daher aus hydrogeologischer Sicht angeraten, die Isolierung des Speichers aus Gründen des Grundwasserschutzes einzuplanen, die auch eine erhebliche Reduktion von Wärmeverlusten aus dem Speicher bewirkt.
- Die Ausbreitungsrechnung zeigt, dass durch das Vorhaben keine grundwasserrelevanten Wasserrechte unmittelbar beeinflusst werden. Selbst im Falle einer etwaigen Verlegung des Standorts um ein paar 100 m würde dies keine grundlegenden Veränderungen dieser Aussagen bewirken.
- Im Falle einer wasserrechtlichen Einreichung und Realisierung des Vorhabens sollten folgende Betrachtungen und Untersuchungen durchgeführt werden:
 - Störfallbetrachtung: Simulation der Ausbreitung möglicher Schadstoffe.
 - Erste und spätere Befüllungen des Speichers: Herkunft des Wassers, es gibt allerdings keine Probleme bezüglich der Ergiebigkeit des Aquifers im Falle der Errichtung von Brunnen. An letzteren sollten auf jeden Fall Leistungspumpversuche zur Ermittlung der Brunnencharakteristik in Abhängigkeit von der angestrebten Konsensmenge durchgeführt werden.
 - Vorschlag und Durchführung eines Monitoringprogramms des Grundwassers für Bau- und Betriebsphase: Temperatur und auszuwählende chemische Parameter im Zu- und Abstrombereich des Speichers.

B.4.7. AP 6 Stadtentwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach + Living Container

Für das Stadtentwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach wurde der Bedarf an Wärme und Kälte erfasst und die Möglichkeit, einen Wärmespeicher unterzubringen, geprüft. Im Projekt Living Container wurde der Heizwärmebedarf ermittelt und eine ökologische Bilanzierung durchgeführt.

B.5.6.1. Stadtentwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach

Das Energiekonzept für Klagenfurt-Harbach wurde gemeinsam mit dem Projektpartner (EKG GmbH) abgestimmt und von LED&WÄRME Reinitzhuber im Rahmen eines Energieaudits erarbeitet (siehe Anlage).

In Klagenfurt-Harbach soll eine innovative, zukunftssichere Fernwärmeversorgung auf niedrigem Temperaturniveau zum Einsatz kommen. Das Kühlungskonzept sollte unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels erarbeitet werden, wobei passive sowie aktive Kühlmöglichkeiten zu betrachten waren. Die Verwendung von LED-Technologie sollte für das gesamte Areal berücksichtigt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt des Projekts war die Bewerkstellung einer energieeffizienten und hygienisch einwandfreien Trinkwassererwärmung. Das Energiekonzept musste in Abstimmung mit der Wohnbauförderung und der Steuerungsgruppe erarbeitet werden.



Abbildung 29: Visualisierung Klagenfurt-Harbach (Bild. Architekt Wetschko)

Ermittlung Energieverbrauch

Der Heizwärmebedarf der Gebäude wurde gemäß der Kärntner Wohnbauförderung mit optimistischen $17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und einem Warmwasserwärmebedarf gemäß ÖNORM H 5056 mit $12,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angenommen. Der Heiztechnikenergiebedarf wurde aufgrund von Erfahrungswerten aus anderen aktuellen Energieausweisen mit $11,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angenommen (ganzjährige Warmwasseraufbereitung mit Wohnungsstationen). Als Sicherheitszuschlag (geändertes Nutzungsverhalten, Heiztechnikenergiebedarf durch nicht normgerecht isolierte Verteilungen) wurden pauschal $9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ angenommen. Dadurch kann ein Gesamtenergieverbrauch für eine Bruttogeschoßfläche von 82.400 m^2 bzw. eine Wohnnutzfläche von 60.200 m^2 von $4,12 \text{ GWh/a}$ genannt werden. Die Heizlast liegt nach den angenommenen Vollastbetriebsstunden bei $1,7 \text{ MW}$ bis $2,6 \text{ MW}$.

Etwa $2,72 \text{ GWh}$ wurden für Hochtemperaturwärme von 45°C bis 60°C errechnet, was für die Erwärmung des Warmwassers und aufgrund von Heiztechnikenergieverlusten benötigt wird. Das

Niedertemperatursystem ergibt einen Heizwärmebedarf von 1,4 GWh. Es ist somit ersichtlich, dass mehr als die Hälfte des Verbrauchs für Hochtemperaturwärme verbraucht wird.

rechnerisch abgeschätzter Energieverbrauch für Harbach 2020					
Nr.	Wohnbauträger / Bezeichnung	BGF [m ²]	Wohn-einheiten WE	WNF _{beheizt}	Anzahl Bewohner
1	Kärntner Friedenswerk 95 WE	10.740	95		
2	Vorstädtische Kleinsiedlung 99 WE	11.660	99		
3	GWG Neue Heimat Teil 01	9.400	679		
4	GWG Neue Heimat Teil 02	9.200			
5	GWG Neue Heimat Teil 03	5.800			
6	GWG Neue Heimat Teil 04	5.800			
7	GWG Neue Heimat Teil 05	6.600			
8	GWG Neue Heimat Teil 06	9.240			
9	GWG Neue Heimat Teil 07	9.240			
10	GWG Neue Heimat Teil 08	10.440			
11	GWG Neue Heimat Teil 09	7.440			
12	GWG Neue Heimat Teil 10	7.440			
Summe:		103.000	873		2100
BGF _B		82.400 m ²		lt. Architekt	
WNF _{beheizt}		60.200 m ²		lt. Architekt	
Faktor BGF _B zu WNF _{beheizt}		1,37			
A/V		0,25		~ lt Architekt	
HWB _{Ref,RK}		17 kWh/m ² a		Angenommen für Kärntner Wohnbauförderung	
WWWB		12,8 kWh/m ² a			
HTEB WW+RH		11,2 kWh/m ² a		geschätzt	
HEB theoretisch		41 kWh/m ² a			
Sicherheitsaufschlag (SA)		9 kWh/m ² a			z.B. bei höherem Komfortanspruch
HEB realistisch		50 kWh/m ² a			
Gesamt Wärme-Verbrauch		4,1200 GWh			
Wärme Niedertemperatur möglich (HWB)		1,4008 GWh			
WWWB		1,0547 GWh			
Wärme nur Hoch-Temp. (WWWB+HTEB+SA)		2,7192 GWh			
WWWB über Anzahl Bewohner gerechnet		1,53 GWh		2kWh pro Person und Tag	
Heizlast (2.100 Volllastbetriebsstunden)		1,7167 MW			
Heizlast (1.600 Volllastbetriebsstunden)		2,5750 MW			

Abbildung 30: Energieverbrauch Klagenfurt-Harbach

Wärmeabgabe und Trinkwassererwärmungsanlagen

Laut ÖNORM B 2531:2012 ist die Warmwasserbereitung bei Temperaturen bis 45°C erlaubt, insofern eine regelmäßige Entnahme sichergestellt ist. Somit wird die Gefahr der hygienischen Beeinträchtigung weitgehend vermindert. Andernfalls muss das Temperaturniveau laut ÖNORM EN 806-2:2005 zumindest 60°C betragen.

Um prinzipiell Wärme bei niedrigen Temperaturniveaus abzugeben, kann eine Fußbodenheizung als klassischer Vertreter von Niedertemperaturwärmeabgabesysteme ausgewählt werden. Die VL/RL-Temperaturen liegen bei 35/28°C bzw. 35/25°C. Es wird ein Wärmeverteilsystem empfohlen, welches auf mittleren Vorlauftemperaturniveau und hoher Spreizung (geringe Rücklauftemperatur) arbeitet.

Das System der Trinkwassererwärmung definiert die Vorlauftemperatur des Heizungssystems und in weiterer Folge jene des Fernwärmesystems. Moderne Trinkwassererwärmungsanlagen erlauben besonders hohe Spreizungen und damit niedrige Rücklauftemperaturen, welche in Bereiche von Flächenheizungen einzuordnen sind (20-35°C). Je höher die Heizungsvorlauftemperatur, desto geringer die Rücklauftemperatur.

Betrachtete Trinkwassererwärmungsanlagen:

- 1) Wohnungsstation
- 2) Fernwärmeboiler (Fa. Austria Email, Thermograf)
- 3) Fernwärmeboiler mit innovativer Sonderlösung (System der Fa. Pink. enerboxx®)

Wärmeabgabesystem (Heizungssystem)

Die Wärmeabgabe für das Heizungssystem kann entweder mit der Vorgabe Heizungsvorlauf 55°C verhältnismäßig einfach und kostengünstig (Investitionskosten) mittels Radiatoren erfolgen, wobei eine Rücklauftemperatur von 35°C definiert ist. Radiatoren können rasch auf Anforderungen an ein geändertes Raumtemperaturniveau reagieren und sind somit leichter regelbar und können daher gegebenenfalls auch einen geringeren Energieverbrauch gegenüber Flächenheizungen aufweisen. Weitere Optimierungspotentiale um geringere Rücklauftemperaturen zu erzielen, bietet eine Fußbodenheizung (VL=35°C, RL=28°C, bzw. VL=30°C, RL=25°C). Mit diesem Wärmeabgabesystem könnte auch passiv gekühlt werden.

Durch den Einsatz von Radiatoren mit 55/35°C statt 70/55°C erhöht sich die Größe der Heizkörper etwas und die Investitionskosten steigen geringfügig um rund 200-300 € für eine Wohnungsgröße mit 80 m². Mit den ermittelten Heizungstemperaturen (55°C VL, 35°C RL) ergeben sich bei einer Spreizung von 3 K Fernwärmemetemperaturen von 58/38°C

Literaturrecherche und abgeschlossene Forschungs-Projekte zum Thema Niedertemperatur-Fernwärme

URBANcascade:

Das Projekt Klagenfurt-Harbach gliedert sich in die Kategorie „Passivhäuser“ des Projektes URBANcascade ein, wobei Klagenfurt-Harbach nicht als Passivhausstandard geplant ist. Auch die Temperaturniveaus sind geringfügig höher (58/38°C).

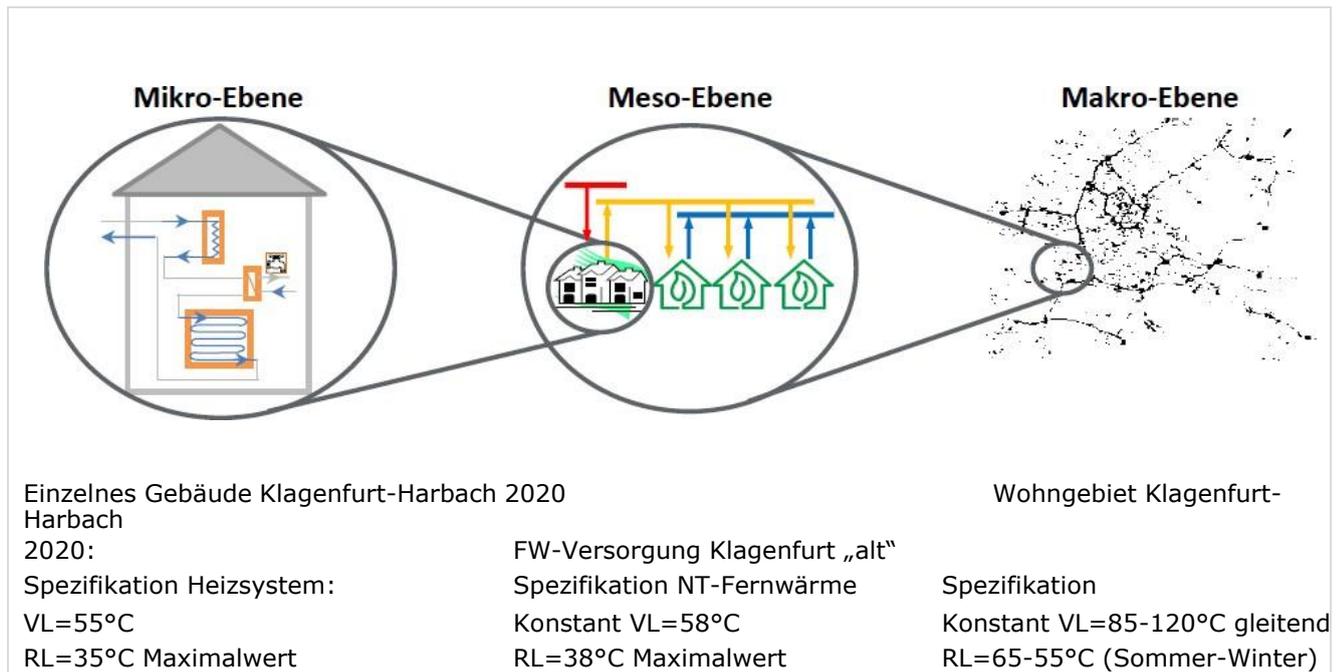


Abbildung 31: Einbettung des Projekts Klagenfurt-Harbach in verschiedene Ebenen

NextGenerationHeat:

Das Projekt „NextGenerationHeat“ definiert ebenfalls Trinkwassertemperaturen zur Orientierung der VL-Temperaturen in Fernwärmesystemen. In diesem Projekt wurden 45°C als Mindesttemperaturgrenze für die Trinkwassererwärmung definiert, da dies wie bereits erwähnt nach ÖNORM B 2531: 2012 bei regelmäßiger Entnahme erlaubt ist. (Daraus ergibt sich eine Heizungsvorlauftemperatur von zumindest 52°C und mit 3 K Sicherheit 55°C und bei einer Spreizung von 3 K eine Fernwärme-Vorlauftemperatur von 58°C)

Aufgrund der Literaturrecherche scheint ein weiteres Absenken der Vorlauftemperatur nicht sinnvoll zu sein, da ansonsten für die Warmwasseraufbereitung zusätzliche Energieformen notwendig wären (Strom).

Mögliche Einbindung eines innovativen FW-Systems und Einspeisung alternativer Energien in das bestehende Netz

Durch die niedrigen Rücklauftemperaturen ergeben sich zwei Optionen, die in weiterer Folge dargestellt sind. Einerseits besteht die Möglichkeit einer Rücklauftemperaturabsenkung, welche die (bessere) Einspeisung von weiteren alternativen Wärmequellen in das Fernwärmesystem ermöglicht.

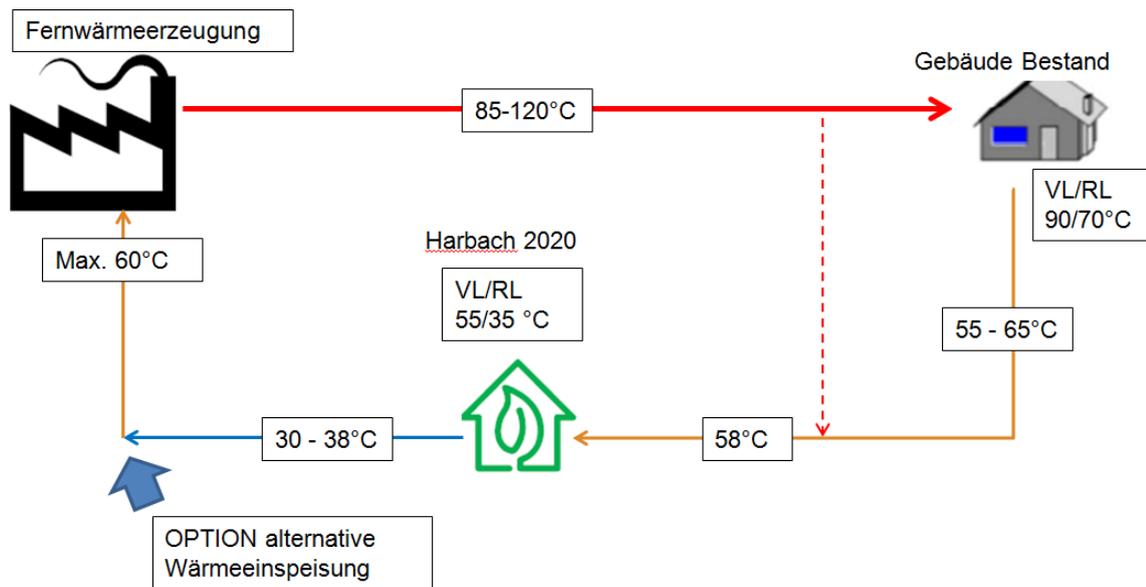


Abbildung 32: Variante Rücklauf Temperaturabsenkung

Andererseits könnten alternative Energiequellen (z.B. Jahresspeicher, Grundwasserwärmepumpe) in das Fernwärmesystem eingebunden werden.

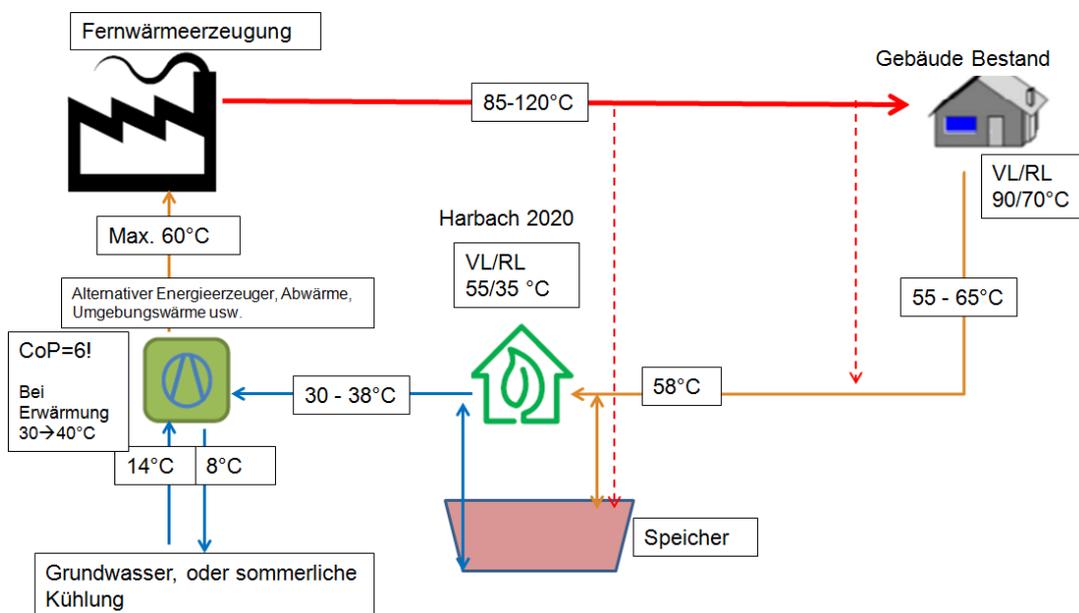


Abbildung 33: Variante Einbindung alternativer Energiequellen

Vermeidung sommerlicher Erwärmung (ÖNORM B 8110-3: 1999)

Durch den Klimawandel, der mittlerweile zu einer Temperaturerhöhung von 2°C gegenüber dem langjährigen Durchschnitt im Raum Klagenfurt führt, muss darauf geachtet werden, dass in Zukunft keine zusätzliche sommerliche Erwärmung der Gebäude stattfindet.

Ein fernwärmeversorgtes Gebäude, bei dem ganzjährig die Warmwasseraufbereitung mit Fernwärme geschieht, wird in den Sommermonaten stets unerwünschte Wärmeabgabe über die

Heiztechnikinstallation stattfinden. Besonders wichtig ist es daher, möglichst geringe Verteilverluste anzustreben. Da sich dieser Wärmeeintrag allerdings nicht vollständig verhindern lässt, ist in fernwärmeversorgten Gebäuden, dem Einsatz der bautechnischen Mittel zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung (z.B. Nachtlüftung, Beschattungssysteme, Nutzungsverhalten) besonders Augenmerk zu schenken. Des Weiteren ist die Verwendung von energieeffizienter Haustechnik ausrüstung z.B. LED-Beleuchtungssysteme auf den Allgemeinflächen und in den Wohnungen der Gebäudenutzer anzustreben.

Bautechnische Mittel zur Vermeidung der sommerlichen Überwärmung (gemäß ÖNORM B 8110-3: 1999) sind daher unbedingt hochwertig auszuführen.

Gegen sommerliche Überwärmung sind folgende bautechnische Mittel wirksam:

- Sonnenschutz, Einsatz von Sonnenschutzgläsern ggf. unterschiedlicher Durchlassgrad Sommer/Winter
- Raumlüftung, insbesondere Nachtlüftung - da für eine Nachtlüftung (bei Umsetzung natürlicher Konvektion) die Fenster geöffnet sein müssen, ist auf Einbruchschutz (z.B. Vergitterung der Fenster im Parterre), Schutz vor Unwetter, Insektenschutz und Schallschutz zu achten
- speicherwirksame Masse der raumumschließenden Bauteile sowie der Einrichtung
- Orientierung der strahlungsdurchlässigen Flächen

Bei der Bauausschreibung ist auf die Gebrauchstauglichkeit des Sonnenschutzes und der Nachtlüftung zu achten. Bei der Anwendung dieser Mittel muss der Nutzer mit eingebunden werden. Anmerkung: Von diesen bautechnischen Mitteln ist eine geringfügige Verringerung der Luftfeuchtigkeit nur über die Nachtlüftung möglich. Die Nachtlüftung kann in Form von natürlicher oder erzwungener Konvektion erfolgen. Gemäß diverser Literatur ist in den Nachtstunden eine Luftwechselzahl von 2,5 sicherzustellen. Dies erscheint in Klagenfurt mittels natürlicher Lüftung, aufgrund der nahezu konstanten Windstille kaum realisierbar zu sein. Demgegenüber würde eine mechanische Lüftung stehen, die bei dieser hohen Luftwechselrate vermutlich Strömungsgeräusche produzieren würde, nicht zuletzt sind auch die Investitionskosten erheblich.

Passive Kühlung ist in Klagenfurt idealerweise über das Grundwasser machbar. Ein in der Umgebung befindlicher, repräsentativer Brunnen ist laut hydrografischen Dienst vorhanden, wobei für eine konkrete, genauere Beurteilung ein Probebrunnen am Gelände Klagenfurt-Harbach gebohrt werden müsste. Die Kühlung über das Grundwasser, welches im Jahresdurchschnitt eine Temperatur von 12°C aufweist, ist für Klagenfurt-Harbach grundsätzlich möglich. Das Kühlen über den Fußboden, die Decke oder durch Betonkernaktivierung wäre grundsätzlich möglich, wobei eine Fußbodenkühlung Behaglichkeitseinschränkungen zur Folge haben könnte und auch höhere Kosten mit sich bringt. Eine Entfeuchtung ist in keinem der genannten Fälle möglich.

Zusammenfassung Vermeidung sommerlicher Erwärmung:

- Vermeidung innerer Lasten (wenig Verluste der Heizungstechnik und Haustechnik z.B. Beleuchtung)
- Vermeidung äußerer Lasten (Beschattungssysteme und dessen Bedienbarkeit)
- Nachtlüftung und dessen Bedienbarkeit
- Speicherwirksame Massen im Verhältnis zu strahlungsdurchlässigen Flächen und deren Orientierung
- Für passive Kühlung müsste ein 4-Leitersystem, ein zusätzlicher Wärmemengenzähler für die Kälte und bei Kühlung über Fußboden entsprechend verbaut werden.
- Aktives Kühlen über Fan-Coil ermöglicht auch die Entfeuchtung und wäre somit das behaglichste System

Kälteabgabesystem:					
	Behaglichkeit - Komfort	Erstinvestition	Regulierbarkeit	Entfeuchtung	Bemerkung
"bautechnische Mittel", Beschattung, Nachtlüftung	++	++	-	0/-	in guter Qualität umsetzen, unabhängig vom Kühlsystem
Fußboden passiv	- (je geringer die Kühllast, desto behaglicher)	++ (keine zusätzliche Kosten)	-	-	vermutlich kostengünstigste Lösung
Decke passiv (oberflächennahe Betonkernaktivierung)	0	--	-	-	energieeffizienteste Lösung
Fan Coils (aktiv) VL=8°C RL=14°C	+	-	+	+	behaglichste und leistungsfähigste Lösung,

Abbildung 34: Übersicht der verschiedensten Kühlmöglichkeiten

Aktive Kühlung

Durch aktive Kühlung (Temperatur des Kälteübermittlungsmediums auf bis zu $\sim 8^{\circ}\text{C}$) ist über die Kälteabgabe via „Fan-Coils“ (Gebläsekonvektoren) auch eine Verringerung des Schwüleempfindens möglich und somit nicht nur ideal für Gewerbeflächen, sondern schafft ebenso im Wohnbereich einen höheren Komfort. Neben der höheren Kälteleistung ist auch die Entfeuchtung möglich und damit für Räumlichkeiten in denen sich viele Menschen aufhalten (insbesondere Geschäftsflächen, Büroräumlichkeiten, etc.) gut geeignet. Zusätzlich sei noch das erheblich bessere Regelverhalten (schnelle Reaktion auf Raumtemperaturanforderung) genannt. Bei der aktiven Kühlung kommen zwei verschiedene Technologien zum Einsatz, wobei in diesem Bericht ein besonderer Focus auf (ab-)wärmegetriebene Kältemaschinen gelegt wird.

Aktive Kühlungsmöglichkeiten:

- Kompressionskälteanlagen
- Wärmegetriebene Kälteanlagen (Ab-/Adsorptionskälteanlage)

Kompressionskälteanlagen sind sehr etabliert, als Antriebsenergie dient energetisch hochwertiger Strom. Durch stetige technische Verbesserungen und den Einsatz moderner Kältemittel steigert sich deren Effizienz laufend. Für mehrgeschossigen Wohnbau wäre jedoch nur Wasser als Kältemittel/-verteilssystem denkbar.

Wärmegetriebene Kälteanlagen nutzen Wärme (Abwärme/solarthermische Wärme/KWK etc.) als Antriebsenergie. Hier werden die zwei Technologien Ad- und Absorptionskälteanlagen betrachtet. Erfahrungen haben gezeigt, dass Absorptionskälteanlagen mit der Stoffpaarung Wasser-Ammoniak für unseren Anwendungsfall nicht geeignet sind, diese werden nur bei Kältetemperaturen unter dem Gefrierpunkt benötigt und sind erheblich teurer. Die Absorptionskälteanlage eignet sich gut zur Einbindung in den Fernwärmeverlauf, die Adsorptionskälteanlagen können schon bei niedrigeren Temperaturen arbeiten und eignen sich somit besonders gut zur Einbindung in den Fernwärmerücklauf.

LED-Beleuchtungssysteme

Für Allgemeinflächen wie Stiegenhäuser, Verkehrsflächen, Tiefgaragen etc. sollten unbedingt LED-Beleuchtungssysteme gegebenenfalls mit intelligenter Steuerung zum Einsatz kommen. Nicht nur der Stromverbrauch und die Steuerungsmöglichkeit der Beleuchtung sind bei LED-Systemen erheblich besser, sondern auch die praktisch unbegrenzte Haltbarkeit, womit auch Wartungskosten entfallen. Der Umstand, dass diese Leuchtmittel quecksilberfrei sind, runden die Vorteile von LED-Beleuchtungssystemen weiter ab.

