

Energiekonzept

Bauvorhaben : DAM

Projekt-Nr. : 2466

Bauherrin : Hansa Invest Real Assets GmbH
Kapstadtring 7
22297 Hamburg

Architekt : David Chipperfield Architekten
Joachimstraße 11
10119 Berlin

aufgestellt : REESE Ingenieure GmbH & Co. KG
Fuhlsbüttler Straße 431
22309 Hamburg

Index : 02

Stand : 02.08.2024

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG	2
2	HEIZUNG	3
2.1	WÄRMEPUMPEN MIT WÄRMEQUELLE GEOTHERMIE	3
2.2	WÄRMEPUMPEN	6
2.3	WÄRMEBILANZ	7
2.4	FERNWÄRME (WIRTSCHAFTSEINHEITEN 1+2 SOWIE WIRTSCHAFTSEINHEIT 3)	7
2.5	WÄRMEERZEUGERVERBUND: WÄRMEPUMPE - FERNWÄRME (WIRTSCHAFTSEINHEIT 1 +2)	7
3	KÄLTE.....	9
3.1	MECHANISCHE KÄLTEERZEUGUNG.....	9
3.2	RÜCKKÜHLUNG ÜBER ERDSONDENFELD - WÄRMERÜCKGEWINNUNG	10
3.3	RÜCKKÜHLUNG ÜBER RÜCKKÜHLWERKE	11
4	LÜFTUNG	12
5	FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNG	14

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Hansa Invest Real Assets GmbH plant einen Neubau mit 7 oberirdischen Gebäuden und einer gemeinsamen Tiefgarage an der Rabenstrasse 15-19 / Alsterstrasse 11-12 / Warburgstrasse 13,21,23 in der Nutzungsart Mischnutzung. Das Gelände soll aus insgesamt sieben Gebäuden bestehen. Bei den Objekten soll eine Realteilbarkeit möglich sein, wodurch das Areal in drei Wirtschaftseinheiten untergliedert werden soll. Wirtschaftseinheit 1 besteht aus Haus 1, welches die Signal Iduna beziehen möchte. Wirtschaftseinheit 2 setzt sich aus den Häusern 2, 3, 4, 6 und 7 zusammen. Die Wirtschaftseinheit 3 wird aus dem Gebäude 5 gebildet. Das Haus 5 bleibt im Bestand und wird zum Wohngebäude umgeplant. Haus 7 soll eine reine Fahrradgarage darstellen und wird weder beheizt noch gekühlt. Die Wirtschaftseinheit 2 kann Hausweise fremdvermietet werden (Wahlweise Single- oder Multi-Tenant).

Die Aufgabenstellung besteht darin, den Gebäudekomplex und die Wirtschaftseinheiten ökonomisch und ökologisch mit Wärme und Kälte für die Gebäudeklimatisierung zu versorgen. Der Einsatz erneuerbarer Energien ist dabei zu berücksichtigen. Der Auftraggeber ist daran interessiert, bei der Energieerzeugung seinen CO₂ - Fußabdruck über das Areal sehr gering zu halten.

2 HEIZUNG

2.1 WÄRMEPUMPEN MIT WÄRMEQUELLE GEOTHERMIE

Die Wärmebereitstellung für die Gebäude 1 bis 4 erfolgt anteilig zur Deckung der Grundlast (vorrangig Transmissionswärmebedarf) für das gesamte Quartier über Wärmepumpen, ausgenommen von Wirtschaftseinheit 3.

Wärmepumpen beziehen den Großteil ihrer Energie aus der Umwelt (Luft, Erde, Grundwasser). Diese Energie befindet sich jedoch auf einem niedrigen Temperaturniveau, welches nicht direkt zu Heizzwecken verwendet werden kann. Die Wärmepumpe befördert die Energie unter Einsatz elektrischer Leistung auf ein höheres Temperaturniveau, so dass die Wärmeversorgung eines Gebäudes schließlich möglich ist (Abbildung 1).

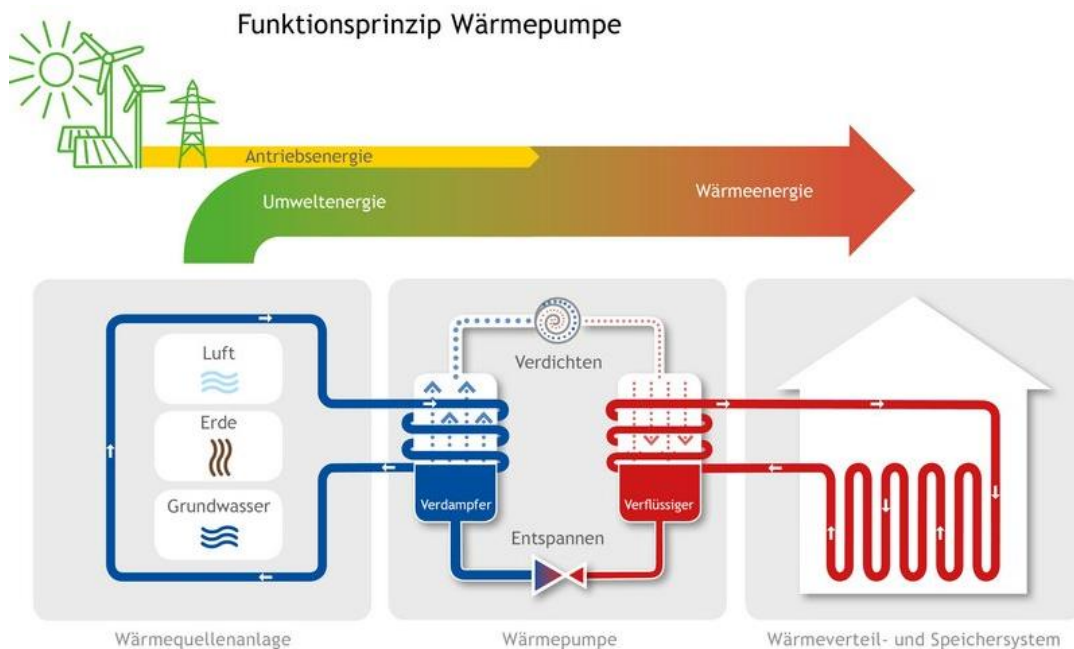


Abbildung 1: Funktionsprinzip Wärmepumpe, Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V

Im Fall des Quartiers Signal Iduna, Neue Rabenstraße, werden Sole-Wasser-Wärmepumpen eingesetzt, die ihre Umweltenergie über Erdsonden aus dem Erdreich beziehen (Abbildung 2).

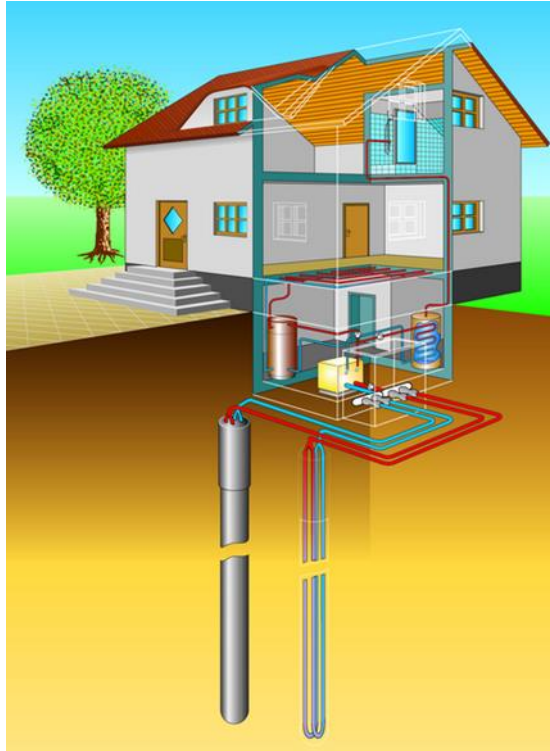


Abbildung 2: Prinzip Wärmepumpen mit Erdwärmesonden, Quelle: Umweltbundesamt

Es ist der Einsatz von mindestens zwei Wärmepumpen geplant. Dadurch wird eine Teilredundanz (2x50%) erreicht. Die Wärmepumpen werden zentral in einer in der Heizungszentrale im Gebiet der Wirtschaftseinheit 2 vorgesehen.