Energiepolitische Steuerungselemente

Um die gewonnenen Erkenntnisse auch umsetzen zu können, ist es erforderlich, energiepolitische Steuerungsinstrumente einzusetzen. Diese unterteilen sich in:

- Empfehlungen zur Anpassungen an die Kärntner Wohnbauförderung
- Empfehlungen an die Behörde (Magistrat) betr. baurechtlichen Genehmigungsverfahren (insbesondere Einhaltung der ÖNORM B 8110-3: 1999/Gebrauchstauglichkeit)
- Informationsblatt an Bauträger
- Informationsblatt an Gebäudenutzer

B.5.6.2. Livingcontainer

Das mehrfach prämierte Wohnprojekt Living Container (ein Start-Up Projekt aus ausrangierten Schiffscontainern) ist ein innovatives Projekt am Sektor „Mobiles Wohnen“. Die Errichtung sollte auf einem Grundstück in der Nähe der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt mit 96 Containern zu je 25 m² (inkl. Sanitär-, Küchen- und Schlafbereich) erfolgen.

Das Wohnprojekt Living Container wurde nach ersten positiven Verhandlungen mit dem Grundstückseigner mit 09/2016 gestoppt.

Bis zu diesem Zeitpunkt wurde im Projekt SAKS folgendes behandelt:

Ökoprofil

Der Lebenszyklus eines Living Containers wurde abgeschätzt, um eine Vergleichbarkeit mit herkömmlichen Lösungen herzustellen. Ein Ökoprofil mittels einem Ökoindikator OI3 (Kennzahl für Treibhauspotential, Versäuerungspotential, Primärenergie nichterneuerbar) und einem Entsorgungsindikator EI wurde erstellt.

Betrachtete Herstellungsphasen:

- Vorbereitung zur Weiterverwendung (Containerherstellung, Transport ins Werk und Aufbereitung der Altcontainer) mit einer Basis der Nutzungsdauer (84% fallen auf die Nutzung fürs Wohnen)
- Modulausbau (Wandaufbauten, Fenster, Innenwände ohne Gebäudetechnik)
- Errichtungsphase (Transport auf die Baustelle, Versetzen des Containers, Erstellen der Fundamente)
- Nutzungsphase (Energiebedarf Heizen/Warmwasser, Ausbesserungen an der Außenhülle. Austausch von einzelnen Bauschichten bzw. Konstruktionen nach Ablauf der Lebensdauer)
- Entsorgungsphase (Rückbau des Gebäudes, Transport der Baurestmassen zur Entsorgung/Recycling, Entsorgungs- bzw. Recyclingprozesse)

Die Bewertung ergab eine starke Sensitivität hinsichtlich der gewählten Bewertungsmethodik und der funktionalen Einheit. Wird der gesamte Lebenszyklus betrachtet, werden die größten Umweltauswirkungen von der Nutzungsphase verursacht. Das Recycling des Altcontainers am Ende des Produktlebens führt jedoch zu einer Reduktion der Umweltauswirkungen von ca. 5-8 %. Der Kennzahlenvergleich zeigt auf, dass die einzelnen Aufbauten ökologisch gesehen signifikant besser als der Durchschnitt sind, nichtsdestotrotz ist die geringe Kompaktheit nachteilig. Die thermische Hülle weist gute U-Werte auf, jedoch ist der Heizwärmebedarf signifikant höher als bei den meisten Neubauten, welcher jedoch immerhin durch die Aggregation einzelner Module zu größeren Einheiten mit einer gemeinsamen thermischen Außenhülle entgegengewirkt werden kann.

Heizung, Warmwasser und Lüftung

Der ermittelte Heizwärmebedarf betrug ca. 111,3 kWh/m²a, womit der Living Container vergleichbar einem Gebäude der Klasse C/D wäre.

Die geplante Beheizung war mittels energieeffizienten und geräuschlosen Infrarot-Heizpaneelen mit separaten Temperaturreglern geplant. Weiters war ein ideales Raumklima durch eine intelligent gesteuerte Lüftungsmechanik in Kombination mit Frischluft-Nachströmelementen, unter der Berücksichtigung von Luftfeuchtigkeit und Temperatur geplant.

Ebenso thematisiert wurde der Anschluss an das Fernwärmenetz. Über die alte Heizzentrale am Grundstück nahe der Universität, hätte ein Anschluss an das Fernwärmenetz erfolgen können und somit in das Projekt SAKS einfließen sollen.

Da das Projekt Living Container nicht realisiert wurde, wurde dieses im Rahmen von AP6 ebenfalls nicht mehr weiterbehandelt. Als Ausgleich wurden mehr Speicherstandorte – als ursprünglich im Projektantrag festgelegt – analysiert.

B.5.3. AP 7 Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Im Arbeitspaket 7 wurde eine Prüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen für Planung, Genehmigung und Errichtung eines Saisonspeichers durch Fachexperten der Energie Klagenfurt GmbH erstellt. Des Weiteren wurde geprüft ob eine Preisfestsetzung für Fernkälte verpflichtend ist und ein erster Entwurf eines Kälteliefervertrags für Kunden erarbeitet.

Rechtliche Rahmenbedingungen für die Errichtung von Langzeitwärmespeicher im Zuge des Projekts SAKS

Bei der Errichtung eines Langzeitspeichers für Abwärme, der im Sommer zum Kühlen und im Winter zum Heizen genutzt werden kann, sind die nachfolgenden rechtlichen Vorgaben bei der Errichtung zu beachten. Dabei kann es je nach Art der Ausführung (Behälter-, -Wärmespeicher, Erdsonden- bzw. Aquifer-Wärmespeicher) zu Abweichungen kommen.

Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit

(Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 - UVP-G 2000) (BGBl Nr 697/1993 idF BGBl I Nr 4/2016)

Anzuwenden für den Fall, dass eine sonstige Anlage zur Zurückhaltung oder dauerhaften Speicherung von Wasser, in denen über 10.000.000 m³ Wasser neu oder zusätzlich zurückgehalten oder gespeichert werden, errichtet werden soll (Anhang 1 Z 31 lit a zu UVP-G).

Für solche Projekte gilt das vereinfachte Verfahren iSv § 3 Abs 1 UVP-G. Die Genehmigung erfolgt dabei im konzentrierten Genehmigungsverfahren und schließt alle sonst nach bundes- und landesrechtlichen Vorschriften für die Ausführung des Vorhabens erforderlichen Genehmigungen mit ein.

Die UVP-Behörde in erster Instanz ist im gegenständlichen Fall die Landesregierung.

Wasserrechtsgesetz 1959 - WRG 1959 (BGBl Nr 215/1959 idF BGBl I Nr 54/2014)

Eine Anwendung des WRG ist abhängig von der Einwirkung der Anlage auf Gewässer (inklusive Grundwasser). Konkret Bedarf nach der ständigen Judikatur des VwGH jedes Vorhaben eine wasserrechtliche Bewilligung, bei dem nach dem natürlichen Lauf der Dinge mit nachteiligen Einwirkungen auf die Beschaffenheit der Gewässer zu rechnen ist. Sofern mit der Errichtung eines Langzeitspeichers z.B. Änderungen des Grundwassers im Zusammenhang mit Temperatur, Strömungsrichtung- und -geschwindigkeit, Höhe etc. zu erwarten sind, sind diese im Rahmen der wasserrechtlichen Bewilligung zu prüfen. Da bei der Errichtung eines Langzeitspeichers, wie im vorliegenden Fall geplant, mit einer Einwirkung auf die Temperatur des umliegenden Grundwassers zu rechnen ist, liegt eine bewilligungspflichtige Maßnahme im Sinne von § 32 WRG vor. Insbesondere handelt es sich wohl nicht über eine Einwirkung, die über den Gemeingebrauch hinausgeht.

Generalzuständigkeit in wasserrechtlichen Verfahren liegt bei der Bezirksverwaltungsbehörde, wobei diese verdrängt wird, sofern eine Sonderkompetenz für den Landeshauptmann oder den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft angeordnet wird.

Raumordnungsrecht

Kärntner Raumordnungsgesetz - K-ROG (K-LGBl Nr 76/1969 idF K-LGBl Nr 24/2016)

Kärntner Gemeindeplanungsgesetz 1995 - K-GplG 1995 (K-LGBl Nr 23/1995 idF K-LGBl Nr 24/2016)

Die Errichtung eines Langzeitspeichers kann nur auf einer als Bauland gewidmeten Fläche errichtet werden. Die zulässigen Nutzungsmöglichkeiten von Bauland sind dabei so abzustimmen, dass unter Bedachtnahme auf die örtlichen Gegebenheiten und den Charakter der jeweiligen Art des Baulandes gegenseitige Beeinträchtigungen und örtlich unzumutbare Umweltbelastungen, insbesondere durch Lärm-, Staub- und Geruchsbelästigung, sonstige Luftverunreinigungen oder Erschütterungen möglichst vermieden werden. Als zulässige Widmungskategorien für den vorliegenden Fall kommen Gewerbegebiete, Industriegebiete oder Sondergebiete in Betracht.

Für eine allenfalls notwendige Widmungsänderung ist der jeweilige Gemeinderat zuständig. Für die Rechtswirksamkeit eines Widmungsbeschlusses bedarf es zudem der Genehmigung der Landesregierung. Die zu erwartende Verfahrensdauer liegt bei etwa 12-18 Monaten.

Kärntner Bauordnung – K-BO (K-LGBl Nr 62/1996 idF K-LGBl Nr 19/2016)

Im gegenständlichen Fall ist davon auszugehen, dass eine bauliche Anlage im Sinne der K-BO vorliegt. Nach der Rechtsprechung des VwGH ist darunter eine Anlage zu verstehen, „zu deren Herstellung ein wesentliches Maß bautechnischer Kenntnisse erforderlich ist, die mit dem Boden in eine gewisse Verbindung gebracht und wegen ihrer Beschaffenheit geeignet ist, die öffentlichen Interessen zu berühren“. Beim geplanten Langzeitspeicher ist auch nicht davon auszugehen, dass dieser als Fernwärmeleitung im Sinn von § 2 Abs 2 lit d K BauO anzusehen ist, wodurch eine Zuständigkeit nach der K-BO ausgeschlossen sein würde. Von dieser Ausnahmeregelung werden lediglich Fernwärmeleitungen im engeren Wortsinn erfasst. Gebäude (=bauliche Anlage), die nicht unmittelbar der Leitungsnutzung dienen, fallen somit in den Anwendungsbereich der K-BO.

Zuständige Behörde erster Instanz ist der jeweilige Bürgermeister.

Gewerbeordnung 1994 - GewO 1994

(BGBl Nr 194/1994 idF BGBl I Nr 82/2016)

Ein Langzeitspeicher fällt unter dem gewerblichen Betriebsanlagenbegriff der Gewerbeordnung („örtlich gebundene, die der Entfaltung einer gewerblichen Tätigkeit regelmäßig zu dienen bestimmt ist“). Es ist daher eine gewerberechtliche Anlagengenehmigung notwendig. Im Rahmen dieses Genehmigungsverfahrens werden auch Auflagen erteilt, wie eine solche Anlage abzusichern ist, um Gefährdungen des Lebens oder der Sicherheit von Menschen zu verhindern. Mögliche Maßnahmen sind dabei: Umzäunung des betroffenen Gebietes, Anbringen von Warnhinweisen, Verpflichtung zu regelmäßigen Kontrollen etc.

Zur Durchführung eines Betriebsanlagengenehmigungsverfahrens ist in erster Instanz grundsätzlich die Bezirksverwaltungsbehörde zuständig.

Kärntner Naturschutzgesetz 2002 - K-NSG 2002

(K-LGBl Nr 79/2002 idF K-LGBl Nr 65/2016)

Das gegenständliche Projekt fällt unter die Bewilligungs- bzw. Anzeigepflicht nach dem allgemeinen Landschafts- bzw. Naturschutz, der im K-NSG verankert ist. Näher konkretisierte Interesse sind dabei z.B. dass das Landschaftsbild nicht nachteilig beeinflusst wird, dass der Charakter des betroffenen Landschaftsraumes oder dass das Gefüge des Naturhaushalts im betroffenen Lebensraum nicht nachhaltig beeinträchtigt werden.

Abgrabungen und Anschüttungen in der freien Landschaft, auf einer Fläche von mehr als 2000 m², wenn das Niveau überwiegend mehr als einen Meter verändert wird und ähnlich weitreichende Geländeänderungen bedürfen gem § 5 K-NSG einer naturschutzrechtlichen Bewilligung. Für diese Vorhaben darf anstelle eines Antrages lediglich eine Anzeige an die Behörde erstattet werden, sofern eine Landschaftsverträglichkeitserklärung vorgelegt wird, aus der hervorgeht, dass das Vorhaben nicht gegen die Interessen des K-NSG verstößt (§ 51a K-NSG).

Zuständige Behörde ist die jeweilige Bezirksverwaltungsbehörde.

Bundesgesetz vom 2. Dezember 1957 über die Luftfahrt (Luftfahrtgesetz – LFG)

(BGBl Nr 253/1957 idF BGBl I Nr 80/2016)

Abhängig von der Lage des Speichers (z.B. Lage innerhalb einer Sicherheitszone) liegt eine luftfahrtrechtliche Bewilligungs- bzw. Anzeigepflicht vor.

Zuständige Behörde ist der jeweilige Landeshauptmann.

Preisfestsetzung Fernkälte

Behördliche Preisfestsetzung für die Lieferung von Fernkälte

Im Rahmen des Projekt SAKS ist die Frage zu behandeln, ob die Lieferung von Kälte in den Anwendungsbereich des Preisgesetzes 1992 – PreisG (BGBl 145/1997 idF BGBl I 50/2012) fällt.

Das PreisG ermöglicht– vereinfacht gesagt– die Festsetzung von Preisen in wirtschaftlichen Krisenzeiten oder bei Versorgungsengpässen. Eine Sonderstellung nimmt dabei die Fernwärme ein. Gemäß § 3 Abs 2 PreisG kann für die Lieferung von Fernwärme sowie für die damit zusammenhängenden Nebenleistungen von Seiten der Behörde auch ohne Vorliegen der angeführten Voraussetzungen ein volkswirtschaftlich gerechtfertigter Preis bestimmt werden. Die Preisfestlegung für Fernwärme ist somit keinesfalls zwingend vorzunehmen. Es besteht lediglich eine Ermächtigung des Gesetzgebers, von der die Preisbehörde Gebrauch machen kann. Grundsätzlich unterliegt die Preisbildung für Fernwärme jedoch den Regeln des Marktes.

Die behördliche Preisfestsetzung kann auch auf einzelne Anwendungsgruppen (z.B. allgemeine Versorgung von Haushalten) beschränkt werden, während für spezielle Einsatzbereiche (z.B. nach zeitlicher Verfügbarkeit oder Temperatur) kein behördlicher Eingriff vorgenommen wird.

Für die Lieferung von Kälte besteht jedoch keine allgemeine behördliche Möglichkeit zur Preisregelung wie für die Lieferung von Wärme. Fernkälte wird vom klaren Wortlaut und vom Regelungszweck des Preisgesetzes 1992 nicht erfasst.

Für eine allgemeine Preisregelungskompetenz außerhalb von Krisenzeiten oder bei Versorgungsstörungen bedarf es – wie bereits erwähnt – einer ausdrücklichen gesetzlichen Ermächtigung. Eine solche ist im Bereich der Lieferung von Kälte nicht gegeben. Die Bestimmung in

§ 3 Abs 2 Preisgesetz, wonach für die Lieferung von Fernwärme sowie für die damit zusammenhängenden Nebenleistungen die Behörde volkswirtschaftlich gerechtfertigte Preise bestimmen kann, ist aufgrund des klaren Wortlautes nicht auf Fernkälte anzuwenden. Daran ändert auch der Umstand nichts, dass Fernkälte über die Nutzung von Fernwärme erzeugt wird.

Fernkälte ist auch keine "mit der Lieferung von Fernwärme zusammenhängende Nebenleistung". Es ist in diesem Zusammenhang der Ansicht von Raschauer (Das Preisgesetz 1992, ÖZW 1993, 33) zu folgen, der davon ausgeht, dass von einer Nebenleistung nur dann die Rede sein kann, wenn es sich um eine Leistung (nicht: Lieferung) handelt, die in einem notwendigen Zusammenhang zur eigentlichen Lieferung der Energie steht und die vom Energieversorgungsunternehmen oder in dessen Auftrag erbracht wird (z.B. Baukosten, Verbrauchsmessung, Zählerwartung). Dies deckt sich auch mit der behördlichen Praxis neben der Preisfestsetzung für die eigentliche Lieferung in Preisbescheiden auch für solche (Neben-)Leistungen Preise festzulegen. Die Lieferung von Kälte ist jedoch keine Nebenleistung der Fernwärmelieferung, sondern eine eigenständige Leistung, die losgelöst davon zu betrachten ist.

Als Ergebnis lässt sich daher festhalten, dass für die Lieferung von Fernkälte keine Möglichkeit einer allgemeinen behördlichen Preisfestlegung gegeben ist, wie dies für die Lieferung von Fernwärme im PreisG vorgesehen ist.

Kältelieferungsvertrag

Es wurde eine Vorlage für einen Kältelieferungsvertrag der Stadtwerke Klagenfurt erstellt, das Muster kann vom Anhang entnommen werden.

B.5.4. AP 8 Machbarkeitsstudie und Umsetzungskonzept Machbarkeitsstudie SAKS

Klagenfurt

Ziel des Projekts ist die Evaluierung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Erhöhung des Erneuerbaren Anteils bei der Fernwärme in Klagenfurt, insbesondere unter Nutzung der verfügbaren Abwärmequellen. Das folgende Kapitel stellt eine kurze Zusammenfassung der erfolgten Berechnungen, Untersuchungen und Studien dar.

Ein zentraler Punkt dabei ist die Erhöhung der Sommerauslastung der Fernwärme Klagenfurt durch wärmegetriebene Kühlmaschinen, welche eine Stadtregion über eine Fernkälteleitung mit Fernkälte versorgen und die großvolumige Speicherung überschüssiger Wärme vom Sommer in den Winter bzw. die Übergangszeit. Ein weiterer Punkt ist ein Niedertemperatur-Subwärmenetz für das Entwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach, welches ebenfalls durch einen Saison-Wärmespeicher ergänzt wird.

Gesamtsystem zur Nutzung der Abwärmepotenziale

Die Suche nach einem funktionierenden und passenden Gesamtsystem zur Nutzung vorhandener Abwärmequellen in einem Fernwärmesystem ist eine komplexe Aufgabe. In der Regel sollte man mit der Suche und Detailerhebung der Abwärmequellen beginnen. Je größer die Abwärmequelle und je höher das verfügbare Temperaturniveau, desto weiter kann die Quelle von der bestehenden Trasse entfernt sein, um wirtschaftlich genutzt werden zu können. Als zweiter Schritt erfolgen die Prüfung der Erschließung der Abwärmequellen im Detail und eine Überlagerung des Angebots mit dem Fernwärmebedarfsprofil. Ist die Abwärmequelle wirtschaftlich erschließbar und ergibt sich ein Überschuss an Abwärmeangebot, so sind primär Möglichkeiten zur Erhöhung des Bedarfs zu eruieren, hier insbesondere in Form von Kälteerzeugungsanlagen mit Absorptionsmaschinen. Erst darüber hinaus macht die Langzeitspeicherung von Abwärme Sinn, insbesondere aus wirtschaftlichen Gründen. Parallel dazu sollten die Möglichkeiten einer kaskadischen Nutzung der Fernwärme in Niedertemperatur-Teilnetzen untersucht werden, um die Rahmenbedingungen zur Einspeisung von Niedertemperatur-Abwärmequellen und erneuerbarer Energien zu bessern und die Wirtschaftlichkeit von Speichern zu erhöhen (siehe dazu auch verschiedene Studien wie „Dezentrale erneuerbare Energie für bestehende Fernwärmenetze“ [Bucar et al.; Schriftenreihe nachhaltig wirtschaften 2006] und „Energiedienstleistungen für die optimierte Sommerauslastung von Fernwärmenetzen zur besseren Einbindung erneuerbarer Energieträger“, [Bucar et al. 2007] etc.).

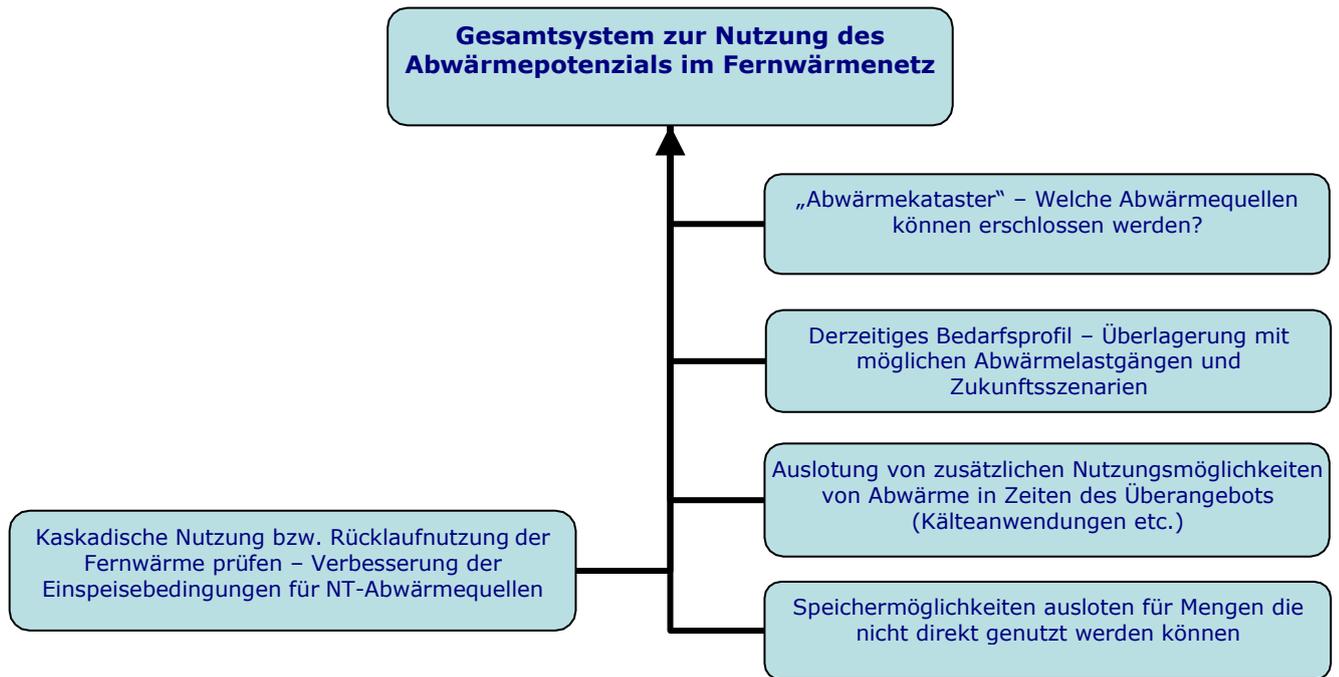


Abbildung 35: Vorgehensweise bei der Gesamtsystemsuche zur Nutzung des Abwärmepotenzials

Auf das Fernwärmegebiet Klagenfurt angewendet wurden folgende Schritte durchgeführt:

- Abwärmenutzung aus Industrie-/Gewerbebetrieben für die Fernwärmeinspeisung: Untersucht wurden zahlreiche potentielle Abwärmequellen aus Industrie und Gewerbe in Klagenfurt und Umgebung (bis St. Veit).
- Möglichkeiten zur forcierten Sommerauslastung der Fernwärme: Untersucht wurde der Einsatz wärmegetriebener Kühlung mit Fernwärme als Antriebsenergie mit eigenem Fernkältenetz im Bereich Klinikum-Klagenfurt und einem Einkaufszentrum; weitere Direktnutzungen im Gebäude- und im Prozessbereich sind denkbar, die Erhebung jedoch sehr aufwendig und war nicht Teil der Machbarkeitsstudie.
- Möglichkeiten der Speicherung von Abwärme-Überschüssen im Sommer: Untersucht wurden mehrere Typen großvolumiger Speicher fühlbarer Wärme, deren prinzipielle Realisierbarkeit und die möglichen Grundstücke dazu. Speziell wurde hier auch die mögliche Grundwasser-Beeinflussung betrachtet.
- Nutzung Niedertemperaturfernwärme im Stadt-Entwicklungsgebiet Klagenfurt-Harbach inkl. saisonaler Wärmespeicherung: Hier werden normative und technische Vorgaben und Lösungen für die Warmwasserbereitung ebenso betrachtet wie eine Optimierung der Saisonspeicher-Kapazität aufgrund eines möglichen, größeren Temperaturhubs.

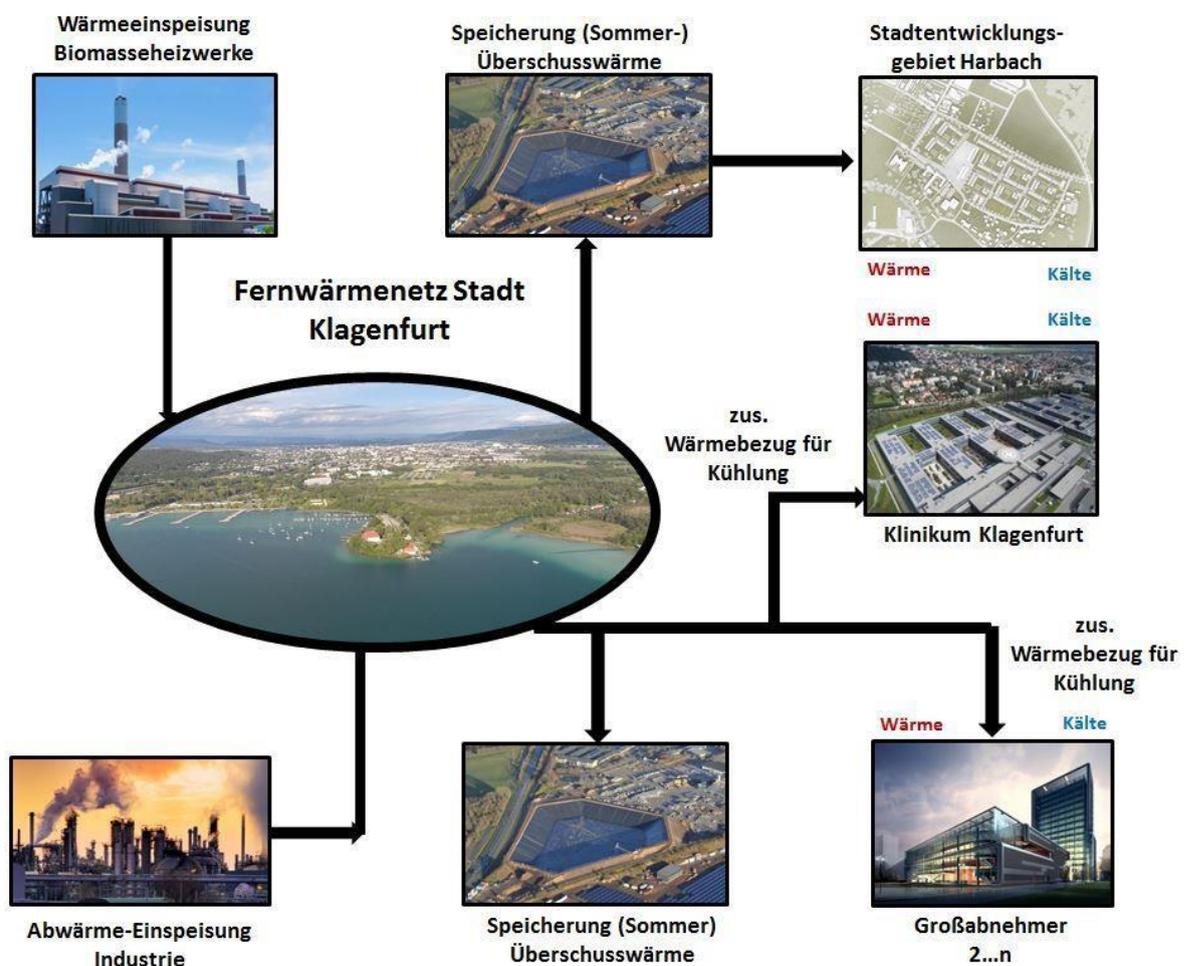


Abbildung 36: Gesamtsystem zur Verbesserung der Abwärmenutzung (Symbolhafte Darstellung)

Bei der Betrachtung des Gesamtsystems aus Fernwärmenetz, Abwärmequellen samt Direktnutzung und (Langzeit)Speicherung stellen sich folgende wesentlichen Fragestellungen:

Technisch:

- Mindesttemperaturen im Fernwärmenetz
- Distanz zum Fernwärmenetz
- Temperaturniveau der Abwärmequellen
- Wärmeleistung und zeitliches Profil der Abwärmequellen (kontinuierliche Verfügbarkeit)
- Abwärme technisch nutzbar (z.B. bei starker Verschmutzung des Abwärmestroms)
- Marktreife Technologie für Abwärmenutzung vorhanden (insb. Niedertemperaturabwärme)

Wirtschaftlich:

- Notwendige Gesamtinvestition
- Amortisationsdauer für Auskopplungsanlagen
- Wärmepreis Abwärme
- Kosten für erforderliche zusätzliche technische Einrichtungen (Wärmepumpen, Speicher, (spezielle) Wärmetauscher etc.)?
- Verfügbare Förderungen

Rechtlich:

- Vertragliche Garantien zur Abwärmelieferung und -abnahme
- Vertragsgestaltung und Schnittstelle zwischen Fernwärme- und Abwärmelieferant

Sozial:

- Akzeptanz von großen Speicherbauwerken
- Einfluss von Auskopplungsanlagen auf Betriebszeiten der Betriebe/Anlagen

Umweltauswirkungen:

- Umweltverträglichkeit von Auskopplungsanlagen und Speichern (Einfluss auf Mikroklima und Grundwassertemperatur)
- Zusätzliche Emissionen durch veränderte Betriebsweise von Anlagen durch Auskopplung (z.B. mehr Betriebsstunden um Wärmelieferverpflichtungen zu erfüllen)

Abwärmequellen:

In der Regel sind Abwärmequellen im städtischen Umfeld nicht bekannt (zumindest nicht im Detail) und daher umfangreich zu erheben. Ausgangspunkt dafür und als Anhaltspunkt für mögliche Abwärmepotenziale dient der Energiebedarf der Betriebe bzw. Anlagen (sofern verfügbar) und die Erhebung von Betrieben aus prinzipiell energieintensiven Branchen. Im Vordergrund stehen betriebliche/prozessorientierte Abwärmequellen, aus dem kommunalen Bereich sind Abwärmequellen aus Kläranlagen und Abfallverwertung möglich.

In weiterer Folge müssen die Details von möglichen Abwärmequellen erhoben werden, um die Eignung für die Einspeisung ins Fernwärmenetz prüfen zu können.

Am effizientesten dabei hat sich ein zweistufiges Verfahren herauskristallisiert. In einem ersten Schritt werden die vorab identifizierten Betriebe mit einem mehrseitigen, aber noch mit vertretbarem Aufwand (max. 15 Minuten) ausfüllbaren Fragebogen gebeten, Grobdaten zu möglichen Abwärmequellen bekannt zu geben. Der Rücklauf beträgt in der Regel nur 5-10% der angeschriebenen Betriebe, es ist daher ein Nachtelefonieren bei den Betrieben notwendig. Nach Auswertung der Fragebögen werden die Verantwortlichen der aussichtsreichsten Abwärmequellen telefonisch kontaktiert und die restlichen Details zu den Abwärmequellen abgefragt. In Klagenfurt konnte so eine Rücklaufquote von 72,4% und eine recht gute Detailtiefe erreicht werden.



Abbildung 37: Schritte zur Erhebung der Abwärmequellen

Fragestellungen bzw. Auswahlkriterien bei der Erhebung der Abwärmequellen in der ersten Stufe:

- Gleichmäßigkeit des Betriebes und Verfügbarkeit Abwärme
 - Schichtbetrieb
 - Betriebszeiten/-stunden
 - Produktionstage pro Jahr
- Überschussleistung und Menge
- Wann fällt die Abwärme an
 - Sommer/Winter
 - Abh. Von Tageszeit oder Saison?
- Temperaturniveau der verfügbaren Abwärme
 - 25-40 °C
 - 40-60 °C
 - > 60 °C

Im Vorfeld wurden 29 Betriebe im Großraum Klagenfurt identifiziert, welche potenziell Abwärmequellen haben könnten. Diese wurden per Fragebogen und Begleitschreiben kontaktiert.

In der Umfrage mit standardisierten Fragebögen wurden folgende potentielle Wärmequellen in und um Klagenfurt identifiziert aus folgenden Branchen identifiziert:

- Holzverarbeitende Industrie (außerhalb Klagenfurt)
- Metallindustrie
- Zementwerk (weit außerhalb von Klagenfurt)
- Fleischverarbeitung/Lebensmittelindustrie
- Grosswäscherei
- Halbleiterindustrie
- (Biomasse)-Heizwerke inkl. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (insbesondere Stromgeführte Anlagen) und Dampfzentralen

Bei Überprüfung auf Realisierbarkeit (Direktkontakt) verblieben 3 Betriebe:

- metallverarbeitender Betrieb: 0,4 MW Überschussleistung
- fleischverarbeitender Betrieb: 0,1 MW Überschussleistung
- Miettextilien: 3,9 MW (Trocknerabluft) Überschussleistung

Den mit Abstand größten Anteil der möglichen Abwärme liefert jedoch die Rauchgaskondensation eines Biomasse-Kraftwerkes (Überschussleistung bis zu 9 MW).

Sollte im Zuge der Erhebungen seitens der Betriebe die Frage auftauchen, zu welchen Preisen die Abwärme abgenommen werden kann, so sollte zumindest eine saisonale Abhängigkeit des Preises (Sommertarif, Wintertarif) in Erwägung gezogen werden. Für Kühlanwendungen muss aus derzeitiger Sicht der Wärmepreis im Sommer bei < 20 € pro MWh für die Abwärme liegen, um wirtschaftlich mit konventioneller Kühlung mithalten zu können. Im Winter kann der Abwärmepreis (auf Temperaturniveau jeweils größer Vorlauftemperatur der Fernwärme) bei 30 – 40 € pro MWh - je nach Verkaufspreis/Arbeitspreis im FW-Netz - liegen.

In Schweden sind bedarfs- und tagesabhängige Preismodelle, ähnlich einer Börse, in Erprobung (Fortum Värme: Open District Heating®).

Die oben genannten Werte gelten als Richtwerte ohne generelle Gültigkeit. Maßgeblich für den Abnahmepreis der Abwärme ist die Schnittstelle zwischen Abwärme-Produzent und Fernwärmeversorger. Hauptfrage mit Preiseinfluss ist: Wer trägt welche Investitionskosten und Risiken. Hier kann keine Pauschalaussage getroffen werden und muss im Einzelfall geklärt und ausverhandelt werden.

Zusammenfassend können folgende wesentliche Preiseinflüsse genannt werden:

- Wer investiert in Wärmeauskopplung und Einspeiseanlagen?
- Eigentümer der Abwärme -> höhere Wärmevergütung
- Netzbetreiber -> geringe Vergütung
- Beide in Kooperation -> je nach Anteil
- Höhe der Investitionskosten und Förderungen
- Wer trägt Ausfallsrisiko: Mengengarantie/Standortgarantie?
- Nachfrage und Angebot
- im Sommer in der Regel geringere Einspeisevergütungen als im Winter, Tagespreise – Stundenpreise?
- Temperaturniveau des Einspeisers

Steigerung des Sommerbedarfs

Im Sommer ist das Fernwärmenetz einerseits mit besonders hohen prozentuellen Wärmeverlusten behaftet und andererseits gibt es betriebliche Abwärmemengen und Abwärme aus Kraftwerken, die ungenutzt verpuffen. Diese beiden „Nachteile“ können synergiestiftend zu einander geführt und in Vorteile (für die Umwelt, für Betriebe und für die Bevölkerung von Klagenfurt) umgewandelt werden. Denn je weniger betriebliche und industrielle Abwärme verpufft, desto mehr Wertschöpfung verbleibt

in der Region. Gleichzeitig vermindert eine bessere Sommerauslastung des Fernwärmenetzes prozentuell dessen Wärmeverluste und die Nutzung als Fernkälte (in einem Subnetz) mittels Absorptionskältemaschinen reduziert den Einsatz von Kompressionskältemaschinen (= konventionelle „Klimaanlagen“) und dadurch den Stromverbrauch.

Ein Win-Win-System für Wertschöpfung, Umwelt und Gesundheit bzw. Luftreinhaltung.

Szenarien zum Speicherbedarf sind in einem Kapitel weiter unten angeführt.

Entsprechende Szenarien von Angebots- und Nachfrageentwicklung, insbesondere im Sommer, sind hier angeführt. Es wurden im Rahmen des Projektes folgende Szenarien untersucht:

Szenario 1: Anstieg des Sommerbedarfs für Kühlung in Klagenfurt (zusätzlich installierte Anlagen im Kernbereich entlang Fernwärme-Hauptleitungen; Abdeckung durch Absorptionskälteanlagen):

Szenario 1a moderat (+ 114 GWh/a im Vergleich zu 2015 bzw. + 13,2 GWh im Vergleich zu üblichem Wachstum bis 2030) entspricht + 2% pro Jahr bis 2030 zusätzlich zu Klinikum und Einkaufszentrum sowie Kühlung Gewerbe Klagenfurt-Harbach

Szenario 1b hoch (+ 127,2 GWh im Vergleich zu 2015 bzw. + 20.9 GWh/a zu 2030) – die benötigte Wärmemenge für Kühlung verdoppelt sich bis 2030 (Menge für Kühlung Klinikum, Einkaufszentrum und Klagenfurt-Harbach 2017 x 2)

Szenario 2: Zusätzlicher Fernwärmebedarf für Kühlung entsprechend Szenario 1a und zusätzlicher Bedarf durch Anteil neuer Stadtentwicklungsgebiete oder Sanierungsgebiete mit Niedertemperatur-Fernwärme in Klagenfurt:

Szenario 2a moderat (+129,8 GWh/a im Vergleich zu 2015) – nur Gebiet Neuner Areal ans Netz angeschlossen und Kühlanwendungen (Fernkältenetz)

Szenario 2b hoch (+134,9 GWh/a im Vergleich zu 2015) – Gebiet Neuner Areal und Verbraucher im Gebiet Ost; wesentlich sind hier das künftige Entwicklungsgebiet Neuner Areal (5,5 ha) und freie Flächen im Industriegebiet OST

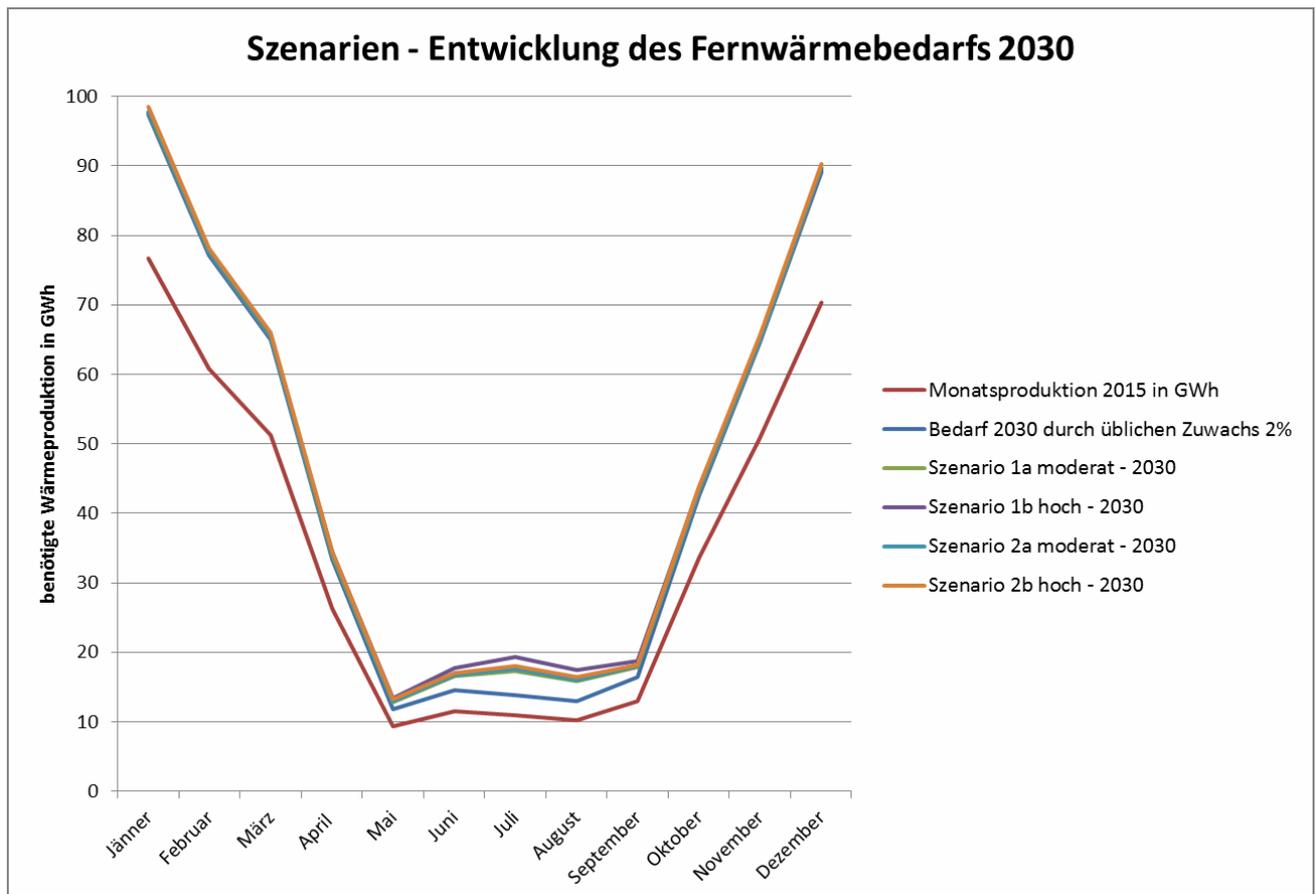


Abbildung 38: Szenarien der Bedarfsentwicklung bis 2030

Die oben dargestellten Szenarien zeigen, dass sich der Fernwärmebedarf durch Kühlanwendungen und neue Entwicklungsgebiete im Sommer im Vergleich zu 2015 nahezu verdoppeln kann.

Die ursprünglich gedachten Szenarien für die Erhöhung des Abwärmeangebotes durch zusätzliche Betriebsansiedelungen im Großraum Klagenfurt/Gewerbegebiet mit Abwärmepotenzial und zusätzliche Betriebsansiedelungen bzw. Potenzial in bestehenden Betrieben entlang neuer FW-Transportleitungen im Großraum Klagenfurt (Gewerbegebiet mit Wärmebedarf <85°C) konnte auf Grund fehlender Daten nicht durchgeführt werden. Trotz intensiver Recherche konnte kein belastbares Szenario für konkrete Betriebsansiedelungen erstellt werden. Eine Prognose zur Entwicklung der Betriebsansiedelungen gibt es mangels Daten in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee nicht. Es sind jedoch zwei große Einspeiser außerhalb Klagenfurt am Wörthersee relevant und möglich: Abwärme aus dem Industriegebiet St. Veit (bereits erhoben, siehe vorherige Kapitel) und Anschluss des Biomassekraftwerkes Liebenfels an das Fernwärmenetz Klagenfurt (geplanter Ausbau des Kraftwerkes von derzeit 18,5 MW auf 26 MW Heizleistung). Dies ist in den folgenden Szenarien und Grafik dargestellt.

Szenariendefinition Überschüsse aus zusätzlichen Einspeisern:

Szenario 3: Überschusswärme aus dem Kraftwerk Liebenfels (hier wird mangels Betriebsdaten 7,5 MW als Überschussleistung definiert – Sommer und Winter) und der Rauchgaskondensation Biomassekraftwerk OST; moderat (73,8 GWh pro Jahr); hier ist nur die Überschussleistung dargestellt, die Abnahme aus dem Regelbetrieb ist nicht enthalten.

Szenario 4: Überschusswärme aus Liebenfels, Rauchgaskond. Biomassekraftwerk OST und Industriegebiet St. Veit; Szenario hoch (256,9 GWh pro Jahr)

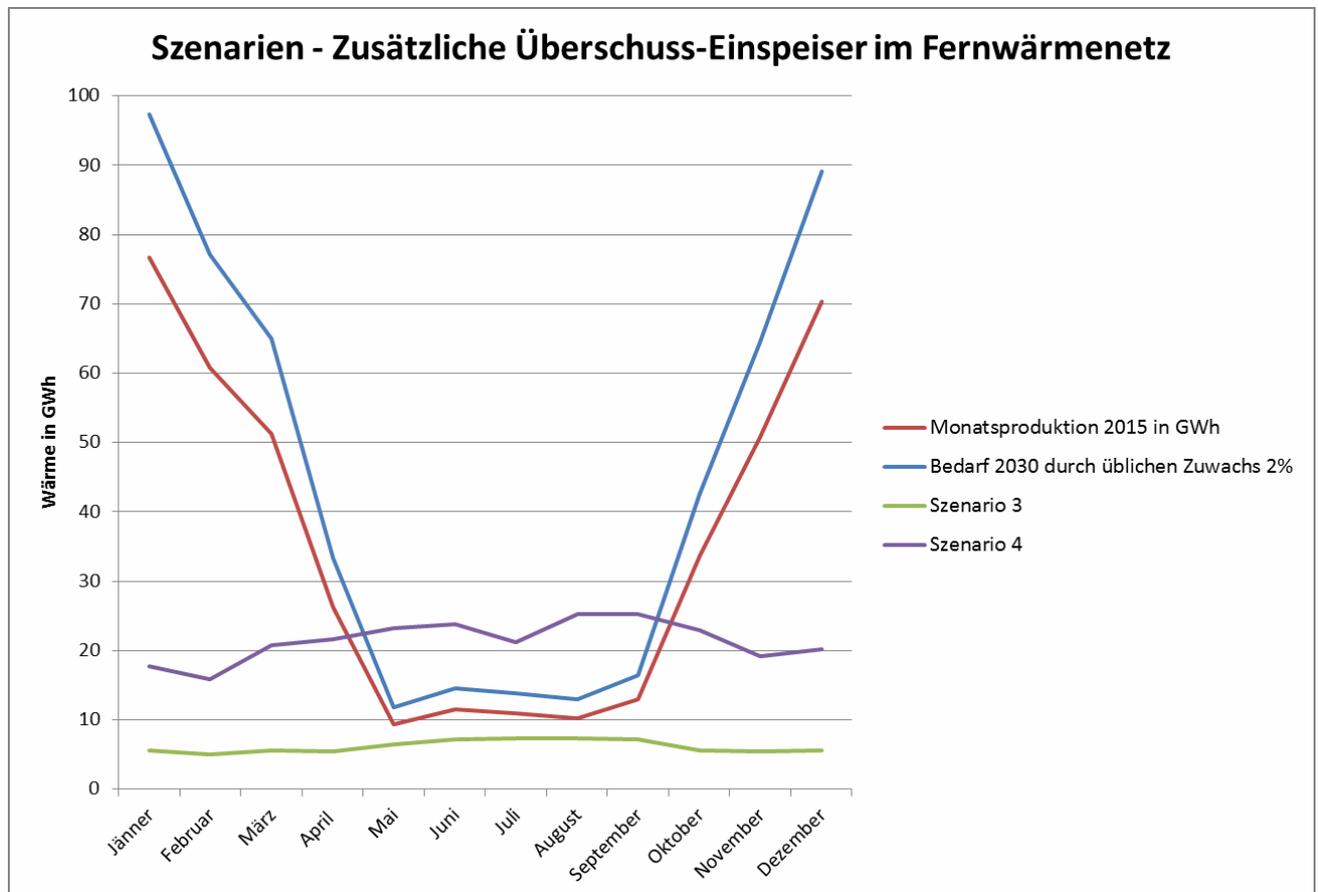


Abbildung 39: Szenarien Überschusseinspeiser

Wenn man davon ausgeht, dass der Sommerbedarf derzeit bereits zu 100% durch Wärme aus Biomasse gedeckt ist (Regelbetrieb Biomassekraftwerk Ost und Süd), so ist in beiden Szenarien erheblicher Speicherbedarf für Abwärme vorhanden.

Langzeitspeicherung

Primär gilt es die vorhandenen Potenziale an Abwärme direkt zu nutzen. Nur die Abwärmemengen, welche nicht durch z.B. erhöhte Sommerauslastung genutzt werden können, können in saisonalen Wärmespeichern gepuffert werden. Die Speicherung ist mit erheblichen Kosten, Flächenverbräuchen und Wärmeverlusten verbunden und macht nur bei sehr günstiger Abwärme wirtschaftlich Sinn.

Technologien zur Langzeitwärmespeicherung

In der Erstanalyse wurden vorab vier mögliche Speichertechnologien für thermische Langzeitspeicher betrachtet:

- **Erdsondenfelder** (abhängig von den geologischen Verhältnissen)
- **Aquifer** (reine Grundwassererwärmung – abhängig von den hydrogeologischen Verhältnissen)
- **Behälterwärmespeicher** (Druckspeicher und Drucklos möglich; in der Regel unter 15.000 m³ Volumen)
- **Erdbeckenspeicher** (abhängig von den hydrogeologischen und Boden-Verhältnissen)

Auf Grund der geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Klagenfurter Becken und den gewünschten Speichergrößen (> 1 GWh) ist als einzige mögliche Variante die Variante Erdbeckenspeicher verblieben. Die Ausführungsart (geböschte Grube oder vertikale Spundwände) muss in der Detailplanung überprüft werden. In der Regel ist – je nach Bodenverhältnissen – die Ausführung als geböschte Grube kostengünstiger, sofern das Aushubmaterial als Damm-Schüttmaterial verwendet werden kann.

Maßgebend für einen Langzeitwärmespeicher zur Einbindung in das Fernwärmenetz ist das Temperaturniveau. Das Fernwärmenetz Klagenfurt wird mit einer Vorlauftemperatur (in Abhängigkeit der Außentemperatur) von 80 bis 120°C betrieben. Die Rücklauftemperatur beträgt ca. 60 bis 63°C.

Bei einem drucklosen Erdbeckenspeicher liegt die Obergrenze der Temperatur bei 95°C. Diese wird aber zugunsten der Lebensdauer des Speichers nicht ausgereizt. Die maximale Temperatur wird dazu oft auf 80°C begrenzt (Ochs et. al., 2015). Mit entsprechenden Garantien des Folienherstellers können aber 90°C als Maximaltemperatur veranschlagt werden. Ein weiterer limitierender Faktor der verfügbaren thermischen Speicherkapazität ist die Rücklauftemperatur aus dem (Fern-)Wärmenetz. Da der Speicher nur bis auf das Niveau Rücklauftemperatur entleert werden kann, steht bei drucklosen Speichern lediglich eine nutzbare Temperaturspanne von 20 bis 40K zur Verfügung.

Besonders effizient genutzt werden können Langzeitspeicher bei Einbindung in Niedertemperatur-Netze. Diese Netze sind durch eine niedrige benötigte Vorlauftemperatur (<60°C) und niedrige Rücklauftemperaturen (<40°C) charakterisiert. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Planung (hydraulische Einbindung usw.) rechnen wir mit rund 40K Temperaturhub für den Saisonspeicher Klagenfurt-Harbach und 30K für alle anderen Saisonspeicher.

Speicherprojektierung

Eine Hauptfrage im Vorfeld der Errichtung von Erdbeckenspeichern ist die Flächenverfügbarkeit und Leistbarkeit der Flächen für diese Art der Nutzung (neben Widmungs- und Raumordnungsfragen). In der Regel scheidet daher Flächen im Kernbereich von Städten aus. Nebenbedingung ist allerdings für große Speicher, dass eine genügend leistungsfähige (Haupt-)Fernwärmeleitung in unmittelbarer Nähe (max. ca. 1 km Abstand im Freiland) der verfügbaren Fläche ist.

Es macht Sinn, die Suche nach geeigneten Grundstücken am Stadtrand im Bereich der Hauptfernwärmeleitungen (z.B. Zuleitungen von Heizwerken) zu beginnen und primär Flächen zu betrachten, welche bereits im Besitz der Stadt oder des Energieversorgers sind und idealerweise auch bereits die Nutzung als Bauland (Gewerbegebiete, Industriegebiete oder Sondergebiete) aufweisen. Ein notwendiger Ankauf kann die Suche nach geeigneten Speicherstandorten verkomplizieren und verteuern. In der Regel ist die Suche nach dem geeigneten Standort für thermische Großspeicher schwierig und langwierig.



Abbildung 40: Schritte zum Standort eines thermischen Langzeitspeichers

Bei der Wahl des Grundstückes sind nahezu quadratische Grundstücke vorteilhafter (besseres A/V Verhältnis des Speichers). Die Dammhöhe ist auch aus technischer Sicht begrenzt. Wenn das Aushubvolumen gleich dem Dammvolumen ist, so ist der Zusammenhang zwischen Dammhöhe und Aushubtiefe nahezu exponentiell. In der folgenden Grafik ist der Zusammenhang beim Beispiel „Speicher Klagenfurt-Harbach“ dargestellt.