Die Wärmequelle Erde wird über ein unter dem Quartier liegendes Erdsondenfeld erschlossen (Abbildung 3). Dessen Größe ist in Abstimmung mit dem Bauherrn und gemeinsam mit dem Büro UBeG auf die technisch und wirtschaftlich optimale Größe hin untersucht worden. Die Erkenntnisse der Untersuchungen und der Austausch mit dem geologischen Landesamt (BUKEA) sowie deren konzeptionelle Zustimmung wurden in dem „DAM_BX_220208_UBeG_Bericht_Geothermie Machbarkeitsstudie“ des Büro UBeG und deren Ergänzung „1445 - Neue Rabenstrasse Hamburg Ergänzung 11 Jan 2023“ zusammengeführt. Im Ergebnis ergibt sich eine maximal mögliche Feldgröße aus max. 343 Erdwärmesonden mit jeweils einer Bohrtiefe von ca. 100m.

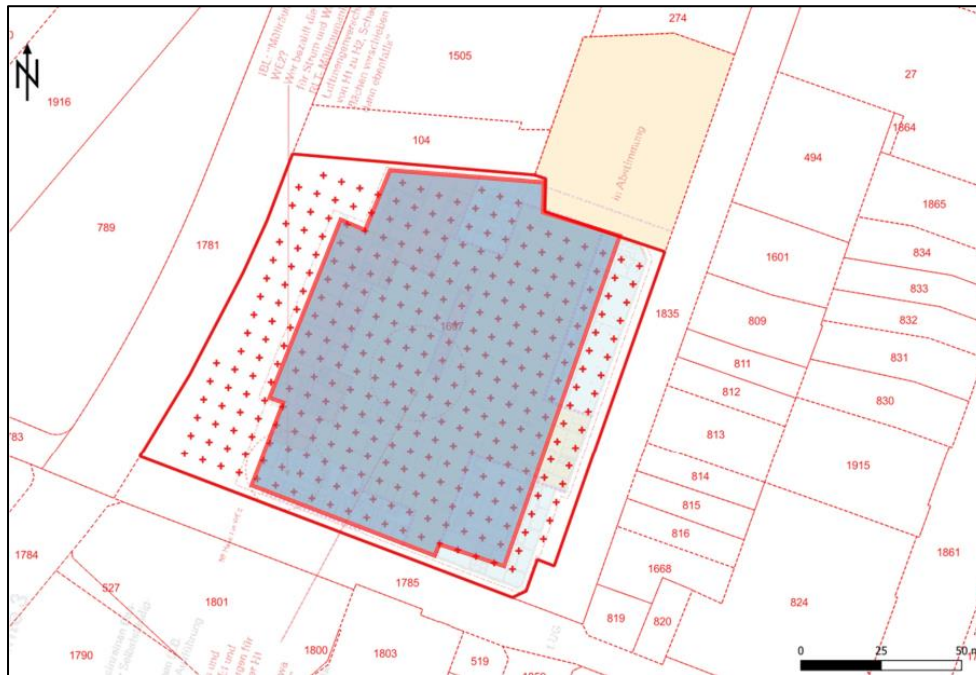


Abbildung 3: Erdsondenfeld mit ca. 230 Erdwärmesonden (hellblauer, optimierter Bereich), Quelle: Liebert Ingenieure

Um den Energiebedarf des Projektes zu decken, muss nicht das ganze Geothermiepotential und somit nicht die maximal mögliche Sonden Anzahl umgesetzt werden. Die momentane Betrachtung geht von ca. 230 notwendigen Erdsonden aus (siehe Abb. 3 blauer Bereich).

Im Winter wird dem Erdsondenfeld Wärme auf niedrigem Temperaturniveau entzogen (Ruhetemperatur der Erde beim Einschalten der Anlage ca. 12°C). Durch den Wärmeentzug kühlt sich der Boden im Laufe der Heizperiode immer weiter ab. Gemäß Leitfaden zur Erdwärmennutzung in Hamburg sind dabei Temperaturgrenzen im Winter sowie im Sommer einzuhalten: keine Unterschreitung der Eintrittstemperatur des Wärmeträgermediums im Monatsmittel unter 0°C, bei Spitzenlast -5°C (Winter); keine Überschreitung der Eintrittstemperatur des Wärmeträgermediums im Monatsmittel über 20°C, bei Spitzenlast 25°C (Sommer).

Es ist für den Betrieb erforderlich, dass die im Winter entnommene Energiemenge in MWh der im Sommer zugeführten Energiemenge in MWh entspricht (ausgeglichene Energiebilanz). Dadurch wird erreicht, dass sich das Feld im Laufe der Betriebsjahre nicht überproportional abkühlt (durch Überbelastung im Winter) oder erwärmt (durch Überbelastung im Sommer). Durch eine Abkühlung des Feldes entstünde z.B. die Ausbreitung einer sog. Abkühlungsfront, d.h. das kalte Feld würde sich immer weiter ausdehnen und somit den Bodenzustand der angrenzenden Nachbargrundstücke beeinflussen. Dies ist ausdrücklich nicht gestattet und damit Basis des Konzeptes.

Gemäß Vorgutachten des Büros UBeG können dem Feld mit der genannten Anzahl an Sonden im Winter ca. 1100 kW Heizleistung und damit unter Berücksichtigung des Antriebstromes eine Wärme-Energiemenge von ca. 1.100 MWh entzogen werden (→ Abkühlung des Feldes). Selbige Energiemenge muss im Sommer dem Feld wieder zugeführt werden (→ Regeneration = Aufwärmung des Feldes).

Die Erdsonden werden über einen Übergabepunkt im 2.UG ins Gebäude geführt, in einen Verteiler/Sammler zusammengeführt, schließlich wird der Wärmeträger an die Wärmezeugungsanlagen übergeben.

Der Erdsondenkreislauf wird mit Glykol betrieben und fährt mit konstantem Volumenstrom (turbulente Strömung zum Wärmeübertrag). Der Kreis wird durch einen Wärmetauscher zum Eintritt in die Wärmepumpen abgetrennt.

2.2 WÄRMEPUMPEN

Es kommen Wassergekühlte Wärmepumpen zur Innenaufstellung mit Ölfreien Turbo-Verdichtern zum Einsatz (Abbildung 4).



Abbildung 4: Wassergekühlte Wärmepumpe, Quelle: Engie-Refrigeration

Die Maschinen werden Wärmegeführt betrieben, d.h. die Nutzenergie stellt die erzeugte Wärme über den Kondensator dar. Der Verdampfer erhält als Wärmequelle das durch die Erde erwärmte Wasser-Glykolgemisch. Die Maschine kühlt im internen Prozess das Gemisch um ca. 6K herunter, welches anschließend ins Erdsondenfeld zurückgeführt wird (→ Abkühlung der Erde). Im Laufe der Heizperiode gelangt immer kühleres Fluid in die Wärmepumpe, da der Boden zunehmend auskühlt. Die dem Gebäudeensemble zur Verfügung gestellte Wärmeleistung beträgt je Maschine ca. 550 kW (ca. 450 kW aus dem Erdreich plus ca. 100 kW elektrische Antriebsleistung). Der Parallelbetrieb der Maschinen wird durch ein Managementsystem optimal ausgeregelt. Für einen effizienten und energetisch vorteilhaften Betrieb der Wärmepumpe sollte die gewünschte Vorlauftemperatur für die Verbraucher niedrig sein. Die Auslegungstemperatur beträgt daher nur 46°C, womit fast alle Verbrauchergruppen bedient werden können. Der wärmeseitige Leistungszahl (COP = coefficient of performance) beträgt dabei ca. 4,5. D.h. aus 1 Einheit investierter elektrischer Energie lassen sich mit Hilfe der „kostenlosen“ Umweltenergie 4,5 Einheiten Wärmeenergie auf dem genannten Temperaturniveau erzeugen.

Der Hauptverbraucher für die statische Heizung ist die Niedertemperaturflächenheizung (Heiz-Kühlsegel), für den dynamischen Teil sind es die RLT-Anlagen. Alle Verbraucher werden auf das erwähnte Temperaturniveau ausgelegt. Als Kältemittel kommt ein zukunftsicheres Kältemittel, z.B. R515-B zum Einsatz (niedriges Treibhauspotential).