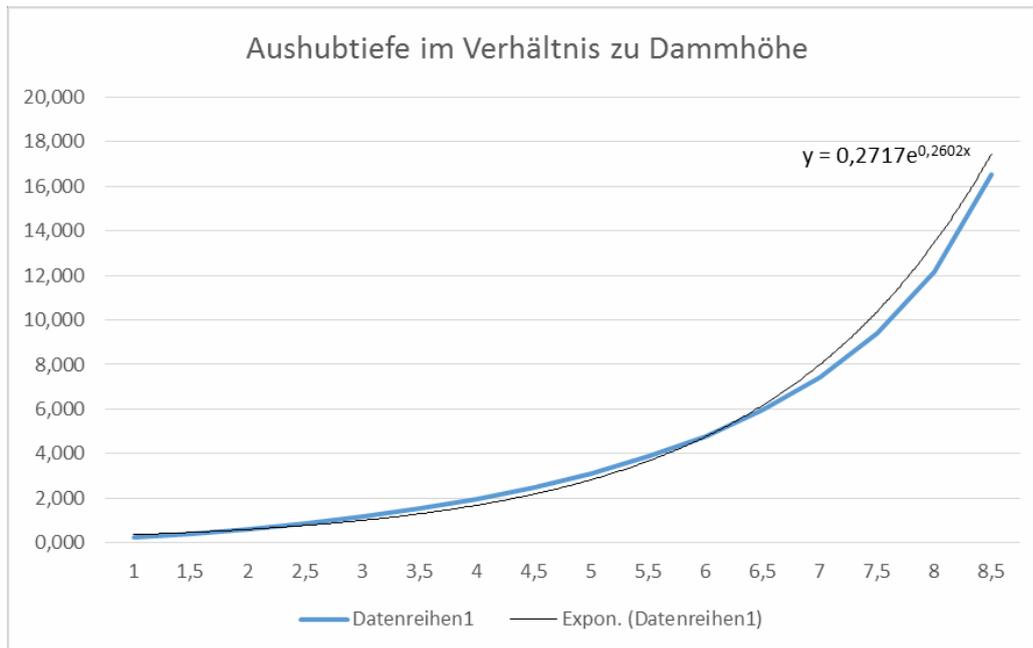


Abbildung 41: Zusammenhang zwischen Dammhöhe und Aushubtiefe, Speicher Klagenfurt-Harbach

Das Wasservolumen hängt wiederum direkt mit der Dammhöhe zusammen (annähernd linearer Zusammenhang). Das Speichervolumen ist damit an einem bestimmten Standort nicht nur durch äußere Randbedingungen wie Grundwasserschichten, sondern auch durch die sinnvolle und mögliche Aushubtiefe begrenzt (jeweils unter der Voraussetzung, dass das Dammvolumen gleich dem Aushubvolumen ist).

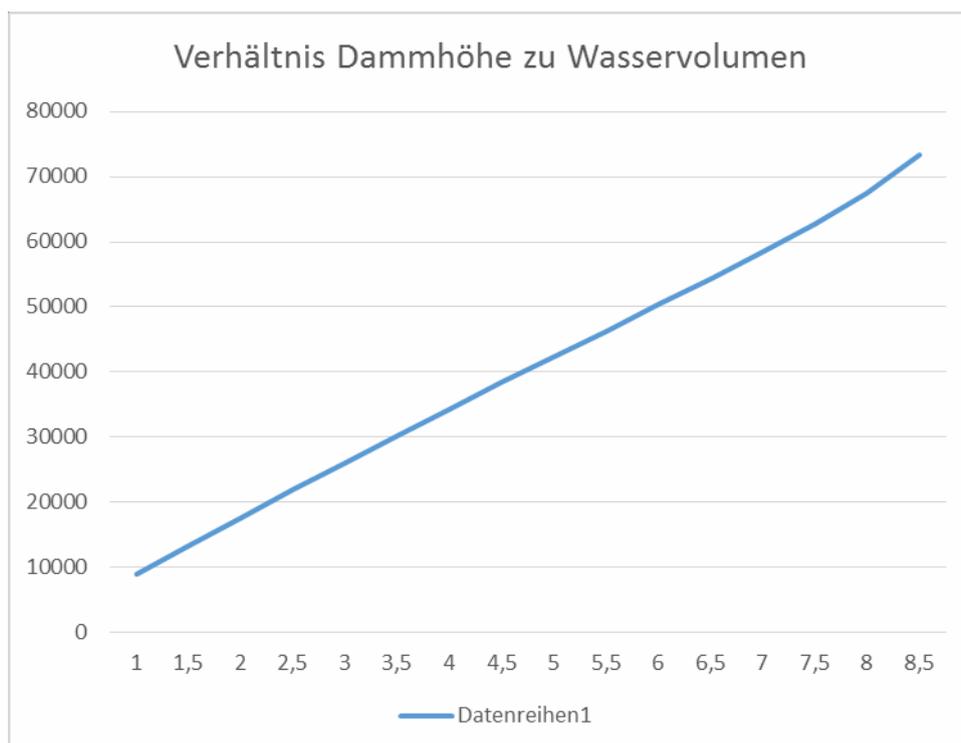


Abbildung 42: Verhältnis Speichervolumen und Dammhöhe, Speicher Klagenfurt-Harbach

Zusammenfassung der auftretenden wichtigen Fragestellungen im Zuge der Standortermittlung:

TECHNISCH:

- Verfügbare/ausreichende Leitungskapazität im Bereich des Speichers
- Temperaturniveau im Fernwärmenetz und Speicher (zumindest in der Nutzungszeit des Speichers)
- Hydrologie und Geologie: Baugrundeigenschaften, Grundwasserführende Schichten
- Zusätzliche Technik notwendig zur Abwärmenutzung und Speichernutzung (z.B. Wärmepumpen etc.)
- Dämmstandard des Speichers (auch abhängig von Hydrogeologie und Wirtschaftlichkeit)
- Wahl des Speichersystems und der technischen Einrichtungen zur Auskopplung und Wärmeentnahme aus dem Speicher
- Optimierung des Verhältnisses Wasservolumen/Oberfläche
- Berechnung der Speicherverluste
- Einfluss auf Grundwasserströme WIRTSCHAFTLICH:
- Kosten der zu speichernden Wärme
- Anbindungskosten (z.B. zusätzliche Fernwärmeleitungen)
- Kosten für Grunderwerb/Umwidmungen/Rechtskosten
- Einfluss von Speichersystem, Dämmstandard und Baugrundeigenschaften samt Zufahrtsmöglichkeiten auf die Baukosten
- Baukostenermittlung auf Basis technischer Machbarkeitsstudie
- Kosten für technische Maßnahmen zur Wärmeentnahme aus dem Speicher und der Auskopplung

RECHTLICH:

- Bestehende Wasser- und Eigentumsrechte, sonstiger Rechte und Servitute
- Umweltverträglichkeit gemäß UVP-G 2000
- Geeignete Widmung nach Raumordnungsgesetz
- Entspricht der Speicher der Bauordnung
- Bei Standorten innerhalb von Luftfahrt-Sicherheitszonen: Bewilligung bzw. Anzeige gemäß Luftfahrtgesetz
- Gewerbliche Anlagengenehmigung
- Naturschutz

SOZIAL:

- Akzeptanz der Anrainer erreichen -> Geländeänderungen so gering wie möglich gestalten, Dammhöhe geringhalten und begrünen, keine Verschattung von Nachbargrundstücken, Baustellenverkehr nicht durch Wohngebiete etc.
- Kundenakzeptanz: Speichererrichtung sollte kein Kostentreiber für den Fernwärmepreis sein
- Kein Einfluss auf Mikroklima (insbesondere im Sommer) und Trinkwasser UMWELT:
- Durch Abwärmenutzung grundsätzlich positiver Einfluss, insbesondere wenn fossile Energieträger ersetzt werden können
- Einfluss auf Grundwasser und Mikroklima durch technische Maßnahmen minimieren

Standortfindung in Klagenfurt am Wörthersee:

Als Basis für die Standortfindung in Klagenfurt diente ein Abstimmungsgespräch am 24.11.2016 zwischen den Projektpartnern. Dabei wurden aus mehreren möglichen Standorten die 4 theoretisch möglichen Speicherstandorte, die Speicherkapazität und die Nutzung abgestimmt. Es zeigte sich, dass die möglichen Flächen im Stadtbereich sehr begrenzt sind.

Die tatsächliche Bestimmung der Speicher-Geometrie erfolgte mittels einer Excel-gestützten Berechnung unter Berücksichtigung von Grundstücksgeometrie, Randabstand, Damm, Böschungswinkel (BW), Breite der Dammkrone, Reservehöhe Damm in % (H2), Dammhöhe H und Aushubtiefe t.

Zur Minimierung der Erdbewegungen und Transportkosten sollte das Aushubvolumen dem Dammvolumen entsprechen.

Im Rahmen des Projektes wurde hierfür ein Tool zur Vorprojektierung von großen Erdbeckenspeichern entwickelt und angewendet.

Als Ergebnis liegen vier mögliche und vordimensionierte Speicherstandorte vor. Beim Speicherstandort OST und Klagenfurt-Harbach sind noch weitere Varianten in näherer Umgebung möglich, sind hier aber nicht dargestellt, da sie der ursprünglichen Variante sehr ähnlich sind und keinen Mehrwert im Vergleich zur dargestellten Variante bieten.

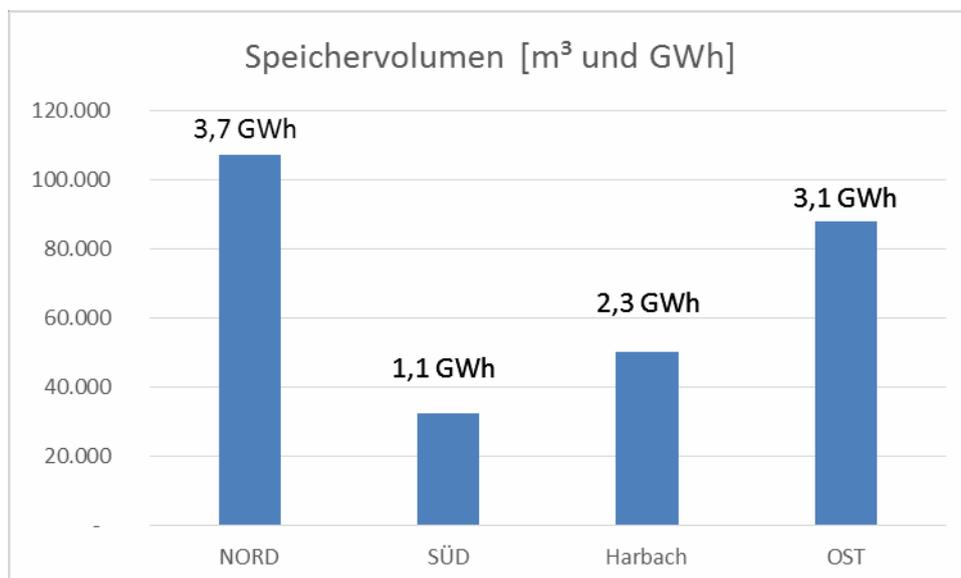


Abbildung 43: Übersicht Speichergrößen thermische Langzeitspeicher

Im Folgenden werden die möglichen Langzeitspeicher kurz dargestellt:

Speicherstandort Nord (Erdbeckenspeicher)

Speicherkapazität in GWh (Sollwert):	5
Nutzbarer Temperaturhub (K):	30
Tatsächliche Speicherkapazität (GWh):	3,73
Notwendiges Speichervolumen (m ³):	144.000
Dammhöhe (m):	8
Aushubtiefe (m):	7,08
Tatsächliches Wasservolumen (m ³):	107.152
Wasserfläche (m ²)	10.679,0
Oberfläche Abdichtung (m ²)	14.394
Investitionskosten (Mio. €):	2,6

Ziel dieses Speichers ist es Abwärme in der Übergangszeit im Norden von Klagenfurt für Emmersdorf und 2 Kasernen zwischen zu speichern. Der Wärmebedarf beträgt rund 5 MWh pro Jahr (FW-VL- Temperatur von 96°C bei +6°C Außentemperatur). Das potentielle Grundstück befindet sich auf 450,7m Seehöhe.

Speicherstandort Süd (Erdbeckenspeicher)

Speicherkapazität in GWh (Sollwert):	3,0
Nutzbarer Temperaturhub (K):	30
Tatsächliche Speicherkapazität (GWh):	1,13
Notwendiges Speichervolumen (m ³):	86.000
Dammhöhe (m):	5,3
Aushubtiefe (m):	5,0
Tatsächliches Wasservolumen (m ³):	32.336
Wasserfläche (m ²)	4617
Oberfläche Abdichtung (m ²)	6435
Investitionskosten (Mio. €):	1,1

Ziel des Speichers ist es Abwärme der Rauchgaskondensation des Biomassekraftwerkes Ost einzuspeichern. In den Sommermonaten, wo die zusätzliche Leistung der Rauchgaskondensation nicht benötigt wird, kann diese als Abwärme angesehen werden. Der Speicher soll in den Sommermonaten beladen und im Herbst entladen werden. Das Gelände befindet sich auf 437,7m Seehöhe. Grundwasser befindet sich in einer Tiefe von 2 bis 5m unter Niveau.

Die Realisierung erscheint auf Grund der Rahmenbedingungen nicht realistisch.

Der Speicher Süd (mit nur 1,11 GWh der kleinste der 4 Speicher) ist auf Grund des sehr hohen Grundwasserspiegels technisch und wirtschaftlich am schwierigsten zu realisieren und hat die geringste Umsetzungswahrscheinlichkeit.

Speicherstandort bei Klagenfurt-Harbach (Erdbeckenspeicher)

Speicherkapazität in GWh (Sollwert):	2,1
Nutzbarer Temperaturhub (K):	40
Tatsächliche Speicherkapazität (GWh):	2,33
Notwendiges Speichervolumen (m ³):	45.000
Dammhöhe (m):	6
Aushubtiefe (m):	4,79
Tatsächliches Wasservolumen (m ³): Wasserfläche (m ²)	50297
Oberfläche Abdichtung (m ²)	6673
Investitionskosten (Mio. €):	8931
	1,56

Der Saisonspeicher Klagenfurt-Harbach könnte bei gleicher Bauart wie bei den übrigen Standorten ggf. ca. doppelt so günstig Wärme speichern. Der Einfluss des möglichen Temperaturhubs ist ausschlaggebend. Bei spezifischen Kosten von derzeit rund 31,-- € pro m³ Wasseräquivalent eines Erdbeckenspeichers (Erfahrungswert aus „Store4Grid“ bzw. eigene Kostenschätzung) bedeutet das bei den veranschlagten 40K nutzbarem Temperaturhub 46,52 kWh/m³ (40K x 1,163 kWh/tK) bzw. ein spez. Wärmekapazitätspreis von ca. 667 € /MWh. Bei theoretisch möglichen 58 K nutzbarem Temperaturhub (-> 67,45 kWh/m³) entspricht dies einem spez. Wärmekapazitätspreis von ca. 460 €

/ MWh. Das heißt, wenn in der Detailplanung eine Erhöhung des Temperaturhubs möglich wird, kann sich das sehr positiv auf den Gesamtpreis des Saisonspeichers auswirken.

Der Wärmebedarf des Siedlungsgebietes Klagenfurt-Harbach wurde mit 4,12 GWh pro Jahr berechnet (Energiekonzept Klagenfurt-Harbach). Die Gebäudetechnik wird für den Anschluss an ein Niedertemperaturfernwärme-System projektiert. Die Systemtemperaturen auf der Versorgungsseite betragen dabei 58/38°C. Als weiterer Abnehmer könnte theoretisch das Stadtgartenamt fungieren. Dieses hat einen Wärmebedarf von ca. 480 MWh (400 kW Anschlussleistung). Die Auskoppelung aus dem Speicher könnte mit ca. 63°C Vorlauf erfolgen. Dieses Temperaturniveau wäre für Klagenfurt- Harbach hoch genug – für das Stadtgartenamt könnte geringfügig mittels eines bestehenden Gaskessels nachgeheizt werden.

In Abbildung 44 ist der monatliche Wärmebedarf des Stadtentwicklungsgebietes Klagenfurt-Harbach und des Stadtgartenamtes dargestellt. Von Mai bis September wäre ein verfügbares Abwärmepotential innerhalb des bestehenden Fernwärmenetzes von 2,06 GWh verfügbar, diese Wärmemenge könnte eingespeichert werden. Die Objekte könnten damit bis ca. Ende Dezember mit eingespeicherter Abwärme versorgt werden.

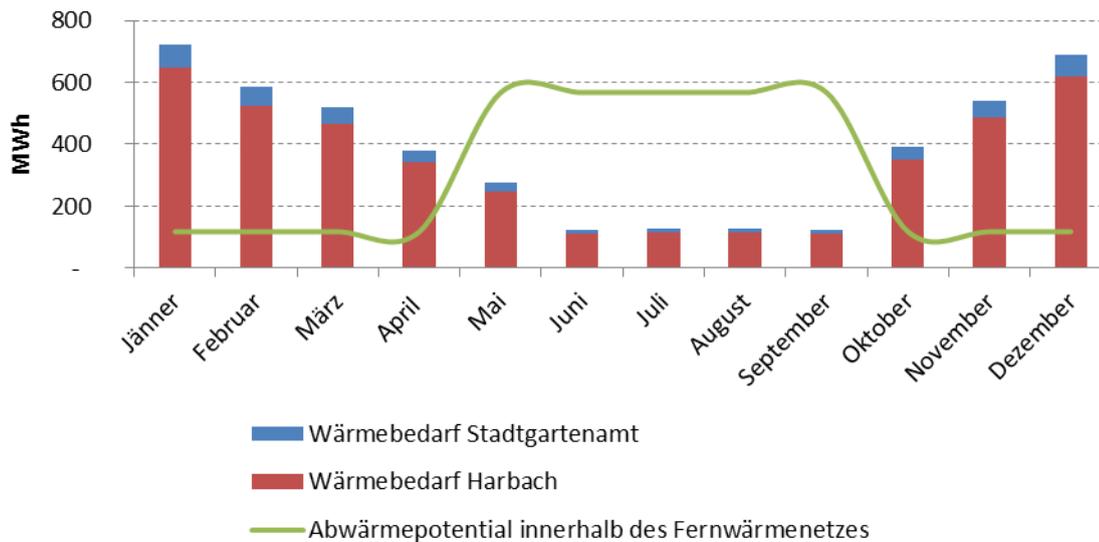


Abbildung 45: Wärmebedarf Klagenfurt-Harbach und Stadtgartenamt sowie verfügbares Abwärmepotential innerhalb des Fernwärmenetzes

Das Gelände befindet sich im Bereich des Speichers auf 434,8m Seehöhe. Der Grundwasserkörper befindet sich in diesem Bereich in einer Tiefe von 5-10m.

Laut Stadtgartenamt soll der Speicher mit Arbeitsgeräten befahrbar sein, damit würden die Kosten jedoch deutlich ansteigen (zur exakten Kostenermittlung ist eine Detailplanung in diesem Fall nötig).

Speicherstandort Ost (Erdbeckenspeicher)

Speicherkapazität in GWh (Sollwert):	3,0
Nutzbarer Temperaturhub (K):	30
Tatsächliche Speicherkapazität (GWh):	3,06
Notwendiges Speichervolumen (m ³):	86.000
Dammhöhe (m):	7,29
Aushubtiefe (m):	5,0
Tatsächliches Wasservolumen (m ³):	88.050
Wasserfläche (m ²) Investitionskosten (Mio. €):	10.075 2,33

Ziel dieses Speichers ist es Abwärme der Rauchgaskondensation des nahe gelegenen Biomassekraftwerks Ost einzuspeichern. In den Sommermonaten, wo die zusätzliche Leistung der Rauchgaskondensation nicht benötigt wird, kann diese als Abwärme angesehen werden. Sollte aus betriebstechnischen Gründen auch Überschusswärme aus dem Kessel vorhanden sein. Der Speicher soll in den Sommermonaten beladen und im Herbst entladen werden. Das Gelände befindet sich auf 428,3m Seehöhe. Problematisch ist in diesem Bereich der seichte Grundwasserkörper. Dies befindet sich in einer Tiefe von 5 bis 10 m unter Niveau.

Die Aushubtiefe wurde so gewählt, um mit der Fundamentunterkante des Speichers über dem Grundwasserkörper zu bleiben. Dadurch werden unnötige Wärmeverluste vermieden und der Einfluss auf den Grundwasserkörper reduziert.

Die nahezu quadratische Auslegung wirkt sich positiv auf das A/V-Verhältnis aus. Aufgrund der Größe des Grundstücks wäre theoretisch ein Speicher mit 6,7 GWh machbar. Weitere Standorte in unmittelbarer Nähe sind denkbar, sind jedoch nicht im Eigentum der EKG bzw. Stadt Klagenfurt und wurden daher nicht näher betrachtet.

Richtkosten Langzeitspeicher

Vorbemerkung: Die Wärmekapazität (und damit letztlich auch der tatsächliche kWh-Preis der Wärmekapazität) von Langzeitspeichern hängt u.a. von der nutzbaren Temperaturdifferenz des Speichers ab. Durch Optimierung der Entladetechnik, der Hydraulik und der dezentralen Warmwasserbereitung könnten ggf. deutlich höhere Temperaturdifferenzen (bei Speicher- T_{max} 90°C und T_{min} (=RL vom Subnetz Klagenfurt-Harbach) von 32°C bis max. 58K und damit große preisliche Optimierungspotentiale genutzt werden.

Die spezifischen Investitions-Kosten für einen Langzeit-Wärmespeicher werden hauptsächlich von der Größe, von den Bodeneigenschaften (Bodentyp, Existenz von Grundwasser), durch die Form (Zylinder/Vertikale Wände oder geböschte Grube) und durch das Niveau der Wärmedämmung (nur schwimmende Abdeckung oder Wand und Boden-Dämmung) beeinflusst. Ist Grundwasser in unmittelbarer Nähe des Speichers (wenige Meter Abstand), so ist bereits aus hygienischer Sicht eine Dämmung zum Erdboden hin erforderlich, welche mit hohen Kosten verbunden ist. Ansonsten könnte im Nahbereich die Grundwassertemperatur über 20-25°C ansteigen und eine Verkeimung zur Folge haben. Die Wärmedämmung des Bodens hat je nach Oberflächen/Volumsverhältnis einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten.

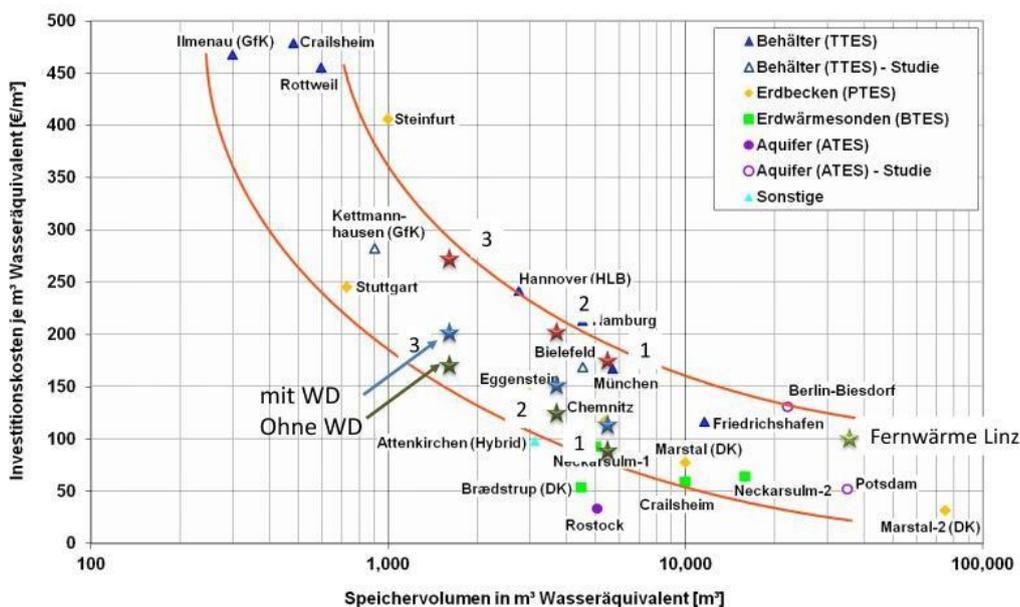


Abbildung 46: Spezifische Investitionskosten (ohne Planung und MwSt.) der untersuchten Wärmespeicher im Vergleich zu realisierten Projekten (Quelle: Projekt Store4Grid)

Die optimale Wärmedämmung des Speichers ist im Einzelfall zu ermitteln. Je kleiner der Wärmespeicher ist und je höher die Wärmeleitfähigkeit des Bodens ist (und/oder je näher der Boden an der grundwasserführenden Schicht ist), desto wirtschaftlich vorteilhafter ist die Wärmedämmung. Im Falle einer relativ geringen Wärmeleitfähigkeit von 1 W/(m K) (und in Abwesenheit von Grundwasser) ist die Verringerung der Wärmeverluste durch die Wärmedämmung so gering, dass eine Wärmedämmung von Wand und Boden nicht weiter gerechtfertigt ist (Ochs, 2015). Anders jedoch verhält es sich, wenn sich der Erdbeckenspeicher im Grundwasser bzw. nahe dem Grundwasser befindet. In diesem Fall ist eine Wärmedämmung jedenfalls notwendig (Wärmeverluste um ein vielfaches höher). In Abbildung 47 sind Investitionskosten für Großwärmepumpen dargestellt, die in Kombination mit einem Langzeitspeicher in einem Fernwärmenetz zum Einsatz kommen könnten bzw. erforderlich sind, wenn das Temperaturniveau des Einspeisers zu gering ist

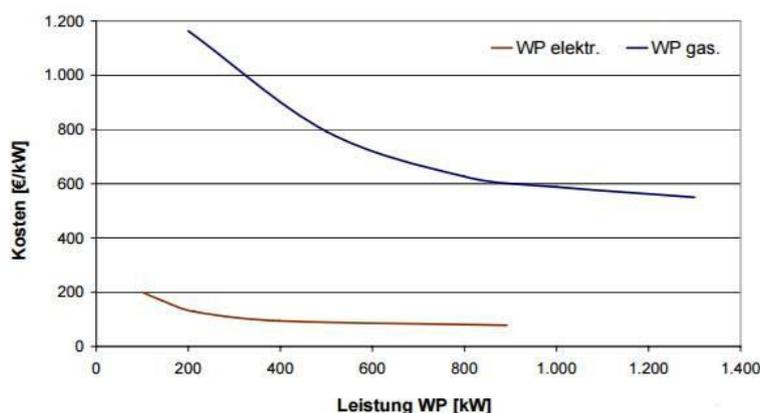


Abbildung 48: Investitionskosten für Großwärmepumpen (Quelle: IEA)

Anmerkung: wärmegetriebene Großwärmepumpen im Leistungsbereich 1-3 MW kommen lt. Herstellerbefragung der GEA (Juli 2017) auf einen Systempreis pro kW (Kühlleistung) von 121.-€ bis 246.-€ mit nassem, und 187.- bis 312.- mit trockenem (adiabatischem) Kühlturm (Quellen: CJI, Trane, Jägi, UCC, Kühlturm Karlsruhe). Also im gleichen bis max. ca. dem 3-fachen Preisniveau der elektrischen Großwärmepumpen. Die Preisspanne sind sehr groß und müssen im Einzelfall in der Detailplanung geprüft werden.

Kühlung

Primäres Ziel ist Abwärme direkt zu nutzen wenn sie anfällt. Da in der Regel im Sommer ein Überschuss an Wärme vorhanden ist, liegt eine Nutzung in Form von Kälteerzeugung (Kältemaschinen mit thermischem Antrieb – in der Regel Absorptionsmaschinen) nahe. Für thermische Antriebe von Kältemaschinen ist jedoch die Höhe der Vorlauftemperatur im Sommer von entscheidender wirtschaftlicher Bedeutung und es ist eine sehr hohe Wärmeleistung im Leitungsnetz notwendig. Die Absorptionsmaschinen sollten daher im Bereich von Hauptleitungen mit möglichst hohen Vorlauftemperaturen im Sommer situiert werden und ausreichend Platz für die Rückkühler vorhanden sein (Größere Rückkühler erforderlich im Vergleich zu Kompressionskältemaschinen). Weiters sollten die Abnehmer in der Nähe liegen (die Errichtung von Kältenetzen ist auf Grund der größeren Leitungsdimensionen teurer als die von Wärmeleitungen).

Anbieter Absorptionskältemaschinen:

Im Zuge des Projektes wurden Recherchen zu möglichen Anbietern von Absorptionskältemaschinen mit Fernwärme als Antriebswärme durchgeführt. Die Recherche ergab, dass die Anlagen in der Regel mit höheren Temperaturen ausgelegt sind, als es im Fernwärmenetz im Sommer der Fall ist. Der Betrieb mit niedrigeren Antriebstemperaturen (mind. 55°C bei kleineren Anlagen, in der Regel $\geq 75^\circ\text{C}$ im höheren Leistungsbereich $> 500 \text{ kW}$) ist aber in der Regel möglich, muss aber mit dem Anlagenhersteller im Detail abgestimmt werden. Die Antriebstemperatur hat wesentlichen Einfluss auf die Kosten und Abmessungen der Anlagen, jedoch wenig Einfluss auf die Effizienz der Anlagen.

Im Folgenden ein kurzer Überblick über mögliche Anbieter von passenden Absorptionskälteanlagen und deren typische Leistungsbereiche (ohne Anspruch auf Vollständigkeit, Sonderlösungen möglich):

Hersteller	verfügbarer Leistungsbereich	Antriebstemperatur
Johnson Controlls (Hitachi, York)	20 - 4.800 kW	80- 160°C
TRANE	35 - 6000 kW	75 - 140°C
Thermax	60 - 3.380 kW	75 - 120°C
AHI Carrier	80 - 4.000 kW	80 -110 °C
Broad	85 - > 10.000 kW	> 85 °C
Baelz	50 -160 kW	55 °C
EAW Anlagen	15 - 250 kW	> 86 °C
Yazaki	17 - 700 kW	70 - 95 °C

Abbildung 49: Anbieter Absorptionskältemaschinen, mögliche Antriebsenergie = Fernwärme

Es wurden von einigen Herstellern bereits Referenzanlagen installiert, insbesondere für das Fernkältenetz in Wien.

Als Richtpreise wurden folgende Anlagenkosten ermittelt:

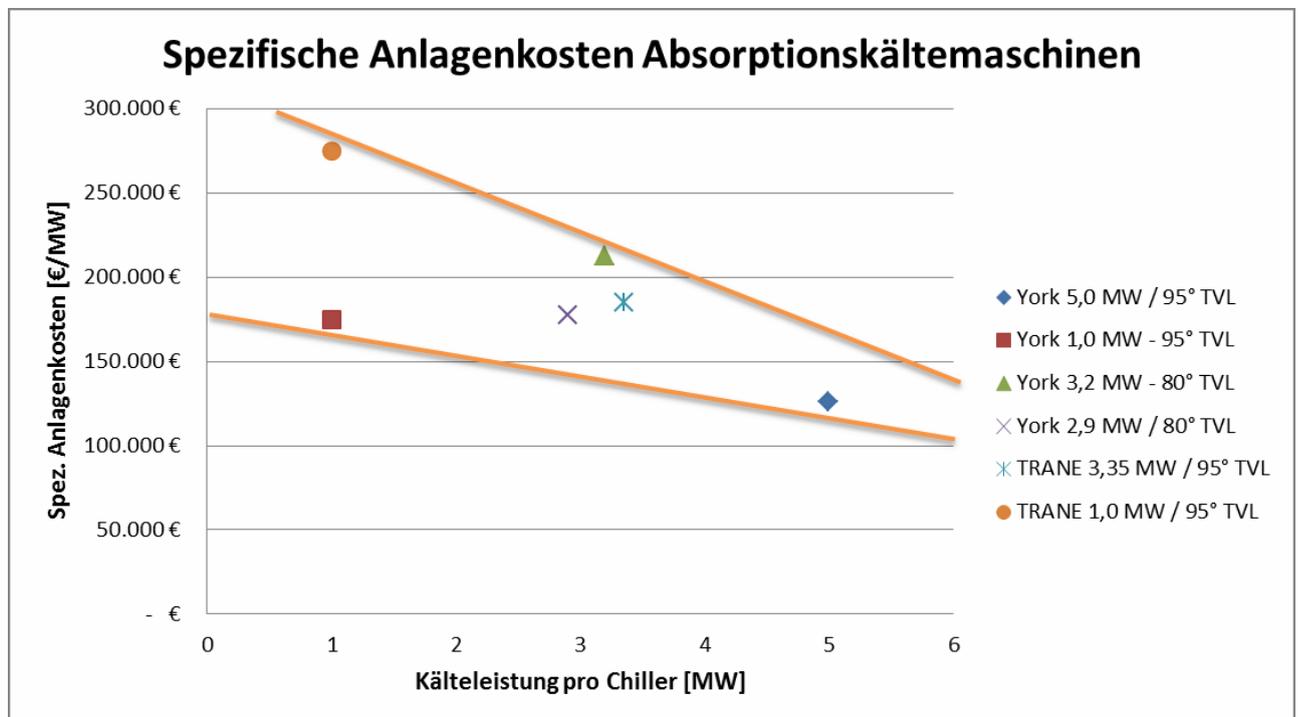


Abbildung 50: Bandbreite der spezifischen Anlagenkosten Absorptions-Chiller (inkl. Installation; Richtpreise; LiBr/Wasser Anlagen)

Fragestellungen bei der Erhebung von Kühlungsanwendungen mittels Absorptionsmaschinen:

TECHNISCH:

- Trocken-, Naß- oder Hybridkühltürme (abhängig von den zulässigen Rahmenbedingungen wie z.B. Hygienevorschriften, Auslegungsparameter Kältemaschinen)
- Lärmschutz für Anrainer (Lärmemission Kühltürme)
- Statische Gegebenheiten des Aufstellungsortes (Absorptionsmaschinen und Kühltürme)
- Verfügbare Vorlauftemperatur Fernwärme im Sommer bzw. in Zeiten des Kühlbedarfs
- Leitungsquerschnitt, Durchflussmenge und Druckverhältnisse bei der Fernwärmeleitung im Bereich Kältemaschine
- Wahl der geeigneten Kältemaschine

RECHTLICH

- Zutrittsrechte
- Gewerberechtliche Genehmigung
- Vertragsgestaltung Kälteliefervertrag

SOZIAL

- Konsens mit Anrainern – ev. zus. Schallschutzmaßnahmen (Rückkühler) erforderlich

UMWELT

- Positiv: Anteil der erneuerbaren Energie steigt, wenn Abwärme und Biomasse-Wärme eingesetzt wird
- Negativ: Mögliche Lärmemissionen, Veränderung Mikroklima durch Rückkühler

In Klagenfurt am Wörthersee konnten geeignete große Kälteabnehmer identifiziert werden.

Im Bereich zw. Klinikum Klagenfurt und Einkaufszentrum könnten insgesamt 10 MW Kühllast über ein Fernkältenetz verteilt und genutzt werden, deren „Erzeugung“ mittels Sommerfernwärme als „Antrieb“ von Absorptionskältemaschinen erfolgen könnte. Dadurch könnte die Sommerlast der Fernwärme Klagenfurt sinnvoll angehoben und gleichzeitig könnten ursprünglich konventionelle Kompressorkältemaschinen für Klimatisierung und Kühlung ersetzt werden.

Die Hauptabnehmer der Kälte sind das Klinikum und ein Einkaufszentrum mit 4 MW Kältebedarf. Beim Übergabepunkt Klinikum sollte außerdem eine 1 MW Kühlmaschine durch eine Absorptionskältemaschine ersetzt werden und Redundanzkapazitäten in Höhe von 4 MW erhalten bleiben.

Rahmenbedingungen vor Ort – Klinikum Klagenfurt am Wörthersee

Die zentrale Kälteversorgung wird durch eine Ringleitung (6°/12°C) sichergestellt (8,8 MW_{th} für Medizintechnikgeräte, Lüftungsanlagen, Server- und Raumkühlungen). Die Rückkühlung erfolgt mittels luftgekühlten Hybridrückkühlern (am Dach der Energiezentrale). Das ELKI (Eltern-Kind Zentrum, 1,7 MW Kühlleistung) wird autonom versorgt und daher nicht weiter betrachten.

Aus hygienischen Gründen (Legionellengefahr bei Nasskühltürmen) werden Hybridkühler vorgesehen. Bei dieser Technologie wird mittels Zwangskonvektion (Luftvolumenstrom) gekühlt und gleichzeitig wird aufbereitetes (chem. oder durch UV-Licht) Wasser fein aufgesprüht (VDI 2047 - Hygiene bei Rückkühlwerken – beachten!). Die Nutzung der Glan zur Rückkühlung musste aus Umweltgründen verworfen werden.

Situierung der Anlagen

Hydraulische und regelungstechnische Einbindung in das Fernwärmenetz

Die Auslegungstemperatur der wärmegetriebenen Kältemaschinen orientiert sich an der Mindestvorlauftemperatur der Fernwärme Klagenfurt im Sommer. Diese liegt bei 80°C. Die Grobauslegung hat eine Leistungsziffer von 0,75 und Rücklauftemperaturen um 73°C ergeben. D.h.: je produzierter kWh Kälte muss 1,33 kWh Wärme eingesetzt werden. Die große benötigte Wärmeleistung seitens der Fernwärme und die kleine Spreizung können zu Versorgungsengpässen bei gegebenem Leitungsquerschnitt führen. Es kann nicht die gesamte Kälteleistung mittels Absorptionsmaschinen mit den bestehenden Leitungsquerschnitten erzeugt werden.

Die Maschinen benötigen zum Betrieb eine konstante Vorlauftemperatur und einen konstanten Volumenstrom (Einspritzschaltung und Durchgangsventil). Die Anbindung an die Fernwärme erfolgt direkt ohne Wärmetauscher. Dadurch ergeben sich bei der Vorlauftemperatur keine

Temperaturverluste. Zusätzlich steht Abwärme aus der Dampferzeugung (Kondensatleitung) zur Verfügung. Diese Abwärme steht jedoch nicht konstant mit ca. 80-100°C zur Verfügung.

Der Rücklauf hat ein Temperaturniveau von ca. 73°C. Dieses kann im Sommer anstatt der Fernwärme genutzt werden. Das Klinikum Klagenfurt hat in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) 2012 bis 2016 einen hohen monatlichen Fernwärmeverbrauch für die Warmwassererzeugung. Die Mindestvorlauftemperatur auf der Kundenseite beträgt mind. 70°C – dies reicht für sommerliche Anwendungen wie z.B. Warmwasserbereitung. Durch diese Maßnahme kann die Leitungskapazität der Fernwärme im Sommer besser ausgenutzt werden. Sollte ein höheres Temperaturniveau nötig sein, kann dies mittels eines Bypasses von der Fernwärmehauptleitung realisiert werden. Die Position der Kältezentrale am Klinikum Gelände wurde so gewählt, dass die Integration in die bestehende Leitungsinfrastruktur (Kälte und Wärme) bestmöglich vollzogen werden kann.

Variante Fernkältenetz

Im Zuge der Erhebung des Kältebedarfs von Betrieben im Fernwärmeversorgungsgebiet, wurde ein Einkaufszentrum als weiterer potentieller Kälte-Abnehmer identifiziert, jedoch fehlt dort vor Ort die Möglichkeit zur Aufstellung von Absorptionsmaschinen. Daraufhin wurde die Möglichkeit eine Kältezentrale inkl. Fernkältenetz (ca. 1,5 km) im Stadtzentrum am Gelände des bestehenden Fernheizkraftwerks Pischeldorferstraße zu errichten näher untersucht. Es wird anlagentechnisch eine Leistungsreserve miteingeplant um zukünftig weitere Kälteverbraucher im Stadtzentrum anzuschließen. Diese Variante ist wahrscheinlicher als dezentrale Lösungen.

Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen für das Klinikum Klagenfurt sind oben beschrieben. Beim Einkaufszentrum ist derzeit eine Kompressionskältemaschine mit 4 MW Nennleistung installiert. Als einziger Abnehmer fungiert eine zentrale Lüftungsanlage. Die Systemtemperaturen sind auf 6/12°C ausgelegt. Eine separate Kühlung mittels Klimakaltwasser erfolgt nicht. Die Kühlung ist von April bis Oktober, aufgrund der hohen inneren Lasten, aktiv in Betrieb und hat bereits ein Alter von 10 Jahren überschritten. In Abbildung 51 ist der monatliche Kältebedarf dargestellt. Die Leistungsspitzen fallen im Hochsommer an – eine Grundlast ist von April bis Oktober vorhanden.

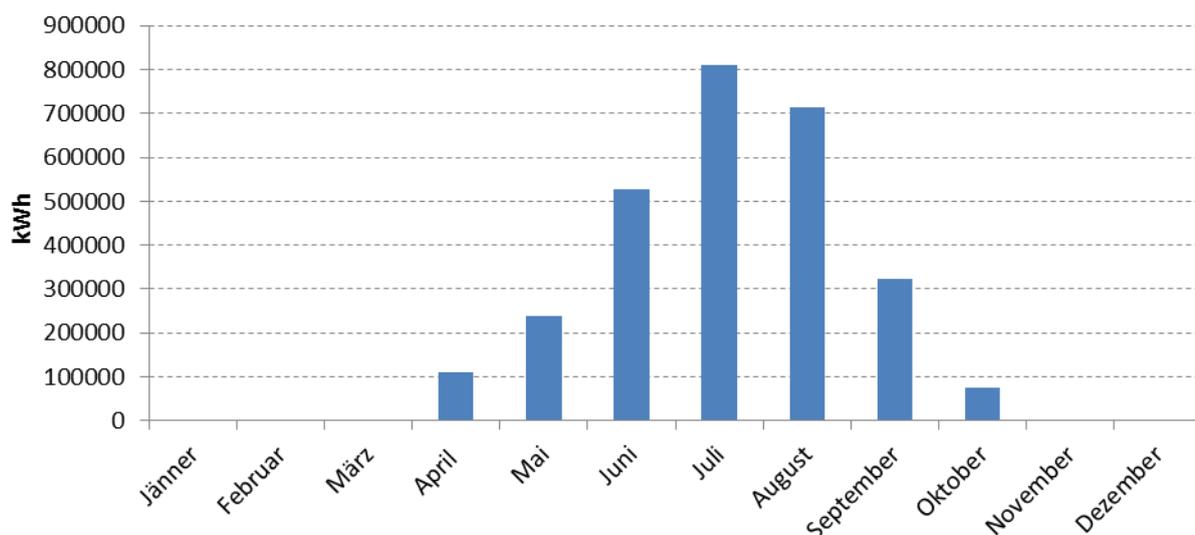


Abbildung 52: monatliche Kältebedarf Klinikum Klagenfurt

Für die Rückkühlung gelten dieselben hygienetechnischen Grundlagen wie oben beschrieben. Oberste Priorität hat die Vermeidung von Legionellenbildung.

Leistungsaufteilung und Situierung der Anlagen

Auch hier erfolgt die Aufteilung wieder in Grund- und Spitzenlastabdeckung (Absorptions- und Kompressionskältemaschinen). Im Hinblick auf die Versorgungssicherheit des Klinikums und möglichen Problemen im Fernkältenetz, verbleibt eine Kompressionskältemaschine mit 3MW Nennleistung direkt am Gelände des Klinikums Klagenfurt. Am Gelände des Heizkraftwerks Pischeldorferstraße werden ca. 10 MW mit Absorptionskältemaschinen erzeugt. Vor Ort kommt bei diesem Standort eine Absorptionskältemaschine mit ca. 1 MW zum Einsatz. Damit kann eine Gesamtleistung von 14 MW thermisch abgedeckt werden (8,8 MW Klinikum; 4,0 MW Einkaufszentrum und 1,2 MW Reserve für zukünftige Abnehmer).

Im Anhang sind die Datenblätter für die Grobauslegung der benötigten Absorptionskältemaschinen dargestellt. Um eine Leistung von 10 MW (Standort Heizkraftwerk Pischeldorferstrasse) zu erreichen, könnten zwei Maschinen des Typs „YHAU-CL2000EXW4ST“ (YORK von CSI-Johnson Controls) zum Einsatz kommen.

Damit diese die volle Leistung bringen, wird mit möglichst hohen Vorlauftemperaturen (max. 95°C Fernwärme-VL, 73°C Rücklauf) ausgelegt. Damit reichen 2 anstatt 3 Absorber-Maschinen (preisliche Optimierung). Die angebotene 1 MW-Absorbermaschine ist für die Vor-Ort-Abdeckung in der Dampfzentrale des Klinikums Klagenfurt vorgesehen.

Die Kältezentrale kann direkt im bestehenden Kesselhaus Platz finden. Nach Abstimmung mit der EKG wären hier noch genügend Platzreserven vorhanden. Die Rückkühlanlagen könnten nach Prüfung der statischen Gegebenheit am Dach des bestehenden Kesselhauses situiert werden. Die Hybridkühlanlagen sind Batterien aus „kleinen“ Kühltürmen im MW-Bereich und benötigen viel Fläche (siehe Datenblätter in der Anlage). In der Abbildung unten ist die Lage des geplanten Fernkältenetzes inklusive des Heizkraftwerkes Pischeldorferstraße (Kältezentrale) und der Verbraucher (Klinikum Klagenfurt und Einkaufszentrum dargestellt. Die Zahlen in der Farbe „Cyan“ stellen einfache Rohrlänge bis zum nächsten Abzweiger oder Verbraucher dar. Als maximale Rohrdimension wurde DN450 (s. Anlage, Netz-Auslegung Fa. Kekelit) ermittelt. Die genaue Leitungsposition ist anhand der vorhandenen Einbauten im Erdreich zu prüfen. Durch die Lage des Netzes im äußersten Innenstadtbereich wären potentielle zukünftige Kälteabnehmer vorhanden.

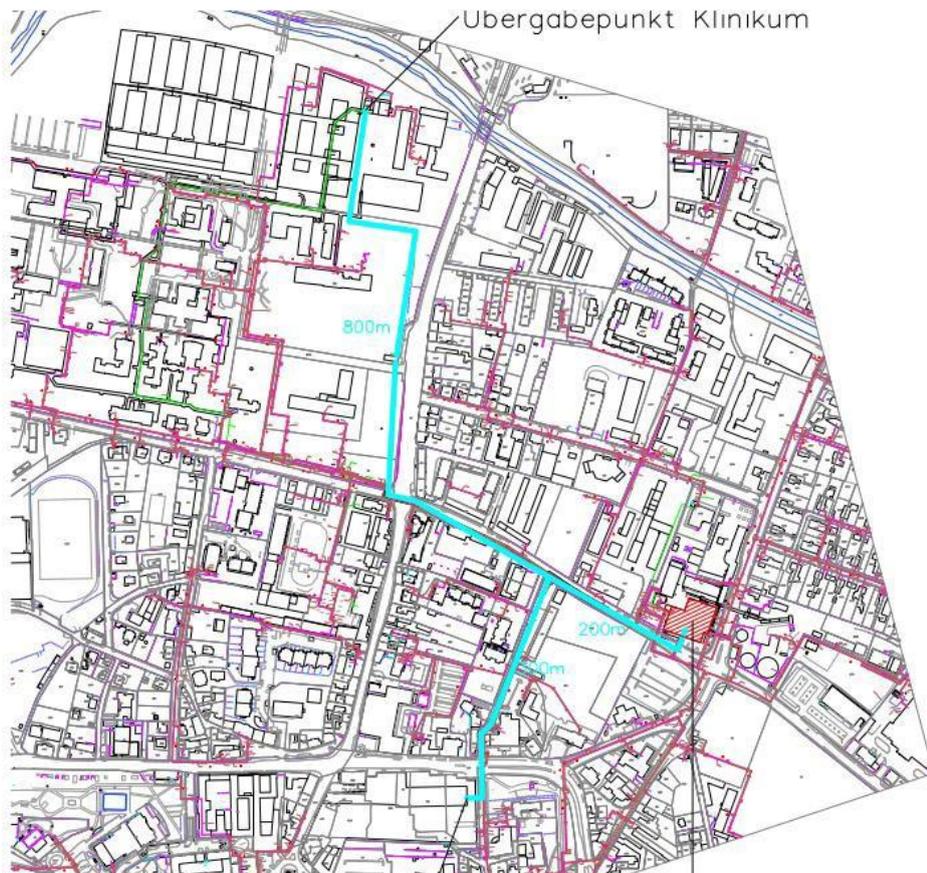


Abbildung 53: Übersicht Fernkältenetz (Quelle: EKG und eigene Darstellung)

Hydraulische und regelungstechnische Einbindung in das Fernwärmenetz

Dadurch, dass diese Kältezentrale direkt im Heizkraftwerk situiert werden soll, gibt es auch keine Leitungsengpässe bezüglich Fernwärme. Die Absorptionsmaschinen sind auf eine minimale Rücklauftemperatur ausgelegt um die Fernwärme bezüglich Netzstabilität nicht zu stark zu belasten. Die Einbindung kann parallel zur Fernwärmeversorgung mittels einer Einspritzschaltung und Durchgangsventil erfolgen. Damit kann der Volumenstrom und die Vorlauftemperatur über die Kältemaschine konstant gehalten werden. Auch hier wird auf eine Systemtrennung (Plattenwärmetauscher) zugunsten der Vorlauftemperatur verzichtet. Bei Absorptionskältemaschinen wird – im Gegensatz zur Heizungstechnik – die Spreizung im Teillastfall größer. Dies ist von Vorteil für das Fernwärmenetz.

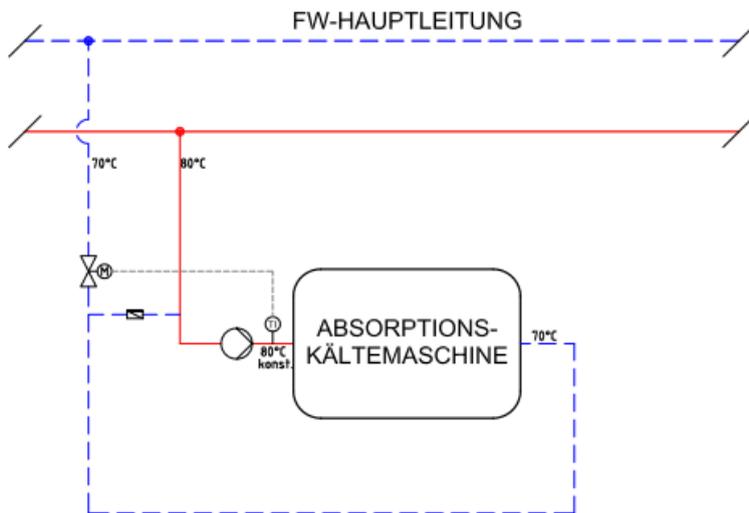


Abb. 9: Hydraulische Einbindung ins Fernwärmenetz für Variante Fernkältenetz

Gesamtinvestitions- und Betriebskosten

Im Zuge der Erhebungen wurden erste Kostenschätzungen für die Errichtung eines Fernkältenetzes durchgeführt (auf Basis der Konzepte ohne Detailplanungen).

Die Gesamtinvestitionskosten inkl. Planung und Bauüberwachung belaufen sich auf insgesamt mind.

€ 5.120.000,- exkl. USt. (Grobkostenschätzung).

Die Kostenanteile im Einzelnen stellen sich aus derzeitiger Sicht wie folgt dar:

Kostenstruktur - Variante Fernkältenetz

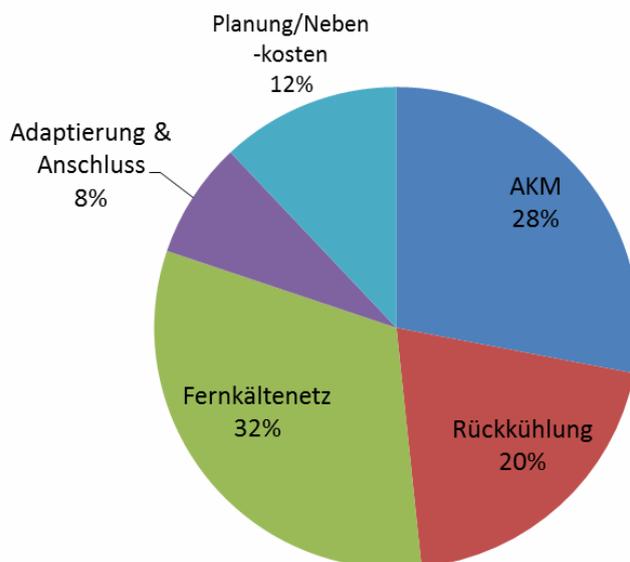


Abbildung 54: Kostenanteile bei der Variante Fernkältenetz

1) Absorptionskältemaschinen (AKM)

Es wurden Richtkosten bei den Herstellern JCI Johnson Controls und Trane eingeholt (10 + 1 MW Absorptions-Kälteleistung mit Fernwärme als Antriebsenergie; Auslegung auf 95°C Vorlauftemperatur; geliefert und montiert).

Das Preisspektrum bei Absorptionskältemaschinen ist groß, nicht alle Fabrikate sind für jeden Einsatzzweck optimal – es bedarf einer sorgfältigen Auswahl.