2.3 WÄRMEBILANZ

Der gesamte Gebäudekomplex muss im Auslegungsfall mit ca. 2.900 kW Wärmeleistung (Spitzenlast, kältester Auslegungstag) versorgt werden (abgeschätzt, Stand LPH2). Die Wärmepumpen liefern dabei einen Leistungsanteil von ca. 40%. In Abstimmung mit dem Fernwärmeversorger „Wärme Hamburg“ wird die Spitzenlast über Fernwärme gedeckt (Restleistung ca. 60%). Da die Spitzenlast nur an sehr wenigen Stunden im Jahr benötigt wird, ist von einem verhältnismäßig mittleren bis niederen Leistungsbedarf über einen anteilmäßig hohen Zeitraum zu rechnen. Das bedeutet, dass die Wärmepumpe bis zur maximalen Auslastung des Feldes betrieben werden kann. Da der größte Teil der Verbraucher durch das Niedertemperaturheizsystem versorgt wird, ist es möglich die Wärme aus dem Feld größtmöglich in die Gebäude zu transportieren. Daher ist davon auszugehen, dass die für den Gesamtkomplex benötigte Wärmemenge (in kWh) im zur Leistung umgekehrten Verhältnis zu einem großen Teil durch die Geothermie erzeugt werden kann (mind. ca. zu 50%).

2.4 FERNWÄRME (WIRTSCHAFTSEINHEITEN 1+2 SOWIE WIRTSCHAFTSEINHEIT 3)

In Abstimmung mit dem Fernwärmeversorger „Wärme Hamburg“ erhalten die Wirtschaftseinheiten 1 und 2 zur Deckung der Spitzenlast einen gemeinsamen Fernwärme-Anschluss. Die Anschlussleistung der Fernwärme soll zunächst 100% der Gesamtheizlast je Wirtschaftseinheit betragen (Abdeckung Notbetrieb bei Wärmepumpenausfall jederzeit möglich). Wirtschaftseinheit 3 nutzt zur Deckung der Grundlast sowie der Spitzenlast den bestehenden Fernwärme-Anschluss weiter.

FW-Anschluss Wirtschaftseinheit 1+2: ca. 2.600 kW

FW-Anschluss Wirtschaftseinheit 3: ca. 300 kW

Der Versorger „Wärme Hamburg“ fordert in der TAB vorrangig einen direkten Fernwärmeanschluss. Bei komplexer Hydraulik ist ein indirekter Anschluss in Ausnahmefällen möglich. Dies wird hier angestrebt.

2.5 WÄRMEERZEUGERVERBUND: WÄRMEPUMPE – FERNWÄRME (WIRTSCHAFTSEINHEIT 1 +2)

Die Hydraulik der Gesamtanlage wird vielfältig miteinander verbunden. Die Grundlast über die Wärmepumpen muss hydraulisch durch die Spitzenlast der Fernwärme ergänzt werden. Dazu wird der Wärmeerzeuger „Geothermie“ mit einem Fernwärmeanschluss entsprechend der Realteilung kombiniert. Jedes Haus erhält zudem eine eigene Unterverteilung für die Heizkreise. Zusätzlich wird das Erdsondenfeld mit der Kälteerzeugung verbunden, um in der warmen Jahreszeit eine Beladung des Feldes mit Verflüssigerwärme zu ermöglichen (s. Kapitel 3.2).

Alle Verbraucher werden vorrangig über das Niedertemperaturnetz versorgt.

Lediglich die zentralen Trinkwarmwasserbereitung und der Torluftschleier werden direkt über die Fernwärme versorgt, da hier deutlich höherer Systemtemperaturen erforderlich sind.

Die Wärmepumpe in der Heizzentrale Haus 4 fährt einen Niedertemperatur-Hauptverteiler an. Von dort wird die anstehende Leistung - im Verhältnis zum Leistungsbedarf der einzelnen Wirtschaftseinheiten /Häuser - in die Heizunterzentralen der einzelnen Häuser auf den jeweiligen Niedertemperatur-Unterverteiler transportiert.

Der Vorteil der parallelen Einspeisung liegt darin, dass die geforderte Wärmeleistung durch die Fernwärme ergänzt wird, da die Wärmepumpen nur eine begrenzte Leistung aufgrund der definierten Feldgröße liefern können. Gleichzeitig kann die gesamte Wärmemenge, die das Feld zur Verfügung stellen kann, genutzt werden (Verschiebung der Wärmemenge in alle Verbraucher, bis das Feld ausgeschöpft ist). Ein maximal möglicher Austrag aus dem Feld ist gegeben.

3 KÄLTE

3.1 MECHANISCHE KÄLTEERZEUGUNG

Zur Versorgung mit Kälte erhalten die Wirtschaftseinheiten 1 und 2 jeweils eine separate mechanische Kälteerzeugung. Diese besteht jeweils aus wassergekühlten Kompressionskältemaschinen. Planungsgrundlage sind Teillastoptimierte energieeffiziente Turbo-Kältemaschinen (Abbildung 5), die durch adiabate Hybridkühltürme rückgekühlt werden. Die Regelung des Kälte-Verbundes erfolgt über ein Kältemanagementsystem, welches die optimale Fahrweise der Maschinen untereinander regelt.



Abbildung 5: Wassergekühlte Turbokältemaschine, Quelle: Engie-Refrigeration

Es ist eine Kälteerzeugung auf mittlerem Temperaturniveau mit Vorlauf/Rücklauf $10^{\circ}/16^{\circ}\text{C}$ geplant. Dieses ist ausreichend zur Entfeuchtung der Außenluft in den RLT-Anlagen auf einen gewünschten Zielwert hin. Es ist davon auszugehen, dass die Kälte ganzjährig benötigt wird; im Sommer vorrangig zur Klimatisierung des Gebäudes (Flächenkühlung und RLT-Anlagen) plus Anteil an IT-Kühlung, im Winter teilweise zu Klimatisierungszwecken (Bsp.: innenliegende Büroräume/ Besprecher mit hohen inneren Lasten), in dieser Jahreszeit vorzugsweise jedoch zur Kühlung der EDV-Anlagen im Gebäude.

Die Kältemaschinen dienen ausschließlich zur Kälteerzeugung, ihre Fahrweise ist Kältegeführt, d.h. die Erzeugung von Kaltwasser zur Gebäudeklimatisierung stellt die Führungsgröße dar.

Als Kältemittel kommt das zukunftssichere Mittel R515-B zum Einsatz (niedriges Treibhauspotential).

Aus Gründen der Effizienz wurde sich bewusst gegen den Einsatz von reversiblen Wärmepumpen entschieden. Da hier lediglich eine Betriebsweise möglich ist (Heizen, oder Kühlen). Die geplante Kompressionskältemaschine ermöglicht es, durch den Einsatz eines Doppel-Kondensators und unter Einsatz elekt. Leistung einen zweifachen Nutzen zu erzielen: Nutzkälte zur Gebäudekühlung, mit gleichzeitiger Nutzung der Abwärme auf definierten Temperaturniveau, zur Rekuperation des Erdreiches zu nutzen. Somit steht es zeitverzögert dem Gebäude als Wärmequelle zur Verfügung.

3.2 RÜCKKÜHLUNG ÜBER ERDSONDENFELD - WÄRMERÜCKGEWINNUNG

In dem Prozess der Kälteerzeugung wird als Nebenprodukt Wärme produziert, die im Normalfall über Rückkühlwerke ungenutzt an die Umwelt abgegeben wird. Dies geschieht hier aus energetischen Gründen nur teilweise. Die erzeugte Wärme soll zu einem großen Anteil ins Gebäude rückgeführt werden, so dass der Wirkungsgrad der Gesamtanlage im Zusammenspiel mit den Wärmepumpen optimiert wird. Dem unter dem Gebäudekomplex liegenden Erdreich kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da es als großer Energiespeicher zur jahreszeitlich verzögerten Einlagerung bzw. Entnahme von Energie dient.