Schwankungsbreite der Grobkosten je nach Hersteller: 1.435.000,-- bis

2.135.000,-- Es werden die Kosten wie folgt angesetzt:

2 Stk. Absorber á 5 MW plus 1 Stk. á 1 MW: Gesamt 1.435.000,-- € exkl. USt. geliefert & montiert

2) Kühltürme

Anmerkung: Achtung - hier müssen die hygienischen Eigenschaften der Abluft für das Klinikum eingehalten werden, daher sind dafür zertifizierte Hybridkühltürme oder rein trockene Kühltürme zu verwenden:

Es wurden Richtkosten bei den Firmen UCC Cold Craft, Jägi und Kühlturm Karlsruhe GmbH eingeholt.

Die Rückkühlwerke stellen einen erheblichen Kostenanteil am Absorptionskältesystem dar. Schwankungsbreite der Grobkosten je nach Hersteller: 1.040.000,-- bis 2.893.490,--

Es werden die Kosten wie folgt angesetzt: Trockene Kühltürme mit insgesamt 24,3 MW Rückkühlleistung ca. 1.040.000,-- € geliefert, montiert und inkl. Inbetriebnahme.

3) Fernkälteleitung:

Es wurden Richtpreise für die Rohre und Erfahrungswerte der EKG und der Fa. Nahwärme.at eingeholt.

Kostenschwankung je nach Kostenschätzung: € 904,-- bis € 1.356,-- pro Laufmeter Trasse für ein Kältenetz (Rohre DN 200, DN 350 und DN 450 inkl. Dämmung, Fittinge und Absperrorgane, Rohrverlegung, Tiefbau [Standard Situationen ohne Sondermaßnahmen]).

Mittelwert der Kostenschätzungen € 1.086,--, gesamt bei 1,5 km Trassenlänge € 1.630.000,-- (gerundet).

4) Bauliche Adaptierungen und Anschlusskosten:

Genauere Kosten sind erst nach Detailplanung ermittelbar. Es wird ein vorläufiger Wert von € 400.000,-- angesetzt (Anschlusskosten an bestehende Haus- und Fernwärmetechnik).

5) Planung/Nebenkosten:

Für die Detail-Planung der Trasse und Anlagentechnik sowie Ausschreibung und Vergabe, Bauüberwachung und Nebenkosten werden Kosten in Höhe von € 615.000,-- angesetzt.

6) Betriebskosten:

Da Kompressionskälte (JAZ ca. 2,8) durch Absorptionskälte (COP ca. 0,77) ersetzt wird, kann man die mögliche Betriebskostensparnis (verbrauchsgebundene Kosten ohne Berücksichtigung der periodischen Wartungskosten) vereinfacht wie folgt angeben:

Kompressionskälte:

Bei einem Strompreis von 100 €/MWh (Mischpreis) und einer Jahresarbeitszahl von 2,8 liegen die Kälteerzeugungskosten bei rund 37,-- € pro MWh (th.) für Kompressions-Kältemaschinen inkl. Rückkühlung (ohne Kapitalkosten und ohne Wartungskosten). Der Strombedarf Kompressionskälte bei 650 Volllaststunden (abgeleitet aus dem Kältebedarf aus Einkaufszentrum und Klinikum) liegt bei 2.553,6 MWh pro Jahr. Einzurechnen ist hier aber noch der Strombedarf für die Rückkühler, die bei einer Gesamtkälteleistung der Kompressions-Kältemaschinen von 11 MW eine Rückkühlleistung von ca. 14,96 MW erbringen müssen.

Für die Kühltürme liegt der spezifische elektrische Verbrauch der Lüftermotoren und Sprühwasserpumpen lt. einer Vergleichsstudie aus Hamburg (Sven Asmus, ERT-Refrigeration Technology GmbH, „Netzwerktreffen Kälteeffizienz“ am 3. Nov. 2010) bei durchschnittlich jährlich 54,7 kWhel / kW Rückkühlleistung bei jährlichen 6.000 Vollbetriebsstunden. Bei den Kompressionskältemaschinen ergeben sich 650 Vollbetriebsstunden und daraus 5,93 kWh(el) pro kW Kühlleistung.

Dies bedeutet nun für die insgesamt erforderlichen 14,96 MW Rückkühlleistung einen elektrischen Verbrauch von 88,71 MWh pro Jahr (Voraussetzung: Drehzahlregelung der Antriebe).

Bei der Absorptionskältemaschine sind die Wärmekosten ausschlaggebend für den Kältegestehungspreis. Bei einem Fernwärmepreis von 10 € pro MWh liegen die Kältekosten ohne Rückkühlung und Nebenaggregate bei 13,-- € pro MWh, bei einem Wärmepreis von 20 €/MWh (th.) bei 26 € pro MWh (th.).

Einzurechnen sind jedoch zusätzlich die elektrischen Verbräuche der Aggregate (wie Lösungsmittel-, Kältemittel- und Vakuumpumpe, sowie die Lüftermotoren und Sprühpumpen der Kühltürme und die der Netzpumpe des Fernkältenetzes).

a) Absorptionskältemaschinen:

Lt. Datenblätter der Fa. TRANE haben die insgesamt 3 Stk. Absorptionskältemaschinen a 3,35 MW-Kälteleistung plus zusätzlich ein Stk. mit 1 MW-Kälteleistung eine elektrische Nennleistung von insgesamt 65,5 kW.

Bei angenommenen 5.856 Betriebsstunden (Kühlung von Mitte März bis Mitte Nov.) ergibt sich ein elektrischer Energieverbrauch von 380,6 MWh für 11 MW an Kälteleistung (7.150 MWh Kälteerzeugung = COP_{el} ca. 18,8).

b) Für die Kühltürme liegt der spezifische elektrische Verbrauch der Lüftermotoren und Sprühwasserpumpen lt. obiger Vergleichsstudie aus Hamburg (Sven Asmus, ERT-Refrigeration Technology GmbH, „Netzwerktreffen Kälteeffizienz“ am 3. Nov. 2010) bei durchschnittlich jährlich 5,93 kWhel / kW Rückkühlleistung bei 650 Volllaststunden. Dies bedeutet nun für die hier insgesamt erforderlichen 23 + 2,5 MW = 25,5 MW Rückkühlleistung einen elektrischen Verbrauch von (5,93 x 25.500) 151,2 MWh pro Jahr.

c) Netzpumpe des Fernkältenetzes: für die exemplarisch gewählte Netzpumpe Grundfos TP350- 480/4 (at.grundfos.com/Grundfos Product Center) werden der Jahresstromverbrauch im Datenblatt mit 784,11 MWh angegeben. Bei einer Betriebszeit des Fernkältenetzes von 8 Monaten ergeben sich 522,7 MWh. In der restlichen Zeit sollte die Kälte mit den Einheiten vor Ort im Klinikum produziert werden (keine Kälte-Abnahme seitens Einkaufszentrum zwischen November und März, geringer Kältebedarf < 1 MW seitens Klinikum in dieser Zeit).

Zusammen ergibt sich somit ein Stromverbrauch der Nebenaggregate für die Kälteerzeugung der Absorptionskältemaschinen inkl. Fernkältenetz von 1.054,5 MWh/a.

Beim o.a. Strom-Mischpreis von 100,-- €/MWh ergeben sich Stromkosten von 105.450,-- € pro Jahr. Bezogen auf die 5.856 Betriebsstunden des Fernkältenetzes und 11 MW-Kühlleistung bei 650 Volllaststunden (also 7.150MWh an Fernkälte) sind dies zusätzlich 14,75 €/MWh Kälte. Die Stromkosten der Absorptionskälteerzeugung müssen nun addiert werden und verteuern also den oben errechneten Kältegestehungspreis auf 27,75 bis 40,75 € pro MWh (th) für Absorptionskältemaschinen. Die Kältegestehungskosten sind daher (vereinfacht) bei 100€/MWh

Strompreis nur gleich oder günstiger im Vergleich zur Kompressionskälte, wenn der Wärmepreis unter 18,1 € pro MWh liegt.

Bei entsprechendem Wärmepreis sind die Kosten für die Kälteerzeugung nicht nur günstiger, sondern es muss auch berücksichtigt werden, dass durch das geplante Fernkältenetz die Sommernutzung der Fernwärme erhöht wird und dadurch die notwendige Speicherkapazität von saisonalen Großwärmespeichern sinkt. Dies führt hier zu Reduktionen der sonst notwendigen Investitionskosten (siehe Steigerung des Sommerbedarfs).

Weiters können die aus hygienischen Gründen geforderten zertifizierten Hybridrückkühlwerke bzw. Trockenkühlwerke (adiabate Kühler) die Betriebskosten in einer Art reduzieren, dass sich deren empfindliche Mehrkosten ggf. in 4,4 Jahren (statisch gerechnet) amortisieren [Amundsen 2010].

Die Wartungskosten der Absorptionskältemaschine liegen bei ca. 50% der Wartungskosten von Kompressionskältemaschinen. Weiters ist die Lebensdauer der Absorptionskältemaschine höher als die der Kompressionskältemaschinen. Die Summe aus Wartungskosten und kapitalgebundenen Kosten über die Lebensdauer sollte sich bei beiden Systemen die Waage halten. Die Werte sind an Hand der konkreten Planung aber zu verifizieren – die Schwankungsbreiten bei den Anbietern ist sehr groß (siehe oben) und die optimierte Planung solcher Anlagen erfordert spezielles Know-How.

Szenarien

Die mögliche Entwicklung des Bedarfs an Fernwärme bzw. der Sommerauslastung sind im Kapitel „Steigerung des Sommerbedarfs“ dargestellt. Hier ist die Auswirkung auf den Speicherbedarf dargestellt.

Zeitreihen mit Potenzial Saisonwärmespeicherbedarf im Fernwärmenetz Klagenfurt für unterschiedliche Szenarien der Abwärmenutzung:

Auf Basis einer Hochrechnung des zukünftigen Fernwärmebedarfs (2017/2020/2030) wurden unterschiedliche Szenarien des Speicherbedarfs für unterschiedliche Nutzungen der Abwärme erstellt. Als Ausgangsjahr dienten die Aufzeichnungen der monatlichen Fernwärmeproduktion wie in unten stehender Tabelle dargestellt. Laut Energie Klagenfurt gibt es eine Mittelfristplanung (2017- 2021) bezüglich des Mengenzuwachses an Fernwärme – diese beträgt 2% jährlich. Dabei sind die Mengenreduzierungen durch thermische Sanierung und wärmere Winter berücksichtigt. Mit diesen Angaben wurde auf die oben genannten Zeitreihen hochgerechnet.

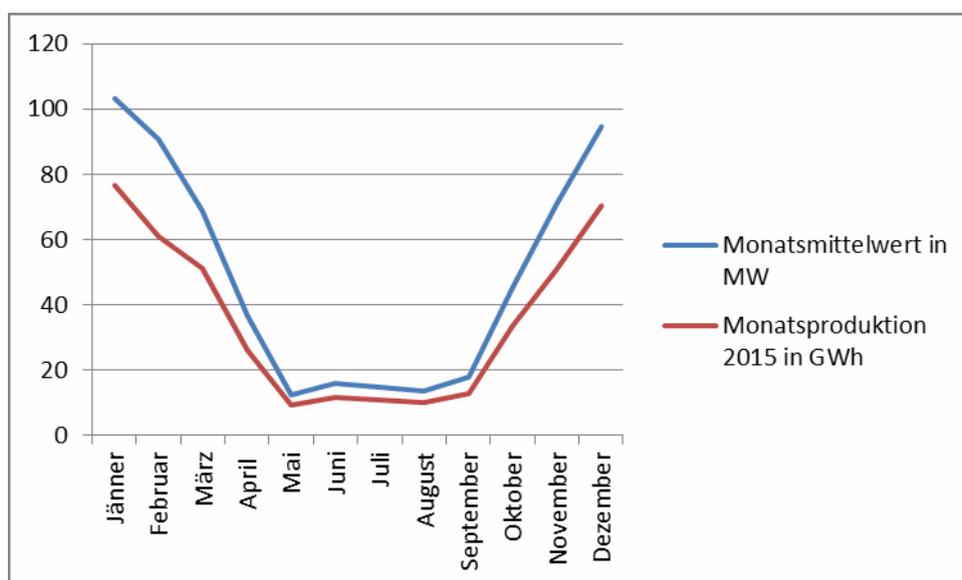


Abbildung 55: Zeitlicher Verlauf der Fernwärmeeufbringung und -leistung

In Szenario 1 (Abwärmenutzung für wärmegetriebene Kühlung) steht die gesamte identifizierte Abwärmemenge innerhalb und außerhalb des bestehenden Fernwärmenetzes zur Verfügung. Der Verbrauch dieser erfolgt im Rahmen der konventionellen Fernwärmeabnehmer und zusätzlich durch wärmegetriebene Kühlung. Als Lastprofil für den Wärmeverbrauch zur Kühlung wurden die Lastprofile der zwei Großabnehmer (Klinikum Klagenfurt und ein Einkaufszentrum) hinterlegt.

Szenario 2 (Abwärmenutzung ohne zus. Sommerverbraucher) sieht ebenfalls die Nutzung des gesamten Abwärmepotentials innerhalb und außerhalb des bestehenden Fernwärmenetzes vor. Die Abnahme erfolgt hingegen nur zu konventionellen Heizzwecken. In Abbildung 56 sind Zeitreihen für das Speicherpotential bei unterschiedlicher Abwärmenutzung dargestellt. Durch den jährlich steigenden Fernwärmebedarf, sinkt das Speicherpotential.

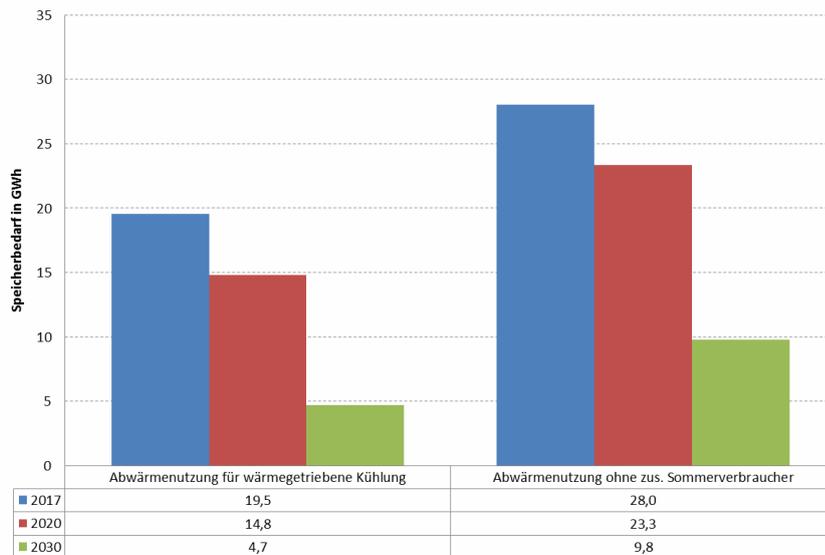


Abbildung 57: Zeitreihen mit Potential Speicherbedarf bei unterschiedlicher Abwärmenutzung

Es ist zu erkennen, dass bei zunehmendem Fernwärmeverbrauch von ca. 2% / Jahr, der Bedarf an saisonaler Speichermöglichkeit in den hochgerechneten Szenarien für 2020 und 2030 sinkt. Der Speicherbedarf sinkt ohne die Berücksichtigung des höheren Sommerbedarfs durch wärmegetriebene Kühlung von derzeit ca. 28 GWh auf knapp 10 GWh im Jahre 2030.

Unter Berücksichtigung des höheren Sommerbedarfs durch wärmegetriebene Kühlung sinkt der Speicherbedarf von derzeit 19,5 sogar auf knapp 5 GWh. Das heißt, je mehr Wärme im Sommer direkt verbraucht werden kann, desto geringer wird der Speicherbedarf:

Eine Direktnutzung der Abwärme für z.B. wärmegetriebene Kühlung ist daher der Speicherung vorzuziehen.

Bei konsequenter Sommerwärmenutzung durch Absorptionskältemaschinen bestünde 2030 nur mehr ein Bedarf an etwa knapp 5 GWh Saisonwärmespeicherung. Dies könnte allein durch 2 der 4 möglichen Großwärmespeicher realisiert werden. Die von der Grundstücksgröße und anderen Parametern vorgegebenen tatsächlichen Speichergrößen sind oben angeführt.

Nutzwertanalyse

Die folgende Analyse beschreibt mögliche Einflussfaktoren, Hemmnisse und Nutzen von intelligenten Gesamtsystemen zur Nutzung von Abwärme in Fernwärmenetzen in technischer, wirtschaftlicher, rechtlicher, sozialer und umweltbezogener Sicht. Ziel der Nutzwertanalyse ist, die Umsetzungswahrscheinlichkeit bzw. Problematik in der Summe der oben genannten Aspekte abzuschätzen. Die Bewertung stellt insbesondere bei der Gewichtung die subjektive Meinung der Autoren dieses Berichtsteiles aus den Erfahrungen des Projektes SAKS Klagenfurt und anderer Prozesse zur Erhöhung des Anteiles erneuerbarer Energie in Fernwärmenetzen dar (Prozess Wärmезukunft Graz).

Gewichtung	25%	40%	15%	10%	10%	
	technisch	wirtschaftlich	rechtlich	sozial	umweltbezogen	Summe
Abwärmenutzung aus Industrie-/ Gewerbebetrieben für Fernwärme	8	6	6	9	8	7
	siehe t_A	siehe w_A	siehe r_A	siehe s_A	siehe u_A	
Speicherung von Abwärme-überschüssen im Sommer (saisonale Speicherung für FW)	7	3	4	5	9	5,0
	siehe t_S	siehe w_S	siehe r_S	siehe s_S	siehe u_S	
Nutzung von Nieder- temperatur-FW bei Stadtentwicklungs- & Sanierungsgebieten	7	6	9	6	10	7,1
	siehe t_N	siehe w_N	siehe r_N	siehe s_N	siehe u_N	
Möglichkeiten zur forcierten Sommeraus- lastung durch Einsatz von wärmege- triebener Kühlung	6	7	9	7	7	7,1
	siehe t_K	siehe w_K	siehe r_K	siehe s_K	siehe u_K	

1 = kaum geeignet (rot)
10 = sehr gut geeignet (grün)

Summe: 10 = Umsetzung unproblematisch

1 = nicht umsetzbar

Bewertung

Gesamtsystem

6,5

Abbildung 58: Bewertungsmatrix Gesamtsystem Abwärmenutzung im Fernwärmenetz

Anmerkungen bzw. Erklärungen zur Bewertung:

1) Bezüglich **Abwärmenutzung aus **Industrie-/ Gewerbebetrieben für Fernwärme****

t_A: Direkte bzw. indirekte (über Wärmepumpen) Nutzung; Entfernung zum FW-Netz und Temperaturniveau von FW-Netz wesentlich; Temp. >50°C werden meist in Betrieben selbst genutzt; Großgewerbe und Industrie; mit Wärmepumpen: großes Potential bei Rückkühlern. Teilweise Hemmnisse vorhanden auf Grund nicht vorhandener Auskopplungstechnologien (z.B. bei verschmutzten Abwärmeströmen).

w_A: Die Wirtschaftlichkeit hängt wesentlich von den erforderlichen Auskopplungsanlagen ab, insbesondere vom Temperaturniveau, der Art des Abwärmestromes (flüssige Medien, gasförmige Medien, Verschmutzungsgrad) und der Entfernung zum bestehenden Fernwärmenetz und dessen Leitungskapazität ab.

r_A: Vertragsgestaltung und Teilung der Risiken oft problematisch und mit langwierigen Verhandlungen verbunden (Standortgarantie; Vorgabe von Amortisationszeiten Industrie; mögliche Direktförderungen; Nachbarschaften (Emissionen durch erweiterte Betriebszeiten). Mögliche Problemsituationen, z.B. wenn das Unternehmen der Abwärmelieferung nicht nachkommen kann (z.B. ungeplanter Betriebsstillstand) oder wenn ein Betrieb in Konkurs geht, müssen im Vorfeld abgeklärt werden und die Risiken bestmöglich abgedeckt werden.

s_A: Grundsätzlich hohe Akzeptanz jedoch sollte Auskopplung sich nicht auf den Wärmepreis negativ auswirken - Wärme-/Kältepreise sollten nicht höher sein als konventionell erzeugt; höhere Lebensqualität durch sauberere Luft. Mögliche Probleme, falls die Betriebsanlagen die Betriebszeiten erweitern um den Wärmelieferverpflichtungen nachzukommen.

u_A: Deutliche Reduktion von Stäuben und klimarelevanten Gasen im Vergleich zu herkömmlicher Wärmeproduktion; im Einzelfall im Detail zu bewerten

Reduktion von Brennstoffen, Reduktion „grauer Energie“ (Pumpstationen, LKW- Verkehr) durch geringere Energieimporte, indirekt: geringere Risiken bei Öl- und Gasförderungen und Transport durch Minderbedarf dieser Brennstoffe

2) Bezüglich **Speicherung von Abwärme-überschüssen im Sommer (saisonale Speicherung) für FW**

t_S: Technische Möglichkeiten abhängig von der notwendigen Speicherkapazität, den (hydro-)geologischen Verhältnissen; prinzipiell bestehen bereits erprobte Technologien; je höher Speicher-Tmax und je tiefer die Fernwärme- Rücklaufemperatur, desto günstiger ist ein Speicher; Entnahme der Wärme aus dem Speicher oft technisch schwierig zu lösen; Reparaturen im Betrieb des Speichers oft schwierig und aufwendig (z.B. bei undichter Abdichtung eines Erdbeckenspeichers).

w_S: Erdwärmespeicher bestes Preis/Leistungsverhältnis, jedoch nur bei passenden Rahmenbedingungen möglich und Entnahme im hohen Leistungsbereich (MW) schwierig; sehr hohes Preisreduktionspotential mit Niedertemperatur-FW-Siedlungen und innovativen Warmwasser-Wohnungsstationen. Hohe Abhängigkeit der

Wirtschaftlichkeit vom Abwärmepreis und den hydrogeologischen Verhältnissen. In der Regel sind sehr teure und aufwendige Maßnahmen zur Speicherung notwendig; hohe Investitionskosten mit sehr langen Amortisationszeiten (bis zu 20 Jahre).

r_S: Ähnlich wie bei Pumpspeicherkraftwerken. Zahlreiche rechtliche Rahmenbedingungen sind zu beachten (UVP-Gesetz, Wasserrechtsgesetz, Raumordnungsrecht, Bauordnungen-/-gesetze, Naturschutzgesetz, ggf. Luftfahrtgesetz), weiters sind die Auswirkungen auf bestehende Rechte (z.B. Jagd- und Wasserrechte, Eigentumsrechte und Servitute etc.) zu prüfen.

s_S: Wärme-/Kältepreise sollten nicht höher sein als konventionell erzeugt; höhere Lebensqualität durch sauberere Luft, mögliche Ängste von Anrainern (z.B. vor (heißer) Flutwelle in Stadtgebieten)

u_S: Deutliche Reduktion von Stäuben und Abgasen; positiver Klimaschutz bei Abwärmenutzung;

Grundwasser soll nicht erwärmt werden (Bodendämmung bzw. Einsatz von Erdwärmepumpen mit Registern unter dem Saisonspeicher) bzw. die Einflüsse auf das Mikroklima so gering wie möglich gehalten werden; bei sehr großen Speicherbauwerken ($\geq 10.000.000 \text{ m}^3$) ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung notwendig.

3) Bezüglich **Nutzung v. Niedertemperatur-Fernwärme bei Stadtentwicklungs- und Sanierungsgebieten**

t_N: Der Schlüssel für höhere Energieeffizienz und die Möglichkeit der wirtschaftlichen Einbindung von Groß-Wärmepumpen; hygienische Warmwasserbereitung teilweise – je nach Lösungsansatz – problematisch; teilweise sind die Leitungskapazitäten zu gering bzw. steigen die Leitungsdimensionen sehr stark an und Durchflussrichtungen ändern sich im Betrieb je nach Lastzustand – schwierigere technische Netzbetriebsführung und aufwendige Regelbauwerke.

w_N: Netze auf Grund der oben genannten technischen Randbedingungen in der Regel teurer als herkömmliche Netze und teilweise Mischnetze (3-Leiter) notwendig; prinzipiell weniger Wärmeverluste im Netz; höhere Kosten auf Seiten der Kunden (größere Wärmetauscher, Niedertemperaturabgabesysteme teurer, Speicherung und Warmwasserbereitung aufwendiger)

r_N: Geänderter Wärmeliefervertrag notwendig (andere Temperaturniveaus etc.)

s_N: Einfluss auf Wohnungspreise durch teurere Technik; Niedertemperatur Abgabesysteme in der Regel behaglicher

u_N: Bessere Möglichkeit zur Einbindung von Abwärme und erneuerbarer Energie, gesteigerte Energieeffizienz schont durch Brennstoff- und Abgasreduktion die Umwelt; weniger LKW-Verkehr, weniger „graue Energie“ in Inlandsbrennstoffen

4) Bezüglich Möglichkeiten zur forcierten Sommerauslastung der Fernwärme insbesondere durch Einsatz von wärmegetriebener Kühlung mit FW als Antriebsenergie

t_K: Zahlreiche technische Möglichkeiten vorhanden und erprobt (Wärmegetriebene Kühlung; Prozesswärme, Warmwasser etc.); Kälte-Anlagen mit niedrigen Antriebstemperaturen sind „nicht von der Stange“ erhältlich und hohes Know How bei der Planung und Ausführung notwendig; Kälteerzeugungsanlagen und Kältenetze technisch aufwendiger als konventionelle Kompressionskälteanlagen

w_K: Bei günstiger Abwärme kostengünstiger als konventionell erzeugte Kälte – sehr hohe Abhängigkeit vom Abwärmepreis; Anfangsinvestition höher und wenig Erfahrung von Endkunden mit dem Betrieb von Absorptionskälteanlagen -> Energiedienstleistungsmodelle sinnvoll; bessere Sommer-Netzauslastung (= weniger aliquote Netzverluste) erhöht die Wirtschaftlichkeit des Gesamtnetzes; Ausnutzung aller KWK-Anteile auch im Sommer umwelt-freundlicher (insb. bei Strom-geführten Anlagen); kleinere Saisonspeicher möglich, teilweise Konkurrenz zu günstigen fossilen Energieträgern (Erdgas; Strom aus dem Spotmarkt)

r_K: Preisgesetz 1992, Vertragsgestaltung Wärme- und Kältelieferung

s_K: Niedrigere Verbraucherpreise durch Effizienzsteigerungen jedoch Fernwärme und -kälte vordergründig für den Kunden oft teurer (fehlende Gesamtbetrachtungen der Kunden), daher teilweise geringere Akzeptanz; Anrainer: Lärmentwicklung von Rückkühlanlagen – Rückkühlanlagen müssen bei dieser Art der Kühlung deutlich größer dimensioniert werden

u_K: Große Einsparungen von Strom durch den Ersatz von Kompressionskältemaschinen zur Kühlung und Klimatisierung; mögliche negative Auswirkungen lokal (verändertes Mikroklima durch Rückkühler im MW Bereich und Lärmemissionen der Rückkühlanlagen)

Umsetzungskonzept Maßnahmenplan

- a) Präsentationen der Ergebnisse vor Entscheidungsträgern bzw. potentiellen Investoren und Bewerbung der positiven sozialen und umweltbezogenen Auswirkungen:
Kosten / Nutzenanalyse inkl. der o.g. positiven Auswirkungen (sozialer und umweltbezogener Nutzwert). Dies aufgrund von ersten Schätzungen für das Szenario nach kostenoptimierter Gesamtdimensionierung (s Pkt. b)
- b) Vertiefende Planung mit Schwerpunkt kostenoptimierte Gesamtdimensionierung:
Erstellung eines ersten Marktspiegels für genauere Kostenplanung der Hauptkomponenten Saisonspeicher (inkl. Tiefbau), Absorptionskältemaschinen, zertifizierte Hybridrückkühler, Fernkältenetz und optimierte Niedertemperatur-Wohnungsstationen (inkl. Warmwasserbereitung) für Entwicklungsgebiet-Klagenfurt-Harbach. Darauf aufbauend eine Detailplanung für Kostenoptimierung durch technische Optimierung: Erhöhung der Sommernutzung durch wärmegetriebene Kühlung und neue Direktverbraucher wie Großküchen und Gewerbe, bestmögliche Verkleinerung der / des Saison-Wärmespeichers, Erhöhung des möglichen Temperaturhubs und dadurch der Speicherkapazität sowie bestmögliche Senkung der Netztemperaturen für Entwicklungsgebietes Klagenfurt-Harbach
- c) Ausschreibung der Gewerke: aufbauend auf die o.a. Optimierung und Detailplanung
- d) Förderanträge und Finanzierungsgespräche: Förderanträge durch Grazer Energieagentur gemeinsam mit durchführenden Firmen und
- e) Umsetzung mit wissenschaftlicher Begleitforschung für Replizierbarkeit in anderen Kommunen

Zeitplan

- a) 2017: Präsentationen der Ergebnisse vor Entscheidungsträgern und Bewerbung der positiven sozialen und umweltbezogenen Auswirkungen
- b) 1. Hj. 2018: vertiefende Planung mit Schwerpunkt kostenoptimierte Gesamtdimensionierung
(wie im Maßnahmenplan beschrieben)
- c) 2. Hj 2018: Ausschreibung der Gewerke
- d) 2. Hj. 2018: Förderanträge und Finanzierungsgespräche
- e) ab 2019: Umsetzung mit wissenschaftlicher Begleitforschung für Replizierbarkeit in anderen Kommunen

Kostenplan und Finanzierung, Umsetzungsmodelle

Die Gesamtkosten (*geliefert und montiert*) werden zum jetzigen Zeitpunkt (vor der o.e. Kostenoptimierung durch technische Optimierung) wie folgt angegeben:

Fernkältenetz inkl. Absorptionskältemaschinen und Rückkühlwerke:	rund 5,1 Mio. €
Saisonwärmespeicher (mit 30/40K-T.diff) mit 5 GWh-Wärmekapazität:	rund 3,9 Mio. €
Mehrpreis für NT-Wohnungsstationen im Entwicklungsgebiet-Klagenfurt-Harbach:	rund
	0,6 Mio. €
Planung Speicher:	rund 0,2 Mio. €
Summe (exkl. MwSt.)	rund 9,8 Mio. €

Anmerkung:

Dies sind derzeit reine Schätzpreise und Grobkosten. Durch die o.a. technische und dadurch preisliche Optimierung sind beim Saisonspeicher gegebenenfalls (!) Kostenoptimierungspotentiale von rund 30% bzw. rund 0,8 Mio. € (bei einem nutzbaren Temperaturhub von ca. 58 K) und in den übrigen Komponenten von rund 5% zu generieren (Schätzung).

Förderungen:

Am ehesten zuständig für Förderungen für das Fernkältenetz, die Absorptionskältemaschinen, und Rückkühler ist die Abwicklungsstelle Austria - **AWISTA** (Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Sektion III – ENERGIE und BERGBAU, Stubenring 1, 1011 Wien. Der Förderantrag muss vor Projektbeginn in Graz eingereicht werden:

AWISTA, Abwicklungsstelle für Förderungen nach dem Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz StF: BGBl. 113/2008 idF BGBl. I 72/2014

AWISTA, Hallerschloßstraße 1, A-8010 Graz, Tel: +43 316 46652, E-Mail: office@awista.at

Für technische Fragen: Tel.: +43 699 1187 2012, DI. Thomas Steiner

Für finanz- oder betriebswirtschaftliche Fragen: Tel.: +43 316 3171 300

Für juristische Fragen: Tel.: +43 676 87427399

Eine Förderung ist prinzipiell möglich, wenn – unter anderem – die nachfolgend angegebenen Förderungsvoraussetzungen erfüllt werden:

- Die Versorgung betrifft mindestens einen nicht mit dem Förderwerber konzernmäßig verbundenen Endverbraucher und
- Die installierte Kälteleistung ist größer als 0,75 MW.
- Weiters muss die erzeugte Kältearbeit zu weniger als 50 % aus Kompressoren erzeugt werden.

Dies trifft alles auf das Projekt SAKS-Klagenfurt zu, zumindest auf die o.g. Systemkomponenten (Fernkältenetz, die Absorptionskältemaschinen, Rückkühler). Fördersatz ist ggf. (ohne Gewähr) **35% der Gesamtkosten** (Tel. mit DI. Steiner am 9.8.2017).

Für die Saisonspeicher und ggf. für die Niedertemperatur-Wohnungsstationen (Klagenfurt-Harbach) ist am ehesten die Kommunalkredit Public Consulting (KPC) zuständig. Für die o.g. Komponenten (Fernkältenetz, die Absorptionskältemaschinen, Rückkühler)- wenn es eine negative Stellungnahme zur Förderung über die AWISTA gibt - kann (als 2. Schritt) ebenfalls die KPC für die **Umweltförderung im Inland** als mögliche Förderung kontaktiert werden:

Hier können Betriebe eine Direktförderung über die Umweltförderungen Inland (Abwicklung durch die KPC) von **25% bis 30%** der umweltbezogenen Investitionskosten für folgende Projekte bzw. Komponenten des SAKS-Klagenfurt beantragen:

Saisonspeicher und Niedertemperatur-Subwärmenetz (Klagenfurt-Harbach): Als Umweltdeckung gilt beim Saisonspeicher zusätzlich (zu den 25..30%): max. 450.- € / t eingespartem CO₂ und für „Nahwärmeversorgung auf Basis erneuerbare Energieträger“: max. 900.- € / t eingespartem CO₂äqu.

Risiken

a) Wenn ein technisches Unglück passiert, mit dem aufgrund der neuen Technologie nicht gerechnet worden ist (z.B.: undichter Großwärmespeicher, schwimmender Deckel kippt oder reißt nach Starkschnee-Ereignis und eine (heiße) Welle bricht über den Damm, Dammbruch durch Erdbeben,...) ist die Gefahr groß, dass - neben dem unmittelbaren Schaden - durch großes Medieninteresse die geplante Technologie in dieser Form zum Scheitern verurteilt ist in Österreich. Auch daher ist eine genaue Risikoeinschätzung und - vorsorge anzuraten.

b) Die Energiepreissituation: Energieeffizienzmaßnahmen wie SAKS-Klagenfurt werden - wie praktisch alle anderen Investitionen auch - wirtschaftlich betrachtet. Es gibt allerdings eine signifikante Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit vom jeweils aktuellen Strom- und Wärmepreisniveau. Es kann sogar sein, dass ein und dieselbe Maßnahme - abhängig von den jeweils aktuellen Preisniveaus – in einem Jahr sehr sinnhaft empfohlen werden kann und in einem anderen Jahr keineswegs. So ist es ratsam, nicht nur aktuelle Tagespreise in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung heranzuziehen, sondern ggf. auch augenfällige Trends in der

Preisentwicklung über mehrere Jahre zu berücksichtigen und ebenfalls den volkswirtschaftlichen Gesamtnutzen (wie ggf. größere Unabhängigkeit von Energieimporten, Gesundheitsvorsorge durch Verbesserung der Luftgüte, Klimaschutz usw.) einzukalkulieren.

B.6. Erreichung der Programmziele

Für das gegenständliche Projekt wurde der inhaltliche Schwerpunkt auf smarte Industriestandorte und Gewerbegebiete definiert. Szenarien sollten entwickelt bzw. analysiert werden um das bestehende Energiesystem auf seinen Energiebedarf und seine Energieverbrauchsstruktur zu optimieren.

Die Szenarien die im Projekt SAKS definiert wurden, ermöglichen die Nutzung von Abwärme und dadurch die Minimierung von Verlusten und die Erhöhung der effizienten Primärenergienutzung. Dies würde einen Beitrag zu den festgelegten Zielen des Jahres 2050, welche Energieeffizienz und den Anteil erneuerbarer Energien der (energieintensiven) Sektoren betrachten, leisten.

Es wurden relevante Stakeholder, Akteure und Betriebe der Stadt Klagenfurt miteinbezogen, Ergebnisse des Projekts liefern somit zukunftsweisende rationelle Lösungen und Ansätze zum Thema Wärme- und Kältebereitstellung.

Durch die Zusammensetzung des Projektteams mit je einem Vertreter der Stadt, des Energieversorgers und Fernwärmenetzbetreibers und einer Forschungseinrichtung, die einen Schwerpunkt ihrer Tätigkeit auf die Evaluierung von Szenarien für die zukünftige Wärmeerzeugung für Fernwärmesysteme gesetzt hat, sowie die Einbindung eines Experten für Legal Compliance und dem JR-AquaConSol als Sub-Auftragnehmer wurde eine gesamtheitliche Betrachtungsweise unterstrichen.

Die beteiligten des Projektkonsortiums waren:

- Magistrat der Landeshauptstadt am Wörthersee
- Energie Klagenfurt GmbH
- Grazer Energieagentur

GmbH LOI's:

- Großer Industriebetrieb FunderMax
- Landeskrankenanstalten-Betriebsgesellschaft des Landes Kärntens (KABEG)
- Living-Container (nicht mehr beteiligt seit September 2016)

Das Projekt bringt auch Lösungsansätze für übergeordnete strategische Pläne wie dem Aktionsplan für nachhaltige Energie (SEAP) bzw. dem erweiterten Aktionsplan für nachhaltige Energie und Klimaschutz (SECAP), sowie dem Energiemasterplan Kärntens (e-map 2025) und dem Stadtentwicklungskonzept 2020 (STEK 2020), sowie die derzeit in Ausarbeitung befindliche Smart City Strategie für die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee.

Im Projekt SAKS Klagenfurt wurden systemübergreifende Möglichkeiten erarbeitet, es wurde betrachtet, wie die Abwärme von großen Industriebetrieben für das Kühlen oder Heizen von fernwärmeangebundenen Betrieben genutzt werden kann, wie die Sommerauslastung der Fernwärme erhöht und damit der Wirkungsgrad von Kraft-Wärme-Biomasseanlagen verbessert werden kann. Weiters konnten erste Energiebereitstellungs- und Speichermöglichkeiten für das Stadtentwicklungsgebietes Klagenfurt-Harbach erarbeitet werden.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie bzw. des Umsetzungskonzeptes wurde dargestellt, wie ein derartiges intelligentes Gesamtsystem für ein Demoprojekt/ Demogebiet in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee funktionieren kann. Des Weiteren kann das Handbuch mit den verallgemeinerten Ergebnissen zur Umlegung auf andere Städte als Grundlage dienen.

B.7. Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Die Erkenntnisse aus dem Projekt SAKS können einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der im nachhaltigen Energie Aktionsplan Klagenfurt, sowie dem Energiemasterplan Kärnten definierten Ziele leisten.

Im Zuge des Kontaktes mit anderen Städten (Graz, Salzburg, Innsbruck) während des Projektes zeigte sich, dass derzeit mehrere Städte in Österreich vor ähnlichen Herausforderungen stehen, um den Anteil der Erneuerbaren Energien in Fernwärmenetzen und zu erhöhen. Die Kapitel „Prozess zur Wärmewende“, „Langzeitspeicherung“ und „Kühlung mit Fernwärme“ im intuitiv bedienbaren elektronischen Handbuch von SAKS Klagenfurt können hier sehr hilfreich sein, um Prozesse und Diskussionen in Gang zu setzen und erste konkrete Schritte zu planen.

Die qualitative Analyse der Technologien und Themenbereich wurde in der Machbarkeitsstudie niedergelegt und kann somit anderen Städten und Gemeinden als Grundlage und Entscheidungshilfe dienen, einerseits bei Recherchen bezüglich potentieller Speicher und auch um einen ersten Eindruck über die Kosten zu schaffen. Die Kosten werden jedoch, insbesondere beim Thema Kühlung mit Fernwärme (Stichwort Abwärmekosten) und Langzeitspeicherung mit sehr hohen Anfangsinvestitionen, noch eine Herausforderung darstellen, um tatsächlich umgesetzte Projekte zu realisieren.

Für die Flächenverfügbarkeit für große thermische Langzeitspeicher sollte in den Städten bereits frühzeitig bei Raumordnungskonzepten und Grundstückszukäufen Sorge getragen werden. Die Suche nach Standorten zeigte sich als sehr schwierig. Weiters machen umfangreiche hydrogeologische Untersuchungen vorab Sinn (auch für die Ermittlung von Geothermie Gunstzonen). Die Untersuchungen in Klagenfurt am Wörthersee im Rahmen des Projektes können hier anderen Städten als Vorbild dienen.

Alle beteiligten Personen und Institutionen wurden durch Projektmeetings und Veranstaltungen von Beginn des Projektes bis zur Erstellung des Umsetzungskonzeptes bestmöglich eingebunden. Schlussendlich soll das erstellte Umsetzungskonzept für ein Demoprojekt für die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee und ebenfalls für andere Städte als Entscheidungsgrundlage dienen.

Das Energieversorgungskonzept für Klagenfurt-Harbach konnte für das Smart City Projekt SLiKH-Smart Living in Harbach Klagenfurt (SC Demo 8. Ausschreibung) als Grundlage verwendet werden. Auch Erkenntnisse zum Thema saisonale Wärmespeicher und Grundwassermodell wurden für das SLiKH Projekt weiterverwendet.

Der Projektleiter ist in die Planung für das Siedlungsgebiet Klagenfurt-Harbach maßgeblich eingebunden und kann damit die Erkenntnisse aus dem Projekt SAKS in den verschiedenen Entscheidungsgremien, die für die Bebauung des Gebietes verantwortlich sind, einbringen. Sowohl Wohnbauträger als auch Stadtwerke haben zugestimmt ein Fernwärme-Niedertemperaturnetz bereits ab der 1. Baustufe zu realisieren und Möglichkeiten zur zukünftigen Kühlung vorzusehen. Ebenso wird die Stadt dafür Sorge tragen, dass auch bei anderen neuen Wohnbauvorhaben das erarbeitete Energiekonzept Anwendung findet.

Die in SAKS gewonnenen Erkenntnisse und durchgeführten Berechnungen zur wärmegetriebenen Kühlung sind derzeit Grundlage für intensive Gespräche zwischen potenziellen Kunden, Stadtwerken und Biomassekraftwerksbetreiber. Hier übernimmt der Projektleiter eine Vermittlerrolle, um die besondere Bedeutung dieses Projektes für die Ziele der Stadt Klagenfurt hervorzuheben.

Die Realisierung eines Langzeitspeichers scheidet derzeit an der Finanzierbarkeit. Der Standort im Osten der Stadt wird jedenfalls weiterhin für eine spätere Nutzung verfügbar gehalten.

B.8. Ausblick und Empfehlungen

Das erstellte Handbuch kann als Grundlage für andere Städte und Gemeinden dienen. Die Machbarkeitsstudie ist eine Entscheidungshilfe für potenzielle Investoren.

Wärmegetriebene Kühlung/ Langzeit(Wärme)speicher:

Auf Basis der Ergebnisse des Projektes SAKS wird zukünftig die Errichtung von möglichen Niedertemperaturnetzen in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee evaluiert. In diesem Zusammenhang sind auch vertiefende Gespräche mit potentiellen Abwärmelieferanten zu führen. Bei Vorliegen genauer Daten über zur Verfügung stehende Leistung und Energie können auch weiterführend Überlegungen für Langzeitwärmespeicher ins Auge gefasst werden.

Der Standort im Osten von Klagenfurt sollte jedenfalls für ein späteres Projekt freigehalten werden und im Eigentum der Stadtwerke verbleiben. Mithilfe der Ergebnisse aus SAKS sollten auch potenzielle Investoren angesprochen werden.

Wohnbauprojekt Klagenfurt-Harbach:

Die Weiterführung von Ergebnissen aus dem Projekt SAKS erfolgt im Smart Cities Projekt SLiKH. Die Errichtung eines ersten Niedertemperatur-Fernwärmenetzes ist für die 1. Baustufe 2018 geplant, Möglichkeiten zur Kühlung über die Fußbodenheizung sind vorgesehen. Es werden technisch und wirtschaftlich umsetzbare Lösungen für die Wärme- und Warmwasserversorgung (in enger Abstimmung zwischen EKG/ Wohnbauträgern & HKLS- Planern) erarbeitet. Ein Demonstrationsprojekt sollte in der nächsten Ausschreibung eingereicht werden. Die Erkenntnisse aus Klagenfurt-Harbach dienen auch anderen neuen Wohnbauvorhaben in der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee als Vorbild.

Aufbau eines Fernkälte- Netzes:

Aufbauend auf den im Projekt SAKS evaluierten Ergebnissen betreffend eine Kälteversorgung für das Klinikum Klagenfurt am Wörthersee wurden und werden mit den Verantwortlichen des Klinikums weiterführende Gespräche geführt, um den Bedarf und die Rahmenbedingungen für eine machbare Umsetzung im Detail abzustimmen. Für die Evaluierung einer technischen und wirtschaftlichen Lösung wird seitens der EKG eine Ausschreibung für die Begleitung durch ein technisches Büro vorbereitet. Dabei werden beide im Projekt beschriebenen Varianten betrachtet mit dem Ziel einer möglichst hohen Nutzung an Energie, unter Berücksichtigung der Entwicklung des Standortes Klinikum Klagenfurt am Wörthersee (Erweiterung) und den Redundanzerfordernissen. Sollte eine wirtschaftliche Umsetzung möglich sein, so sind seitens der EKG weiterführende Gespräche für eine mögliche Umsetzung mit den Kunden geplant. Auch werden im Jahr 2017 durch die Errichtung der Fernwärmeleitung LKH – Lendorf wesentliche Voraussetzungen für ein Fernkälteprojekt geschaffen.

Auch hier wird Potenzial für die Einreichung eines Demoprojektes gesehen.

C. Literaturverzeichnis

BMVIT 2015/1: Entwicklung einer Fernwärme & -kälte Technologie Roadmap für Österreich (<https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Broschren/Energy-Innovation-Austria/eia0115deutsch.pdf>); abgerufen am 25.08.2015

Bucar G. 2005, Schweyer K., Fink C., Riva R., Neuhäuser M., Meißner E., Streicher W., Halmdienst

C. Grazer Energieagentur, AEE Intec, ÖPFZ Arsenal, S.O.L.I.D., TU Graz - Institut für Wärmetechnik: FEET - Bestehende fossile oder teilfossile Fernwärmenetze - Einbindung von dezentraler Energie aus Erneuerbaren Energieträgern - Chancen und Hemmnisse; bmvit Endbericht 78/2006
http://download.nachhaltigwirtschaften.at/edz_pdf/0678_dezentrale_energieerzeugung_fuer_fernwaerme.pdf

deBruyn K. 2015, Fritz S., Furtlehner M., Hengstschläger P.; GebEn - Gebäudeübergreifender Energieaustausch - Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen sowie Einflussfaktoren; Endbericht bmvit 31/2015
http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/berichte/endbericht_1531_geben_gebaeudeuebergreifender_energieaustausch.pdf

Energy initiative Klosterneuburg Smart Energy Demo - FIT for SET 1. AS
<https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/geofoerderte-projekte/detail/?plistcall=1&pid=22777>

Europa 2020 (2011): Österreichisches Reformprogramm 2011
(http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/nrp/nrp_austria_de.pdf); abgerufen am 25.08.2015

Ernst H. 2014: Energiewende - Chancen für die Fernwärme; Vortrag AGFW im Rahmen der Workshopreihe Wärmeversorgung Graz 2020/2030 am 25. April 2014

Fraunhofer 2013; Fraunhofer IRB Verlag: Wärmespeicher

GEA 2015: Grazer Energieagentur; Arbeitsgruppe „Wärmeversorgung Graz 2020/2030“;
<http://www.grazer-ea.at/cms/projekte/waermezukunft-2020-2030/content.html>

Hybrid-VPP4DSO 2014, aktiven Steuerung von Verbrauchern und erneuerbarer Erzeugung im Verteilnetz (hybridVPP4DSO); FFG-Projekt 843923 laufend
<https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Geschftsberichte/Jahresbericht-2014.pdf>

Köfinger M. 2015 et al: SeasonalGridStorage - Innovative saisonale Wärmespeicher für urbane Wärmenetze; bmvit – laufendes Projekt
<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id8151>

ManageGeoCity: Entwicklung einer Methodik zur koordinierten Nutzung und Bewirtschaftung der oberflächennahen Erdwärme in urbanen Räumen; FFG-Nr. 850118 – laufendes Projekt
<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id8138>

Moritz G. 2013, Lechner H., Pauritsch G., Lang B., Jamek A., Zach F., energie:bewusst Kärnten, Österreichische Energieagentur: Machbarkeitsstudie zur Fernwärmetransportleitung St. Veit / Glan – Klagenfurt ; 17.06.2013
<http://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/Machbarkeitsstudie-Fernwaerme->

Klagenfurt.pdf

Preisler A. 2012/1, Thür A., Neyer D., Focke H.: Solar cooling Monitor
Endbericht bmvit 28/2012:

http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/berichte/endbericht_1228_solarcoolingmonitor.pdf
<http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien771.pdf> Abgerufen am 29.08.2015

Preisler A. 2012/2, Selke T., Focke H., Hartl N., Geissegger G., Podesser E., Thür A.;
Austrian Institute of Technology/Energy Department, Austria Solar Innovation Center,
Austrian Energy Agency, Podesser Consulting, AEE INTEC: Technologie-Roadmap für
solarthermische Kühlung in Österreich

http://www.ait.ac.at/fileadmin/mc/energy/downloads/Endbericht-Publizierbar-Roadmap_SK-neu.pdf ; abgerufen am 26.08.2015

PITAGORAS - „Sustainable urban Planning with Innovative and low energy Thermal And power
Generation from Residual And renewable Sources“ <http://pitagorasproject.eu/content/home>

Pol O. 2008, Preisler A. Haslinger G., Kast H., Penthor A., Kempel G.; arsenal research , ILF
beratende Ingenieure, Fernwärme Wien: City Cooling - Intelligente Fernkälteversorgung Wien:
bmvit Endbericht 38/2010

http://download.nachhaltigwirtschaften.at/edz_pdf/1038_citycooling.pdf

Prognos 2014: Perspektiven der öffentlichen Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung (KWKK) in
Österreich; [http://oesterreichsenergie.at/branche/stromerzeugung/perspektiven-fuer-kwkk-in-](http://oesterreichsenergie.at/branche/stromerzeugung/perspektiven-fuer-kwkk-in-oesterreich.html?file=files/oesterreichsenergie.at/Downloads%20Erzeugung/Prognos_2014_KWK%20Oesterreich.pdf)

[oesterreich.html?file=files/oesterreichsenergie.at/Downloads%20Erzeugung/Prognos_2014_KWK%20Oesterreich.pdf](http://oesterreichsenergie.at/branche/stromerzeugung/perspektiven-fuer-kwkk-in-oesterreich.html?file=files/oesterreichsenergie.at/Downloads%20Erzeugung/Prognos_2014_KWK%20Oesterreich.pdf); abgerufen am 25.08.2015

SDHtake-off: Solar District Heating in Europe <http://solar-district-heating.eu/>

Schmidt R.-R. 2015/1 et al: NextGenerationHeat - Niedertemperaturfernwärme am Beispiel
unterschiedlicher Regionen Österreichs mit niedriger Wärmebedarfsdichte; Klima- und
Energiefonds Neue Energien 2020, FFG-Nr. 834582 – laufendes Projekt

<https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/geofoerderte-projekte/detail/?plistcall=1&pid=60920>

Schmidt R.-R. 2015/2 et al: URBANcascade: Klima- und Energiefonds e!Mission+.at 1. AS +
2. AS; FFG-Nr. xxx – laufendes Projekt

<https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/geofoerderte-projekte/detail/?plistcall=1&pid=194217>

Schnitzer H. 2012, Schmied J., Titz M., Jägerhuber P., Enzi C., Filzwieser P.: Abwärmekataster
Steiermark Endbericht

http://www.energie.steiermark.at/cms/dokumente/11227157_50051221/f0574fb2/Abwaermekataster_Steiermark_2013.pdf

Schweyer K. 2007, Bucar G. Fink C., Pertl M., Meißner E., Rieberer R., Halozan H.; Grazer
Energieagentur, AEE Intec, TB Meißner, TU Graz Institut für Wärmetechnik:

ESOFEEt – Energiedienstleistungen für die optimierte Sommerauslastung von
Fernwärmenetzen zur besseren Einbindung erneuerbarer Energieträger; Projektnummer
810697 bmvit Endbericht 24.07.2007

<http://www.energiesystemederzukunft.at/results.html/id4470>

Smart Region Stadt-Umland Süd Smart Cities Demo 4. Ausschreibung 2013

<https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/geofoerderte-projekte/detail/?plistcall=1&pid=182896>

Sondierung Micro Grid Güssing Smart Cities - FIT for SET 3. Ausschreibung
<https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/gefoerderte-projekte/detail/?plistcall=1&pid=184005>

Store 4 Grid: e!MissiOn+.at 1. AS + 2. AS
<https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/gefoerderte-projekte/detail/?plistcall=1&pid=194211>

ZAMG: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik; HISTALP homogenised stationmode series Klagenfurt-Flughafen T01 Summer

Dohna A. 2016, <http://www.saisonalspeicher.de/>, Solites , Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, abgerufen am 16.12.2016 um 13:00

IEA, 1995, IEA Heat Pump Center: Industrial Heat Pumps. Final Report from Annex 21 of the Heat Pump Programme. April 1995

Schmidt T., 2005, Erdsonden- und Aquifer-Wärmespeicher in Deutschland, Tagungsband OTTI Profiforum Oberflächennahe Geothermie, OTTI e. V., Regensburgs

Ochs F. et. al., 2015, Store4Grid: Optimierte Erdbecken-Wärmespeicher für Wärmenetze, Endbericht

Kneihs in Holoubek/Potacs (Hrsg), Handbuch des öffentlichen Wirtschaftsrechts II2 (2007), Preis- und Versorgungssicherungsrecht 1319

Schett in IUR / IUTR (Hrsg), Europäisches Klimaschutzrecht und erneuerbare Energien (2014), Rechtliche Rahmenbedingungen der Fernwärme und -kälte, insbesondere Leitungsrechte 215.