Die Rückkühlung der Kältemaschinen ist sowohl über das Erdsondenfeld als auch über die auf dem Dach befindlichen Rückkühlwerke möglich. Vorrang hat immer das Erdsondenfeld. Dadurch wird die Beladung (=Regeneration) des Feldes mit Wärme im Sommer und gleichzeitig eine Effizienzsteigerung der Kältemaschinen erreicht. Diese resultiert aus einer abgesenkten Rückkühltemperatur, da das Feld nur mit max. 25°C temperierten Fluid beschickt werden darf. Auf diesen Zielwert wird das Temperaturniveau der Kondensatorabwärme geregelt. Ein weiterer positiver Nebeneffekt zeichnet sich im Winter ab: durch eine Kälteanforderung im Winter (z.B. EDV) wird das Feld weniger schnell durch den Wärmeentzug durch Wärmepumpe im Betrieb entladen, da gleichzeitig Wärme aus den Kältemaschinen für die Wärmepumpen nutzbar wird. Für diesen Fall ist der Wärmetauscher zur Abtrennung des Feldes vom Rückkühlkreis der Kältemaschinen vor dem Wärmetauscher zur Abtrennung des Feldes vom Rückkühlkreis der Kältemaschinen in Reihe geschaltet, so dass die Wärme aus den Kältemaschinen direkt an die Wärmepumpen übergeben werden kann, ohne den Umweg über das Feld zu gehen. Dadurch wird zwar keine Leistungssteigerung in der Heizung erzielt, jedoch kann mehr Wärmemenge als Grundlastdeckung für alle Gebäude zur Verfügung gestellt werden.

Umgesetzt wird die zweigleisige Wärmeabgabe der Kältemaschinen über die Nutzung der Doppelkondensatortechnik: der Kondensatorkreis der Maschinen kann seine Wärme an zwei getrennte Kondensatoren übergeben. Ein Kondensator wird für die Rückkühlwerke verwendet und mit Glykol betrieben. Der zweite wird für die Einspeisung in das Sondenfeld eingesetzt und enthält Wasser (keine Frostgefahr). Dadurch kann die anfallende Wärme einerseits in Richtung Erdsondenfeld und wechselweise zu den Rückkühlwerken geschickt werden. Die Rückkühlung über die Rückkühlwerke bedeutet einen Energieverlust an die Umwelt und soll nur zum Zuge kommen, wenn das Erdreich komplett regeneriert ist und die Wärme nicht mehr wiederverwendet werden kann.

3.3 RÜCKKÜHLUNG ÜBER RÜCKKÜHLWERKE

Sobald das Erdsondenfeld regeneriert ist und die Wärmemengenbilanz zwischen Wärmeentnahme im Winter und Wärmezufuhr im Sommer ausgeglichen ist, muss überschüssig produzierte Wärme aus den Kältemaschinen über die Rückkühlwerke abgeführt werden (voraussichtlich gegen Ende der Hauptkühlperiode im Sommer).

Die Rückkühlung aller Kältemaschinen erfolgt mit trocken Rückkühlern. Planungsgrundlage sind Trockenkühler in Tischform (Abbildung 6), die mittels Luftdurchsatz das Kühlwasser, welches in der Kältemaschine zirkuliert, abzukühlen.



Abbildung 6: Tisch-Trockenkühler, Quelle: Kelvion

Die geplanten Rückkühlwerke sind nach VDI 2047-2 hygienisch bedenkenlos, ein Aerolostrag wird vermieden (keine Schwadenbildung). Dies ist insbesondere unter dem Aspekt ausgebauter und genutzter Dachterrassen von Belang.

Freie Kühlung im Winter ist nicht angestrebt, da vorrangig das Erdsondenfeld beladen bzw. die Wärme den Wärmepumpen zur Verfügung gestellt werden soll. Eine Rückkühlung im Winter über die Rückkühlwerke soll dennoch zusätzlich möglich sein (Backup).

4 LÜFTUNG

Die Gebäude 1, 2, 3 und 4 erhalten separate Raumluftechnische-Anlagen. Die Büroanlagen sind Vollklimaanlagen, Küchen- und Gastronomiegeräte sind Teilklimaanlagen. Die Gebäude 5 und 6 bekommen eine reine Abluftanlage mit fassadenseitige Nachströmung zur Einhaltung der Mindest-Feuchteschutzlüftung.

Alle Anlagen sind mit Wärmerückgewinnung ausgestattet:

Büroanlagen → Plattenwärmeübertrager mit Rückwärmezahl $\geq 80\%$

Gastronomieanlagen → Plattenwärmeübertrager mit Rückwärmezahl $\geq 75\%$

Küchenanlagen → Kreislaufverbundsystem mit Rückwärmezahl $\geq 70\%$

Zur Minimierung des Energieaufwandes für die Kühlleistung, werden Büro- und Gastronomieanlagen mit adiabater Abluftbefeuchtung ausgestattet (Abbildung 7), dadurch wird eine Reduzierung des Kältebedarfs für die RLT-Anlagen um ca. 25% erzielt.

Bei Einsatz von adiabater Abluftbefeuchtung wird Wasser in die Abluft aus den Räumen eingesprüht. Dabei verdunstet das Wasser und kühlt die Luft ab (Verdunstungskühlung ähnlich dem Schwitzvorgang beim Menschen). Danach durchläuft die abgekühlte Luft den Plattenwärmetauscher, in dem die Kälte an die warme Außenluft übertragen wird. Dadurch reduziert sich die notwendige Kälteleistung, die zum Erreichen der Zielwertzulufttemperatur nötig ist.

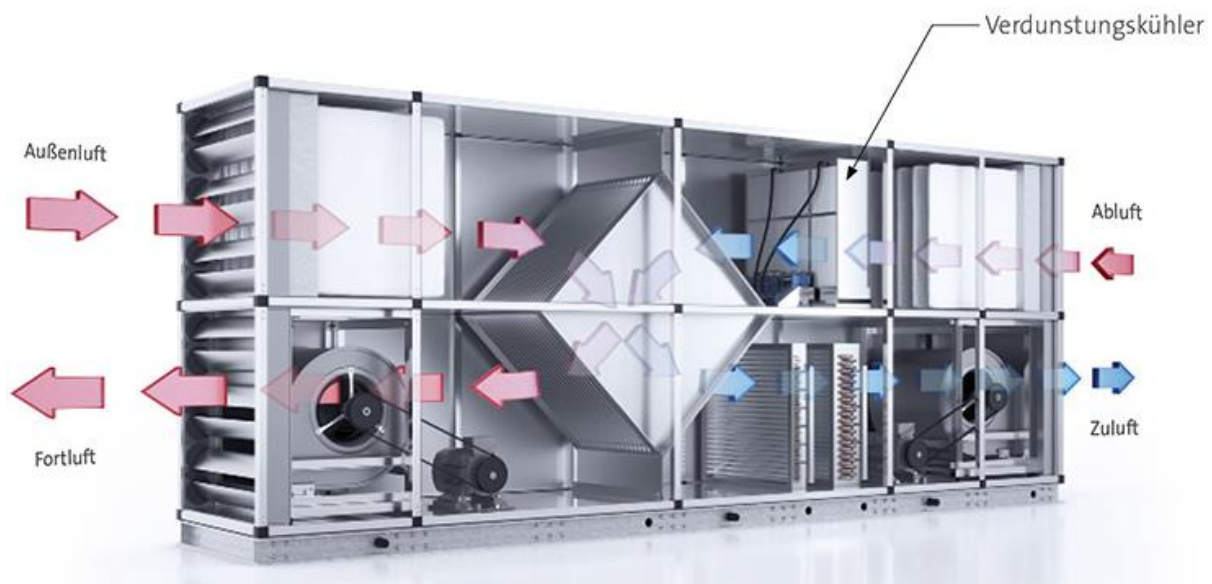


Abbildung 7: RLT-Anlage mit adiabatem Verdunstungskühler, Quelle: Condair

Im Sommer findet zur Verhinderung von Tauwasseranfall an der Flächenkühlung bei den Büroanlagen eine kontrollierte Entfeuchtung der Zuluft auf einen definierten Zielwert statt. Dies hat einen erhöhten Einsatz von Kälteenergie zur Folge. Im Winter wird aus Behaglichkeits- und Gesundheitsgründen die Zuluft befeuchtet, was einen erhöhten Einsatz von Wärmeenergie bedeutet.

Für die Gastronomie- und Küchengeräte wird im Winter keine Zuluftbefeuchtung und im Sommer nur eine unkontrollierte Teilentfeuchtung realisiert.