D. Anhang

Siehe auch Upload der Dokumente im e-call

AP1/AP2: Auszug Veranstaltungen/ Workshops/Newsletter/ Publikationen



Smart Cities werden auf Basis von Energieeffizienz und erneuerbaren Energieträgern errichtet. Gerade um diesen Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und Abwärme im Bereich der Fernwärme geht es bei einem gemeinsamen Projekt der Landeshauptstadt Klagenfurt, der Grazer Energie Agentur und der Energie Klagenfurt GmbH.

Smarte Abwärmenutzung durch Kühlung und Speicherung

Im Großraum Klagenfurt gibt es verschiedenste Abwärmepotenziale (vorwiegend aus Heizkraftwerken, Industrie- und Gewerbebetrieben), die vor allem in den Sommermonaten derzeit nicht genutzt werden können. Ziel des Projektes ist es, diese Abwärmepotenziale aus dem Großraum Klagenfurt zu erheben und durch Speicherung (Saisonspeicher) für die Wintermonate zum Heizen und in den Sommermonaten zur Verwendung des Antriebes von Sorptions-Kälteanlagen zur Kühlung nutzbar zu machen.

Konkretes Bauprojekt in Harbach

Im Speziellen wird die „smarte“ Nutzung von Abwärme, Wärmespeichern und Wärmesystemen am konkreten Bauprojekt in Harbach in Klagenfurt behandelt. Denn die Landeshauptstadt beabsichtigt in den nächsten Jahren das Stadt-Entwicklungsgebiet „Harbach“ mit ca. 950 Wohneinheiten für circa 3.000 Einwohner zu errichten. Neben der Umsetzung in

Niedrigenergiehaus-Bauweise ist eine Nieder temperatur-Wärmeversorgung geplant. Die Wärme-Kälteversorgung soll für die Nutzer leistbar und ökologisch sein. Das Baugebiet liegt im Fernwärmeverorgungsgebiet.

Klimatisierung von öffentlichen Gebäuden

Weiters steigt in den letzten Jahren auch in Klagenfurt der Bedarf zur Nachrüstung von Klimageräten aufgrund der ansteigenden Sommertemperaturen markant an. Die Erweiterung der Klimatisierung in öffentlichen Gebäuden (wie z.B. Bereiche des Klinikums Klagenfurt) ist kurz-/mittelfristig erforderlich.

Kühlung und Speicherung von Fernwärme

Das Ergebnis dieses Projektes ist eine Machbarkeitsstudie, die der Landeshauptstadt und der STW als lokalen Energieversorger als Vorbereitung für Umsetzungsprojekte im Bereich Kühlung und Speicherung von Fernwärme

dient und auch für andere Städte nutzbar ist.

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Smart-City-Initiative durchgeführt.

Auf einen Blick

Weitere Infos zum Projekt und über Smart Cities finden Sie hier:

STW Website
www.stw.at/privatkunden/energie/waerme-projekt-saks/

SAKS Projektseite der Stadt Klagenfurt
www.klagenfurt.at/leben-in-klagenfurt/umwelt-natur/smart-cities/saks-klagenfurt.html

Website der Grazer Energie Agentur
<http://www.grazer-ec.at/finanzierung-und-wissenstransfer/saks-klagenfurt/content.html>



Abbildung 59: Publikation SAKS (STW Kundenmagazin Lichtblick 19)

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Smart-Cities-Initiative durchgeführt.

EINLADUNG zum ExpertInnenworkshop im Rahmen des Projektes SAKS Klagenfurt- Smarte Abwärmenutzung durch Kühlung und Speicherung in Klagenfurt in Klagenfurt am Wörthersee

Ziel des Sondierungsprojektes SAKS Klagenfurt (Smarte Abwärmenutzung durch Kühlung u Speicherung in Klagenfurt) ist es, mit Hilfe des bestehenden Fernwärmenetz Abwärmequellen, Speicher und Wärmeabnehmer zu einem intelligenten Gesamtsystem zusammenzuführen und die Sommernutzung der Fernwärme durch wärmegetriebene Kühlung zu erweitern. Die Wärme- und Kälteversorgung von Klagenfurt am Wörthersee soll damit in ressourcenschonender erfolgen.

Der ExpertInnenworkshop wird im Rahmen des Projektes SAKS durchgeführt mit dem Ziel, erste themenspezifische Projekterkenntnisse zum geplanten Konzept für Klagenfurt am Wörthersee vorzustellen. Dazu erwartet das Projektteam Rückmeldungen und Beiträge der TeilnehmerInnen, sowie eine angeregte Diskussion.

Wir laden Sie herzlich zu diesem Workshop ein und freuen uns auf Ihr Kommen!

Wann: 24.10.2016 09:00-15:00 Uhr

Wo: Festsaal der Stadtwerke Klagenfurt, St. Weiterstraße 31, 9020 Klagenfurt/Ws.

Information zur Anfahrt und Anmeldung:

Ort der Veranstaltung: Festsaal der Stadtwerke Klagenfurt, St. Weiter Straße 31, 9020

Klagenfurt (Eingang PSG, 1.Stock) **Achtung:** Aufgrund der begrenzten Parkmöglichkeiten vor

Ort, wird um Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln ersucht. ÖV-Infos unter:

<https://www.stw.at/privatkunden/mobilitaet/fahrplan/online-fahrplanauskunft/>



Abbildung 60: SAKS Einladung ExpertInnen Workshop (TeilnehmerInnenliste siehe e-Call)

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Smart-Cities-Initiative durchgeführt.

Workshop – Programm

(Moderation: Wolfgang Hafner, Abteilung Umweltschutz)

Teil I – Abwärmenutzung und Langzeitspeicherung	
09:00	Begrüßung und Kurzvorstellung des Projektes SAKS- aktueller Stand (Magistrat Klagenfurt, W. Hafner/ EKG, W. Bogner)
09:30	Technische Möglichkeiten Abwärmenutzung und Langzeitspeicherung (GEA, E. Meissner) Kurzvorträge zu den Einflussfaktoren: - Stadtplanung und Speicherstandorte (Magistrat Klagenfurt, Abt. Stadtplanung) - Hydrogeologie (JR-AquaConSol) - Langzeitspeicher (TU Graz) - Speicher aus Sicht des Netzbetreibers (EKG) - Geschäftsmodelle Abwärmenutzung (GEA, G. Bucar)
10:45	Diskussion, Beiträge der Teilnehmer und Analyse Es sind Kurzvorträge und Statements der TeilnehmerInnen zum Thema erwünscht
12:00	Ende Workshop Teil I - Mittagspause
13:00	Teil II – Wärmegetriebene Kühlung und Sommernutzung Fernwärme
13:00	Einleitung zum Thema (W. Hafner) technische Möglichkeiten wärmegetriebene Kühlung und Sommernutzung (GEA, E. Meissner)
13:20	Impulsreferate - Netzbetreiber (EKG) - Voraussetzungen im FW-Netz - Potentielle Kunden Kälte (KABEG, E. Preckl) - Betreiber von Anlagen (Wien Energie) - Hersteller von wärmegetriebenen Kälteanlagen (Hersteller von Kältemaschinen - angefragt)
14:10	Diskussion und Beiträge der TeilnehmerInnen, Analyse Kurzvorträge und Statements der TeilnehmerInnen zum Thema
14:45	Zusammenfassung und Ausblick (W. Hafner)
15:00	Ende Workshops und Ausklang mit Möglichkeit zum Networking unter den TeilnehmerInnen

Online-Anmeldung: um Anmeldung wird gebeten: http://www.grazer-ea.at/cms/forschung-und-wissenstransfer/saks-klagenfurt/idart_2214-content.html

SAKS Klagenfurt

Smarte Abwärmenutzung durch Kühlung und Speicherung in Klagenfurt

Inhalte und Zielsetzung:

Ziel des Projektes ist es, Abwärmepotentiale von Industrie- und Gewerbebetrieben, sowie Heizkraftwerken aus dem Großraum Klagenfurt zu erheben und diese Potentiale durch Speicherung (Saisonspeicher) für die Wintermonate zum Heizen und zur Verwendung des Antriebes von Absorptions-Kälteanlagen zur Kühlung in den Sommermonaten nutzbar zu machen. Der Energiebedarf für Heizung und Warmwasser für das Stadtentwicklungsgebiet Harbach und der Kühlbedarf einzelner Großabnehmer (z.B. Klinikum Klagenfurt) soll durch die Nutzung der bestehenden Abwärmepotentiale abgedeckt werden.

Methodik:

1. Umfassende Erhebung, Analyse und Bewertung der Einflussfaktoren (technische Umsetzung, wirtschaftliche Machbarkeit, soziale Akzeptanz, Prüfung der Umweltauswirkungen und Legal Compliance)
2. Zusammenführung zu intelligentem Gesamtsystem
3. Einarbeitung der Erkenntnisse aus anderen Projekten (beispielsweise zum Thema saisonale Wärmespeicher, Grundwassermodell Klagenfurt)

Gesamtkonzept:



Standorte in Klagenfurt:



- A, B und C → Betriebs mit Abwärmepotential bei Temperaturniveau > 50 °C
 - D → Rauchgas-Kondensation (inkl. Hochtemperaturdrumspeiser, Heizwerk Ost)
 - E → Industriebetriebe
 - Aquärmepotential nördlich von Klagenfurt
 - 1 und 2 → Potentielle Grundflächen für wärmegetriebene Kühlung
- Mögliche Speicherstandorte:
- I → Ost
 - II → Harbach
 - III → Süd
 - IV → Nord

Factbox Harbach:

- Neues Stadtentwicklungsgebiet mit 11 ha Fläche im Osten Klagenfurts
- 873 wohnbaufördernde Wohneinheiten in 12 Bauabschnitten für rund 2.100 BewohnerInnen
- 60.200 m² Nutzfläche
- Versorgung mit Niedertemperatur-Fernwärme und saisonalem Wärmespeicher
- Systemtemperaturen Fernwärme: VU RL 58 °C max. 38 °C
- Wärmebedarf 4,12 GWh / Jahr

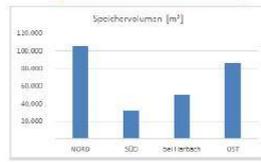
Ergebnisse der Analysen:

Abwärmepotential zur Fernwärmeinspeisung:



- Erhebung des Abwärmepotentials mittels Fragebogen (30 Betriebe wurden kontaktiert, Rücklaufquote: ca. 75 %)
- Auswertung ergibt erhebliches, zur Einspeisung in die Fernwärme geeignetes Abwärmepotential
- derzeitiges Grundlastband der Fernwärme Klagenfurt: ca. 16 MW

Übersicht Abwärmespeicher



- Speicher-Standort bei Harbach am geeignetsten
- Optimale Auslegung als Erdbecken-Speicher mit rund 50.000 m³ (2,3 GWh Nutzenergie)
- Sohle des Speichers nur bei hohem Grundwasserspiegel (Q₃₅) im Grundwasser
- Dämmung und Abdichtung der Speicherschle notwendig
- Keine Rückstaueffekte beim Grundwasser und kein Einfluss auf bestehende Wasserrechte

Nutzung und Speicherung von Abwärme:

Übersicht Speichertemperatur:



Nutzung und Speicherung der Abwärme für Harbach:



Steigerung der Sommernutzung der Fernwärme durch Harbach und wärmegetriebene Kühlung:



Ergebnis:

- Bereitstellung eines Handbuchs für die Zielgruppen, um sie bei strategischen Entscheidungen auf dem Weg zu einer CO₂-freien Wärme- und Kälteversorgung ihrer Stadt zu unterstützen
- Machbarkeitsstudie, die der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee und dem lokalen Energieversorger EKG als Vorbereitung für Umsetzungsprojekte im Bereich Kühlung und Speicherung von Fernwärme dient und auch auf andere Städte umlegbar ist.

Projektinfos:

Partner: Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee
Energie Klagenfurt GmbH
Graz Energieagentur GmbH
Laufzeit: 03/2016 – 06/2017
Fördergeber: Klima- und Energiefonds, Abwicklungsstelle: FFG

Abbildung 61: SAKS Poster



Abbildung 62: SAKS Posterpräsentation iRd e-NOVA (Pinkerfeld 24./25.11.2016)



Abbildung 63: SEWA 2017 SAKS Posterpräsentation (Graz 15-19.05.2017- Platz 5 unter 51 Postereinreichungen für den SESWA Ward 2017)

neben der Umsetzung in Niedrigenergieausbauweise ist eine erneuerbare-wärmeversorgung geplant. Die Wärme-Kälteversorgung soll für die Nutzer „leistbar“ und ökologisch sein. Das Baugebiet liegt im Fernwärmeversorgungsgebiet.

Weiters steigt in den letzten Jahren auch in der Landeshauptstadt Klagenfurt der Bedarf zur Nachrüstung von Klimageräten aufgrund der ansteigenden Sommertemperaturen markant an. Die Erweiterung der Klimatisierung in öffentlichen Gebäuden (wie z.B. Bereiche des Klinikums Klagenfurt) ist kurz-/mittelfristig erforderlich.

Das Ergebnis dieses Projektes ist eine Machbarkeitsstudie, die der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee und uns als lokalen Energieversorger als Vorbereitung für Umsetzungsprojekte im Bereich Kühlung und Speicherung von Fernwärme dient und auch für andere Städte nutzbar ist.

Weitere Infos zum Projekt und über Smart Cities finden Sie hier auf der Website der Grazer Energie Agentur, und auf der SAKS Projektsite der Stadt Klagenfurt.

SAKS Poster

SESWA AWARD 2017

Bei der Smart Energy Systems Week Austria gelangte das Projekt SAKS Klagenfurt (Smarte Abwärmernutzung durch Kühlung und Speicherung in Klagenfurt) unter die Top 5 nominierten (aus 51 Einreichungen) für den SESWA AWARD 2017.

powered by Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Smart-Cities-Initiative durchgeführt.

STADT.KLAGENFURT
am Wörthersee

Grazer ENERGIEAgentur

Folgen Sie uns Seite teilen [Presse](#) [Jobs](#) [Kontakt](#) [Newsletter](#) [Sitemap](#) [Gas Notrufnummer 128](#) [AGB](#) [Impressum](#)

Abbildung 64: Screenshot SAKS Newsletter SESWA (vom 27.07.2017)

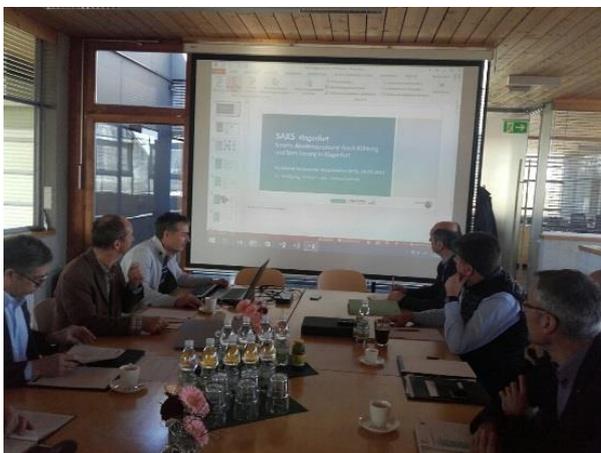


Abbildung 65: PTI (=Projektbeirat) Sitzung (Klagenfurt am Wörthersee 14.03.2017)

https://www.stw.at/privatkunden/energie/waerme-projekt-saks/

Wärme-Projekt SAKS - Stad...

- Gas
- Wärme
- Wärme-Projekt SAKS**
- Energieberatung
- PV-Bürgerbeteiligungsprojekt "Sunnasetn"
- Quicklinks

Smarte Abwärmennutzung durch Kühlung und Speicherung (SAKS)

Smarte Cities werden auf Basis von Energieeffizienz und erneuerbarer Energieträger errichtet. Gerade um diesen Einsatz erneuerbarer Energieträger und Abwärme im Bereich der Fernwärme geht es bei einem gemeinsamen Projekt der Landeshauptstadt Klagenfurt, der Grazer Energie Agentur und der Energie Klagenfurt GmbH.

Im Großraum Klagenfurt gibt es verschiedenste Abwärmepotenziale (vorwiegend aus Industrie- und Gewerbebetrieben, Heizkraftwerken), die vor allem in den Sommermonaten derzeit nicht genutzt werden können. Ziel des Projektes ist es, diese Abwärmepotenziale aus dem Großraum Klagenfurt zu erheben und durch Speicherung (Saisonspeicher) für die Wintermonate zum Heizen und in den Sommermonaten zur Verwendung des Antriebes von Sorptions-Kälteanlagen zur Kühlung nutzbar zu machen.

Im Speziellen wird die „smarte“ Nutzung von Abwärme, Wärmespeicher und Wärmesysteme am konkreten Bauprojekt in Harbach (Klagenfurt) behandelt. Denn die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee beabsichtigt in den nächsten Jahren das Stadt-Entwicklungsgebiet „Harbach“ mit ca. 950 Wohneinheiten für ca. 3.000 Einwohner zu errichten. Neben der Umsetzung in Niedrigenergiehaus-Bauweise ist eine Niedertemperatur-Wärmeversorgung geplant. Die Wärme-/Kälteversorgung soll für die Nutzer „leistungsfähig“ und ökologisch sein. Das Baugebiet liegt im Fernwärmeversorgungsgebiet.

Weiters steigt in den letzten Jahren auch in der Landeshauptstadt Klagenfurt der Bedarf zur Nachrüstung von Klimageräten aufgrund der ansteigenden Sommertemperaturen markant an. Die Erweiterung der Klimatisierung in öffentlichen Gebäuden (wie z.B. Bereiche des Klinikums Klagenfurt) ist kurz-mittelfristig erforderlich.

Das Ergebnis dieses Projektes ist eine Machbarkeitsstudie, die der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee und uns als lokalen Energieversorger als Vorbereitung für Umsetzungsprojekte im Bereich Kühlung und Speicherung von Fernwärme dient und auch für andere Städte nutzbar ist.

Weitere Infos zum Projekt und über Smart Cities finden Sie [hier auf der Website der Grazer Energie Agentur](#), und auf der [SAKS Projektseite der Stadt Klagenfurt](#).

powered by Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Smart-Cities-Initiative durchgeführt.

Folgen Sie uns Seite teilen News & Presse Jobs Kontakt Newsletter Sitemap AGB Impressum

Abbildung 66: Screenshot SAKS Newsletter (vom 09.02.2017)

INHALTE UND ZIELSETZUNG

Ziel des Smart City Projektes SAKS Klagenfurt war es, u.a. vorhandene Abwärmepotentiale von Industrie- und Gewerbebetrieben, sowie Heizkraftwerken aus dem Großraum Klagenfurt zu erheben. Weiters wurde die Möglichkeit einer Speicherung (Saison-/Jahresspeicher), sowie die Verwendung der Abwärme für Heizung und Warmwasser für das Stadt-Entwicklungsgebiet Harbach geprüft.

FACTBOX HARBACH:

- Neues Stadtentwicklungsgebiet mit 11 ha Fläche im Osten Klagenfurts
- bis zu 900 wohnbaufördernde Wohneinheiten für rund 1.700 BewohnerInnen im Endausbau
- mehrere Bauabschnitte, Beginn: 1. Bauabschnitt: Herbst 2018
- Wärmeversorgung mit Niedertemperatur-Heizsystem (mit Kältoption) geplant

PROJEKTINFOS:

Förderprogramm: Smart Cities Demo - 6. Ausschreibung
 Projektpartner: Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt a. Ws.,
 Abteilung Umweltschutz
 Energie Klagenfurt GmbH
 Grazer Energieagentur GmbH
 Projektlaufzeit: 03/2016 - 02/2017
 (verlängert bis 06/2017)
 Fördergeber: Klima- und Energiefonds



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Smart-Cities-Initiative durchgeführt.



Impressum:
 Herausgeber: Abt. Umweltschutz, Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt, Bahnhofsstraße 35, 9020 Klagenfurt a. Ws., T +43 463 537-4891, Druck: Abt. Stadtkommunikation, StadtDruckerai, Neuer Platz 1, 9020 Klagenfurt a. Ws.; Bilder: Bigstock/PRIMA, Michael Paulinet Archt. Wetschko



Abbildung 67: Infolder Harbach (Gesamtfolder siehe Upload e-Call)

AP 3: Fragebogen Abwärmeehebung/ Kühlbedarfsanalyse



ERHEBUNG ABWÄRMEPOTENTIAL FÜR FERNWÄRMEEINSPEISUNG SAKS KLAGENFURT	
Unternehmen:	
Ansprechperson und Position im Unternehmen (inkl. Kontaktdaten):	
Produktionstage pro Woche:	
Betriebsstunden je Produktionstag:	
Sonstige Stillstandszeiten (z.B. Betriebsurlaub):	
Schichtbetrieb:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Ist überschüssige Abwärme vorhanden:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Art der überschüssigen Abwärme (z.B. Abluft, Maschinenabwärme, Wärmetauscher, etc.):	
	kW kWh
Leistung und/oder Energie min/max in kW/kWh:	
Leistung Niedertemperatur (25-40°C):	
Leistung Mitteltemperatur (40-60°):	
Leistung Hochtemperatur (>60°C):	
Abschätzung des Lastprofils der überschüssigen Abwärme:	
Fällt im Sommer an:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Fällt im Winter an:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Fällt in den Übergangszeiten an:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Fällt in Abhängigkeit der Produktion an:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Zeiten der Abwärmeproduktion sind planbar:	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Wie erfolgt die Wärmeerzeugung im Unternehmen?	
Wärmeerzeuger (Kessel, Fernwärme, Wärmepumpe, etc):	
Anschlussleistung/Nennleistung in kW:	
Heizenergieverbrauch jährlich in kWh:	
Sonstige Anmerkungen:	
<small>Sämtliche Daten werden im Falle Ihrer Zustimmung zur Veröffentlichung ausschließlich im Rahmen des Forschungsprojekts "SAKS Klagenfurt - Smarte Abwärmeeinspeisung durch Kühlung und Speicherung in Klagenfurt" und in anonymisierter und aggregierter Form verwendet. Wir ersuchen Sie den Fragebogen nur innerhalb des Unternehmens zu nutzen und nicht an externe Personen weiterzugeben.</small>	

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms "Smart Cities Demo" durchgeführt.

Abbildung 68: Fragebogen Abwärmepotential/ Kältebedarf (siehe Upload e-call und Handbuch)

Bericht

Energiekonzept Harbach 2020

Inhaltsverzeichnis

1. AUFGABENSTELLUNG:.....	3
2. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE:.....	3
3. ERMITTLUNG ENERGIEVERBRAUCH:.....	4
4. TEMPERATURNIVEAU DER WÄRMEABGABE:	6
5. TRINKWASSERERWÄRMUNGSANLAGEN:.....	7
WOHNUNGSSTATION:	7
FERNWÄRMEBOILER (z.B. FA. AUSTRIA EMAIL, THERMOGRAF):	8
FERNWÄRMEBOILER, INNOVATIVE SONDERLÖSUNG: SYSTEM DER FA. PINK. ENERBOXX®:	9
ZUSAMMENFASSUNG TRINKWASSERERWÄRMUNG:	9
6. WÄRMEABGABESYSTEM (HEIZUNGSSYSTEM):.....	10
7. LITERATURRECHERCHE UND ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGS-PROJEKTE ZUM THEMA NIEDERTEMPERATUR-FERNWÄRME:.....	11
8. MÖGLICHE EINBINDUNG EINES INNOVATIVEN FERNWÄRMESYSTEMS UND EINSPEISUNG ALTERBNATIVER ENERGIEN IN DAS BESTEHENDE NETZ.	16
9. VERMEIDUNG SOMMERLICHER ERWÄRMUNG (ÖNORM B 8110-3: 1999)	19
10. AKTIVE KÜHLUNG:	24
KOMPRESSIIONSKÄLTEANLAGEN:.....	25
WÄRMEGETRIEBENE KÄLTEANLAGEN:.....	25
11. LED BELEUCHTUNGSSYSTEME:.....	28
12. ENERGIEPOLITISCHE STEUERUNGSELEMENTE:	30

Abbildung 69: Energiekonzept Klagenfurt-Harbach (Gesamtdokument siehe Anhang e-Call)

SAKS Klagenfurt - Smarte Abwärmenutzung durch Kühlung und Speicherung in Klagenfurt – Hydrogeologische Bewertung Langzeitspeicher - Endbericht

T. HARUM & A. DALLA-VIA

Auftraggeber: Grazer ENERGIEAgentur



Freigegeben: Univ. Doz. Dr.  Fank, CEO

Graz, 26.06.2017

Zu AP 7 Rechtsregister



Hausanschlussmanagement

Mo. bis Do. 7.00 – 16.00 Uhr, Fr. 7.00 – 12.00 Uhr

Tel. +43 463 521-880

Fax: +43 463 500 521-4000

E-Mail: hausanschluss@stw.at

St. Veiter Straße 31, 9020 Klagenfurt am Wörthersee

Klagenfurt am Wörthersee, am **Datum**

Kältelieferungsvertrag Gewerbe

Die
Energie Klagenfurt GmbH
FN 269898i
St. Veiter Straße 31
9020 Klagenfurt am Wörthersee

schließt mit

Unternehmen
Straße
Ort

im folgenden "Kunde" genannt,

für das Objekt

Adresse – Anlagen-Nr. xxxxxxxx
in Klagenfurt am Wörthersee

gemäß den nachstehenden Bestimmungen einen Kältelieferungsvertrag wie folgt ab:

Abbildung 71: Entwurf Kälteliefervertrag

IMPRESSUM

Verfasser: Magistrat der Landeshauptstadt
Klagenfurt am Wörthersee
Abteilung Umweltschutz

Dr. Wolfgang Hafner
Bahnhofstraße 35
9020 Klagenfurt a.W.
0463 537 4885
Wolfgang.hafner@klagenfurt.at

Projekt- und Kooperationspartner
Grazer Energieagentur GmbH
Kaiserfeldgasse 13/I
8010 Graz, **Steiermark**

Energie Klagenfurt
GmbH St. Veiter
Straße 31
9020 Klagenfurt am Wörthersee,
Kärnten

Magistrat der Landeshauptstadt
Klagenfurt am Wörthersee -
Abteilung Umweltschutz
Bahnhofstraße 35
9020 Klagenfurt am Wörthersee,
Kärnten

**Eigentümer, Herausgeber und
Medieninhaber:**

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer:

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht
notwendigerweise die Meinung des Klima-
und Energiefondswider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für
die Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes:

ZS communication + art GmbH