5 FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNG

Im vorliegenden Projekt sind viele Maßnahmen geplant, die einerseits einen sehr hohen energetischen Standard mit hoher Energieeffizienz in der Energieerzeugung abbilden und andererseits zugleich alle Behaglichkeitskriterien wie z.B. Anforderungen an die Raumlufttemperatur und -feuchte zur Einhaltung der Arbeitsstättenrichtlinien auf hohem Niveau einhalten. Gleichzeitig wird insbesondere über den Einsatz des Bausteins Geothermie in Verbindung mit Bezug grünen Stroms ein hohes Maß an Energieunabhängigkeit und eine deutliche Reduzierung des CO₂ – Ausstoß erreicht. Die geplante Anlagentechnik ergänzt dies durch ihre sehr hohe Energieeffizienz.

Die energetischen Zusammenhänge lassen sich zusammenfassend in nachfolgendem Sankey-Diagramm darstellen (Abbildung 8). Die Energieflüsse basieren auf Annahmen voraussichtlicher Volllaststunden bei der Wärme- (1.700 VBh) und Kälteerzeugung (760 VBh).

Ein Großteil der Wärmemenge wird voraussichtlich über die Geothermie zur Verfügung gestellt. Ein nicht unbedeutender Teil wird ergänzend über die Wärmerückgewinnung in der Kälteerzeugung erbracht. Insbesondere in Spitzenlastzeiten und bei ausgeschöpftem Potential des Geothermiefeldes muss die Fernwärme unterstützend wirken. Deren geschätzter Energiemengenanteil kann dabei bei ca. einem Drittel liegen.

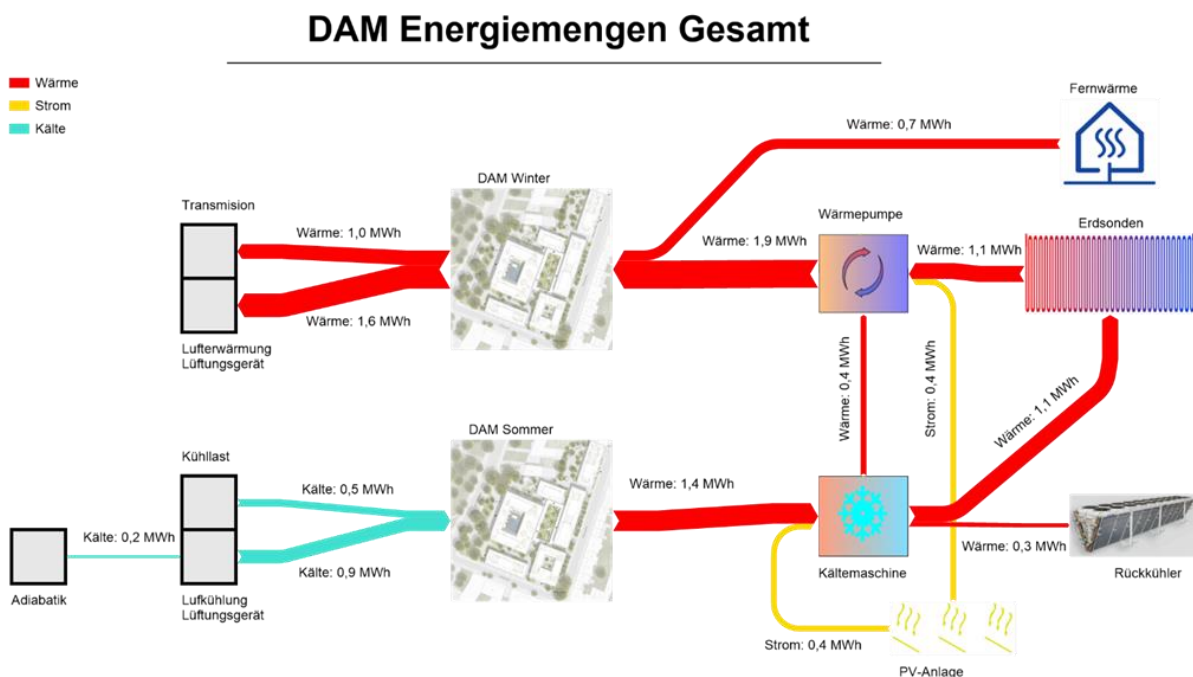


Abbildung 8: Sankey-Diagramm, Energieflüsse mit Wärme- und Kältemengen, Quelle: Liebert Ingenieure

In den Anlagen 1 und 2 wurde die Wirtschaftlichkeit der in diesem Konzept beschriebenen Energieerzeugungsvariante gegenüber eines konventionellen Ansatzes 100% Fernwärme sowie 100% Kompressionskälte verglichen sowie die Emissionsersparnisse und Gestehungskosten ermittelt. Die Berechnungen wurde in Anlage 1 mit Energiestandard EH55 und in Anlage 2 mit EG40 durchgeführt.

Anhand der Auswertung ist zu erkennen, dass die Energieerzeugung der hier im Konzept beschriebenen Variante 2 mit der Kombination aus Geothermie und Fernwärme die wirtschaftlich sowie in Hinblick auf den Klimaschutz sinnvollste Lösung darstellt. Die Reduzierung des Energiestandards bringt weitere Vorteile in der Einsparung der Emissionswerte, dies vorrangig durch die Verringerung der Spitzenlasten, welche auch bei Variante 2 über die Fernwärme gedeckt wird. Somit könnte der Bezug von Fernwärme (Leistung und Energiemenge) reduziert werden, was betriebswirtschaftlich und volkswirtschaftlich zu begrüßen wäre. Vor diesem Hintergrund soll Variante 2 mit Energiestandard EG55 im Projekt umgesetzt werden (Anlage 1)

Aktuelle Planungsvorgabe des Projektes ist der Effizienzgebäudestandard 55 womit die baurechtlichen Anforderungen des GEG übertroffen werden. Für die Anforderung an die thermische Gebäudehülle werden die folgenden Anforderungswerte des DGNB Platin (2023) angesetzt, welche über den baurechtlichen Standard, sowie über den Standard EG55 hinausgehen:

Bauteile	Höchstwerte der Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten	
	Normal beheizte Bereiche	Niedrig beheizte Bereiche
opake Außenbauteile, auch Türen und Tore	$\bar{U} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$	$\bar{U} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$
transparente Außenbauteile, Vorhangfassade	$\bar{U} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$	$\bar{U} = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	$\bar{U} = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$	$\bar{U} = 2,00 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$

Aus vorgenannten Gründen sprechen sich die Bauherrenschaft und die Fachplaner für die Festlegung des EG55-Standards (Stand März 2024) für den Jahresprimärenergiebedarf sowie die Anforderung an die thermische Gebäudehülle gemäß der obenstehenden Tabelle (S. 15) in Anlehnung an die Platin-Zertifizierung nach DGNB (2023) im begleitenden Durchführungsvertrag gem. § 12 BauG aus, um im Zweifel die Vorgaben des Fachrechts (GEG) übertreffen und die Gefahr der Anforderungsänderungen in Zukunft minimieren zu können.

Aufgestellt, Hamburg 02.08.2024
i.V. [REDACTED]
REESE Ingenieure GmbH & Co. KG

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH55-Standard

Bearbeiter: ██████████
Stand: 15.06.2023

	Variante 1 100% Fernwärme + Kältemaschine (zum Heizen und Kühlen)	Variante 2 Grundlast Geothermie + Spitzenlast FW&KM (zum Heizen und Kühlen)
	Kältemaschine	Wärmepumpe Geothermie
Kälteleistung Kälteaschine	1640 kW	1640 kW
Jahreskühlarbeit	1163 MWh/A	1163 MWh/A
Ein / Austritt	16 / 10 °C	16 / 10 °C
EER/Jahresarbeitszahl	6,19	16,8
	Fernwärme	Wärmepumpe Geothermie
Heizleistung	2821 kW	1100 kW
Jahresheizarbeit Fernwärme	4814 MWh/A	2714 MWh/A
Jahresheizarbeit Wärmepumpe	0 MWh/A	2100 MWh/A
Jahresheizarbeit Summe	4814 MWh/A	4814 MWh/A
Ein / Austritt	-	- / 46 °C
Jahresarbeitszahl	-	5,5

Kapitalgebundenen Kosten:		
Investition:		
Wärmepumpe(Wasser/Wasser)	0,00 €	567.000,00 €
Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	423.075,00 €	423.075,00 €
Kompressions-Kältemaschine	984.000,00 €	984.000,00 €
Rückkühlwerke	820.000,00 €	820.000,00 €
Erdsonden (gem. Schätzung UBEG)	0,00 €	3.200.000,00 €
Gesamt	2.227.075,00 €	5.994.075,00 €
Zinsfaktor	1,05	1,05
Betrachtungszeitraum(Siehe Tabelle 1 rechts)	20	20
Preisänderungsfaktor für kapitalgebundene Kosten	1,03	1,03
Preisänderungsfaktor für bedarfsgebundene Kosten	1,03	1,03
Preisänderungsfaktor für betriebsgebundene Kosten	1,03	1,03
Preisänderungsfaktor für Instandhaltung	1,03	1,03
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	206.969,89 €	446.912,99 €

Bedarfsgebundene Kosten			
Heizen	Stromverbrauch WP	0 kWh	381.818 kWh
	Wärmeverbrauch Fernwärme	4.813.900 kWh	2.713.900 kWh
	Stromverbrauch Pumpe	18.390 kWh	18.390 kWh
Kühlen	Stromverbrauch WP	0 kWh	0 kWh
	Stromverbruach Kältemaschinen	187.851 kWh	69.214 kWh
	Stromverbrauch Pumpe + Stromverbrauch Rückkühler	19.580 kWh	19.580 kWh
WW Wohnen	Wärmeverbrauch Fernwärme	58.104 kWh	58.104 kWh
	Stromertrag PV-Anlage	55.436 kWh	55.436 kWh
	Abreispreis Strom	35,00 cent/kWh	35,00 cent/kWh
	Arbeitspreis Fernwärme	14,586 cent/kWh	14,586 cent/kWh
	Annuität	986.752,82 €	712.360,19 €

Betriebsgebundenen Kosten		
Annuität	97.183,76 €	123.733,63 €
Annuität Gesamt	1.290.906,47 €	1.283.006,81 €

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH55-Standard

Bearbeiter: XXXXXXXXXX
Stand: 15.06.2023

		Variante 1	Variante 2
		100% Fernwärme + Kältemaschine (zum Heizen und Kühlen)	Grundlast Geothermie + Spitzenlast FW&KM (zum Heizen und Kühlen)
		Kältemaschine	Wärmepumpe Geothermie
Wärme-/Kältegestehungskosten			
Heizen	Gesamtannuität	968.810,76 €	890.697,67 €
	Wärmegestehungskosten	20,13 cent/kWh	18,50 cent/kWh
Kühlen	Gesamtannuität	322.095,71 €	184.306,75 €
	Kältegestehungskosten	6,69 cent/kWh	3,83 cent/kWh
BGF Gesamt			
Heizen	Wärmemischpreis je m ² BGF	14,61 €/m ²	13,43 €/m ²
Kühlen	Kältemischpreis je m ² BGF	4,86 €/m ²	2,78 €/m ²
Jährliche Emissionen (nach Hamburger Klimaplan)			
Strom CO ₂ -Äquivalent (Mittelwert von 2025 bis 2045)		79,4 g/kWh	
Fernwärme CO ₂ -Äquivalent (Mittelwert von 2025 bis 2045)		62,3 g/kWh	
Heizen	CO ₂ Ausstoß	305 t/a	204 t/a
	CO ₂ -Bepreisung	32.686,19 €	21.915,21 €
Kühlen	CO ₂ Ausstoß	16 t/a	7 t/a
	CO ₂ -Bepreisung	1.757,51 €	752,33 €

Handlungsempfehlung (siehe Energiekonzept)

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH55-Standard
Berechnung Variante 1
Kälteleistung 1.840 kW
Gesamt Kältebedarf 1.162.800 kWh/a
Anteil WP für Kälteversorgung 0%
Heizleistung 2.821 kW
Gesamt Wärmebedarf 4.813.900 kWh/a
Anteil Fernwärme für Wärmeversorgung 100%
Gesamt Jahrestromertrag PV-Anlage 92.393 kWh/a gem. PV-Potentialstudie KuK vom 21.04.2023 (standortgenauer Jahrestromertrag)
PV-Anlage Potenzial 60%

100% Fernwärme + 100% Kältemaschine

Betrachtungszeitraum in Jahr	20
Zinsfaktor	105%
Annuitätsfaktor	0,0802

Preisänderungsfaktor für kapitalgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für bedarfsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für betriebsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für Instandhaltung	103%
Barwertfaktor für kapitalgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für bedarfsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für betriebsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für Instandhaltung	15,9648

Tabelle 1. Betrachtungszeiträume für Teilsysteme

Teilsystem	Betrachtungszeitraum in Jahren (Empfehlung)
Heizung	20
Lüftungs- und Klimaanlage	15
Aufzüge	15
Förderanlagen	20
Dach, Wand, Fassade	50
Sanitär	20
Schwachstromanlagen	15
Starkstromanlagen	20
MSP-Technik	15

Bezeichnung der Komponenten	Investition	Nutzungs-dauer	Ersatz-häufigkeit	Aufwand für Instandsetzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedien	Aufwand für Bedien
Einheit	Euro	Jahre	n	%	%	Stunden pro Jahr	Euro pro Jahr (30 €/h?)
Wärmepumpe(Wasser/Wasser)	0,00 €	20	0	1	1,5	0	0
Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	423.075,00 €	20	0	2	1	0	0
Kompressions-Kältemaschine	984.000,00 €	15	1	2	1,5	1	30
Rückkühler	820.000,00 €	20	0	2	1,5	0	0
Erdsonden	0,00 €	50	0	0,2	0,5	0	0
Fotovoltaik(?)							
	2.227.075,00 €						

Restwert	Barwert der Ersatzinvestitionen	Summe der Barwerte	Annuität der kapitalgebundenen Kosten
Euro	A ₁ in Euro	A ₂ in Euro	Euro
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	33.948,63 €
385.191,09 €	737.418,42 €	0,00 €	107.222,34 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	65.798,92 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
			206.969,89 €

Barwert Bedienungskosten	Barwert Instandhaltungskosten	Annuität der betriebsgebundenen Kosten
Euro	Euro	Euro
0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	202.629,02 €	16.259,48 €
478,94 €	549.827,15 €	44.157,98 €
0,00 €	458.189,29 €	36.766,29 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €
		97.183,76 €

Heizen	Stromverbrauch WP	0 kWh
	Wärmeverbrauch Fernwärme	4.813.900 kWh
	Stromverbrauch Pumpe	18.390 kWh
Kühlen	Stromverbrauch WP	0 kWh
	Stromverbrauch Kältemaschinen	187.851 kWh
	Stromverbrauch Pumpe + Stromverbrauch Rückkühler	19.580 kWh
WW Wohnen	Wärmeverbrauch Fernwärme	58.104 kWh
	Stromertrag PV-Anlage	55.436 kWh
	Abreitspreis Strom	0,35 €
	Arbeitspreis Fernwärme	0,14586 €

*alle für Kühlen
Annahme
<https://waerme.hamburg/fernwaermesystem/preissystem/preisblatt>

Anlagenkomponente	Rechn. Nutzungs-dauer	Aufwand für Instand-setzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedienen
Einheiten	Jahre	%	%	Stunden pro Jahr (h/a)
1.0.1.0 Wärmepumpen				
Luft/Wasser (Elektro)	10	1	1,5	6
Sole/Wasser, Wasser/Wasser (Elektro)	20	1	1,5	6
1.3.5 House transfer station from district heating with direct connection	30	2	1	0
1.3.6 House transfer station from district heating with indirect connection	20	2	1	0

Energieträger	Verbrauch	Bedarfs-gebundene Kosten	Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Emissionen t/a (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Bepreisung Euro/a (*20-Jahre-Mittelwert)
Einheit	kWh/a	Euro	Euro	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB
Fernwärme	4.872.004	710.630,50 €	910.357,14 €	0,062255	303,307	32.529,63 €
Strom für Heizen	18.390	6.436,50 €	8.245,51 €	0,079	1,460	156,55 €
Strom für Kühlen (unter Berücksichtigung PV Strom)	151.996	53.198,45 €	68.150,17 €	-	-	-
Strom für Kühlen (Worst-Case, ohne Berücksichtigung PV Strom)	207.431	-	-	0,079	16,387	1.757,51 €
			986.752,82 €		304,766	32.686,19 €

Strom Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh	Fernwärme CO2 Faktor	mit Wärme aus TAB kg/kWh	ohne Wärme aus TAB kg/kWh	CO2-Bepreisung (nach 2026 eine angenommene Erhöhung von 5 Euro/t pro Jahr)
2021	0,388	0,356	0,296	2021 25
2022	0,354	0,328	0,267	2022 30
2023	0,32	0,3	0,237	2023 35
2024	0,286	0,272	0,208	2024 45
2025	0,252	0,244	0,179	2025 55
2026	0,218	0,216	0,150	2026 65
2027	0,184	0,188	0,121	2027 70
2028	0,15	0,16	0,091	2028 75
2029	0,116	0,132	0,062	2029 80
2030	0,083	0,127	0,058	2030 85
2031	0,078	0,123	0,054	2031 90
2032	0,072	0,118	0,050	2032 95
2033	0,066	0,113	0,045	2033 100
2034	0,061	0,109	0,041	2034 105
2035	0,056	0,104	0,037	2035 110
2036	0,050	0,099	0,033	2036 115
2037	0,044	0,095	0,029	2037 120
2038	0,039	0,090	0,025	2038 125
2039	0,034	0,085	0,021	2039 130
2040	0,028	0,081	0,017	2040 135
2041	0,023	0,076	0,012	2041 140
2042	0,017	0,071	0,008	2042 145
2043	0,011	0,067	0,004	2043 150
2044	0,006	0,062	0	2044 155
2045	0	0,1284825	0,062	2045 160
Mittelwert 20Jahre	0,079			Mittelwert 20Jahre 107,250

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH55-Standard

Bearbeiter: [Redacted]
Stand: 15.06.2023

Berechnung Variante 2	
Grundlast Geothermie + Spitzenlast Fernwärme + Rückkühlung Geothermie	
Heizleistung Geothermie	1.100 kW
Jahresheizarbeit Geothermie	2.100.000 kWh/a
Kühlleistung Geothermie	1.640 kW
Jahreskühlarbeit Geothermie	1.030.000 kWh/a
Gesamt Kälteleistung	1.840 kW
Gesamt Kältebedarf	1.162.800 kWh/a
Anteil WP für Kälteversorgung	0%
Gesamt Heizleistung	2.821 kW
Gesamt Wärmebedarf	4.813.900 kWh/a
Anteil Fernwärme für Wärmeversorgung	56%
Gesamt Jahresstromertrag PV-Anlage	92.393 kWh/a
PV-Anlage Potenzial	60%

gem. PV-Potentialstudie KuK vom 21.04.2023 (standortgenauer Jahresstromertrag)

Betrachtungszeitraum in Jahr	20
Zinsfaktor	105%
Annuitätsfaktor	0,0802

Preisänderungsfaktor für kapitalgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für bedarfsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für betriebsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für Instandhaltung	103%
Barwertfaktor für kapitalgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für bedarfsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für betriebsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für Instandhaltung	15,9648

Tabelle 1. Betrachtungszeiträume für Teilsysteme

Teilsystem	Betrachtungszeitraum in Jahren (Empfehlung)
Heizung	20
Lüftungs- und Klimaanlage	15
Aufzüge	15
Förderanlagen	20
Dach, Wand, Fassade	50
Sanitär	20
Schwachstromanlagen	15
Starkstromanlagen	20
MSR-Technik	15

Bezeichnung der Komponenten	Investition	Nutzungs-dauer	Ersatz-häufigkeit	Aufwand für Instandsetzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedien	Aufwand für Bedien
Einheit	Euro	Jahre	n	%	%	Stunden pro Jahr	Euro pro Jahr (30 €/h?)
Wärmepumpe(Wasser/Wasser)	567.000,00 €	20	0	1	1,5	5	150
Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	423.075,00 €	30	0	2	1	0	0
Kompressions-Kältemaschine	984.000,00 €	15	1	2	1,5	1	30
Rückkühlwerke	820.000,00 €	20	0	2	1,5	0	0
Erdsonden	3.200.000,00 €	50	0	0,1	0,1	0	0
Fotovoltaik(?)							
	5.994.075,00 €						

Berechnungen der Annuität kapitalgebundene Kosten

Restwert	Barwert der Ersatzinvestitionen		Summe der Barwerte	Annuität der kapitalgebundenen Kosten
Euro	A ₁ in Euro	A ₂ in Euro	Euro	Euro
0,00 €	0,00 €	0,00 €	567.000,00 €	45.497,55 €
53.150,84 €	0,00 €	0,00 €	369.924,16 €	29.683,67 €
385.191,09 €	737.418,42 €	0,00 €	1.336.227,34 €	107.222,34 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	820.000,00 €	65.798,92 €
723.627,81 €	0,00 €	0,00 €	2.476.372,19 €	198.710,51 €
				446.912,99 €

Berechnungen der Annuität betriebsgebundene Kosten

Barwert Bedienungs-kosten	Barwert Instandhaltungs-kosten	Annuität der betriebsgebundenen Kosten
Euro	Euro	Euro
2.394,72 €	226.300,81 €	18.351,12 €
0,00 €	202.629,02 €	16.259,48 €
478,94 €	549.827,15 €	44.157,98 €
0,00 €	458.189,29 €	36.766,29 €
0,00 €	102.174,61 €	8.198,76 €
		123.733,63 €

Heizen	Stromverbrauch WP	381.818 kWh
	Wärmeverbrauch Fernwärme	2.713.900 kWh
	Stromverbrauch Pumpe	18.390 kWh
	Stromverbrauch WP	0 kWh
Kühlen	Stromverbrauch Kältemaschinen	69.214 kWh
	Stromverbrauch Pumpe + Stromverbrauch Rückkühler	19.580 kWh
WW Wohnen	Wärmeverbrauch Fernwärme	58.104 kWh
	Stromertrag PV-Anlage	55.436 kWh
	Abreitspreis Strom	0,35 €
	Arbeitspreis Fernwärme	0,14586 €

*alle für Kühlen

Annahme

<https://waerme.hamburg/fernwaermesystem/preissystem/preisblatt>

Anlagenkomponente	Rechn. Nutzungs-dauer	Aufwand für Instand-setzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedienen
Einheiten	Jahre	%	%	Stunden pro Jahr (h/a)
1.3.1.8 Wärmepumpen				
Luft/Wasser (Elektro)	18	1	1,5	5
Sole/Wasser, Wasser/Wasser (Elektro)	20	1	1,5	5
1.3.5 House transfer station from district heating with direct connection	30	2	1	0
1.3.6 House transfer station from district heating with indirect connection	20	2	1	0

Energieträger	Verbrauch	Bedarfs-gebundene Kosten	Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	Umrechnungs-faktor CO2 kg/kWh (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Emissionen t/a (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Bepreisung Euro/a (*20-Jahre-Mittelwert)
Einheit	kWh/a	Euro	Euro	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB
Fernwärme	2.772.004	404.324,50 €	517.962,14 €	0,062255	172,571	18.508,25 €
Strom für Heizen	400.208	140.072,86 €	179.441,12 €	0,079	31,767	3.406,96 €
Strom für Kühlen (unter Berücksichtigung PV Strom)	33.358	11.675,47 €	14.956,93 €	-	-	-
Strom für Kühlen (Worst-Case, ohne Berücksichtigung PV Strom)	88.794	-	-	0,079	7,015	752,33 €
			712360,19		204,338	21.915,21 €

Strom Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh	Fernwärme CO2 Faktor	mit Wärme aus TAB kg/kWh	ohne Wärme aus TAB kg/kWh	CO2-Bepreisung (nach 2026 eine angenommene Erhöhung von 5 Euro pro Jahr)	
2021	0,388	2022	0,356	0,296	25
2022	0,354	2023	0,328	0,267	30
2023	0,32	2024	0,3	0,237	35
2024	0,286	2025	0,272	0,208	45
2025	0,252	2026	0,244	0,179	55
2026	0,218	2027	0,216	0,150	65
2027	0,184	2028	0,188	0,121	70
2028	0,15	2029	0,16	0,091	75
2029	0,116	2030	0,132	0,062	80
2030	0,083	2031	0,127	0,058	85
2031	0,078	2032	0,123	0,054	90
2032	0,072	2033	0,118	0,050	95
2033	0,066	2034	0,113	0,045	100
2034	0,061	2035	0,109	0,041	105
2035	0,056	2036	0,104	0,037	110
2036	0,050	2037	0,099	0,033	115
2037	0,044	2038	0,095	0,029	120
2038	0,039	2039	0,090	0,025	125
2039	0,034	2040	0,085	0,021	130
2040	0,028	2041	0,081	0,017	135
2041	0,023	2042	0,076	0,012	140
2042	0,017	2043	0,071	0,008	145
2043	0,011	2044	0,067	0,004	150
2044	0,006	2045	0,062	0	155
2045	0	Mittelwert 20Jahre	0,1284825	0,062	160
Mittelwert 20Jahre	0,079				Mittelwert 20Jahre 107,250

Projekt: DAM - Hansainvest
 Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH55-Standard

Bearbeiter: [REDACTED]
 Stand: 15.06.2023

Tabelle: Energieabschätzung Wärme

Flächenkennwert Bedarf für EH55 25 W/m²
 Ergebnisse gem. Leistungsbilanz LPH2

Verbraucher	Leistung	Nutzungsprofil	Art der Nutzung	Vollbenutzungsstunden	GLZ	Jahresenergiebedarf
Transmission WE1	410 kW	Büro	Durchschnitt	1700 h	1	697.000 kWh/a
Raumluftechnik WE1	750 kW	Büro	Durchschnitt	1700 h	1	1.275.000 kWh/a
Transmission WE2	560 kW	Büro	Durchschnitt	1700 h	1	952.000 kWh/a
Raumluftechnik WE2	910 kW	Büro	Durchschnitt	1700 h	1	1.547.000 kWh/a
Transmission WE3	191 kW	Mehrfamilienhaus	Durchschnitt	1800 h	1	342.900 kWh/a
Summe	2.821 kW					4.813.900 kWh/a

Trinkwasser personenbezogener Gesamt-Energiebedarf: 540 kWh/a

Raumtyp	Anzahl	Belegungszahl	Energie WW-Bereitung
Einzelzimmerwohnung	22	1,2	14.256 kWh/a
2-Zimmer-Wohnung	12	1,6	10.368 kWh/a
3-Zimmer-Wohnung	6	2,3	7.452 kWh/a
4-Zimmer-Wohnung	7	2,8	10.584 kWh/a
5-Zimmer-Wohnung	8	3,1	13.392 kWh/a
7-Zimmer-Wohnung	1	3,8	2.052 kWh/a
			58.104 kWh/a

Pumpen

Leistung	ΔT	Förderhöhe gesamt	GLZ	Vollbenutzungsstunden	Jahresenergiebedarf
2.821 kW	15 K	18 m	0,8	1700 h	18.390 kWh/a
					18.390 kWh/a

Projekt: DAM - Hansainvest
 Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH55-Standard

Tabelle: Energieabschätzung Kälte

Flächenkennwert Bedarf für EH55 30 W/m²
 Ergebnisse gem. Leistungsbilanz LPH2

Verbraucher	Leistung	Nutzungsprofil	Vollbenutzungsstunden	GLZ	Jahresenergiebedarf
Gebäudekühlung WE1	320 kW	Büro	790 h	0,8	202.200 kWh/a
Raumluftechnik WE1	470 kW	Büro	790 h	0,8	297.000 kWh/a
Gebäudekühlung WE2	470 kW	Büro	790 h	0,8	297.000 kWh/a
Raumluftechnik WE2	580 kW	Büro	790 h	0,8	366.600 kWh/a
	1.840 kW				1.162.800 kWh/a

Pumpen

Typ	Leistung	ΔT	Förderhöhe gesamt	GLZ	Vollbenutzungsstunde	Jahresenergiebedarf
Kaltwasserpumpen	1.840 kW	6 K	24 m	0,6	1100 h	19.010 kWh/a
						19.010 kWh/a

Adiabatik Rückkühler

Rückkühler	Rückkühlleistung	Bauart Rückkühler	Wasseraufbereitung	Eindickung	Wassermenge jährlich	ELT
Rückkühlerleistung gesamt	2.392 kW	Hybrid mit VE-Wasser	VE	3	180 m³	570 kWh/a
						570 kWh/a

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH40-Standard

Bearbeiter: ██████████
Stand: 15.06.2023

	Variante 1 100% Fernwärme + Kältemaschine (zum Heizen und Kühlen)	Variante 2 Grundlast Geothermie + Spitzenlast FW&KM (zum Heizen und Kühlen)
	Kältemaschine	Wärmepumpe Geothermie
Kälteleistung Kältemaschine	1640 kW	1640 kW
Jahreskühlarbeit	943 MWh/A	943 MWh/A
Ein / Austritt	16 / 10 °C	16 / 10 °C
EER/Jahresarbeitszahl	6,19	16,8
	Fernwärme	Wärmepumpe Geothermie
Heizleistung	2621 kW	1100 kW
Jahresheizarbeit Fernwärme	4212 MWh/A	2112 MWh/A
Jahresheizarbeit Wärmepumpe	0 MWh/A	2100 MWh/A
Jahresheizarbeit Summe	4212 MWh/A	4212 MWh/A
Ein / Austritt	-	- / 46 °C
Jahresarbeitszahl	-	5,5

Kapitalgebundenen Kosten:		
Investition:		
Wärmepumpe(Wasser/Wasser)	0,00 €	567.000,00 €
Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	393.217,50 €	393.217,50 €
Kompressions-Kältemaschine	984.000,00 €	984.000,00 €
Rückkühlwerke	820.000,00 €	820.000,00 €
Erdsonden (gem. Schätzung UBEG)	0,00 €	3.200.000,00 €
Gesamt	2.197.217,50 €	5.964.217,50 €
Zinsfaktor	1,05	1,05
Betrachtungszeitraum(Siehe Tabelle 1 rechts)	20	20
Preisänderungsfaktor für kapitalgebundene Kosten	1,03	1,03
Preisänderungsfaktor für bedarfsgebundene Kosten	1,03	1,03
Preisänderungsfaktor für betriebsgebundene Kosten	1,03	1,03
Preisänderungsfaktor für Instandhaltung	1,03	1,03
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	204.574,05 €	444.818,14 €

Bedarfsgebundene Kosten			
Heizen	Stromverbrauch WP	0 kWh	381.818 kWh
	Wärmeverbrauch Fernwärme	4.211.500 kWh	2.111.500 kWh
	Stromverbrauch Pumpe	17.100 kWh	17.100 kWh
Kühlen	Stromverbrauch WP	0 kWh	0 kWh
	Stromverbrauch Kältemaschinen	152.375 kWh	56.143 kWh
	Stromverbrauch Pumpe + Stromverbrauch Rückkühler	18.170 kWh	18.170 kWh
WW Wohnen	Wärmeverbrauch Fernwärme	58.104 kWh	58.104 kWh
	Stromertrag PV-Anlage	55.436 kWh	55.436 kWh
	Abreispreis Strom	35,00 cent/kWh	35,00 cent/kWh
	Arbeitspreis Fernwärme	14,586 cent/kWh	14,586 cent/kWh
	Annuität	857.074,31 €	592.727,45 €

Betriebsgebundenen Kosten		
Annuität	96.036,28 €	122.586,16 €
Annuität Gesamt	1.157.684,64 €	1.160.131,75 €

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH40-Standard

Bearbeiter: XXXXXXXXXX
Stand: 15.06.2023

		Variante 1	Variante 2
		100% Fernwärme + Kältemaschine (zum Heizen und Kühlen)	Grundlast Geothermie + Spitzenlast FW&KM (zum Heizen und Kühlen)
		Kältemaschine	Wärmepumpe Geothermie
Wärme-/Kältegestehungskosten			
Heizen	Gesamtannuität	852.127,74 €	774.315,63 €
	Wärmegestehungskosten	20,23 cent/kWh	18,39 cent/kWh
Kühlen	Gesamtannuität	305.556,89 €	174.571,39 €
	Kältegestehungskosten	7,26 cent/kWh	4,15 cent/kWh
BGF Gesamt			66316,42 m ²
Heizen	Wärmemischpreis je m ² BGF	12,85 €/m ²	11,68 €/m ²
Kühlen	Kältemischpreis je m ² BGF	4,61 €/m ²	2,63 €/m ²
Jährliche Emissionen (nach Hamburger Klimaplan)			
Strom CO ₂ -Äquivalent (Mittelwert von 2025 bis 2045)			79,4 g/kWh
Fernwärme CO ₂ -Äquivalent (Mittelwert von 2025 bis 2045)			62,3 g/kWh
Heizen	CO ₂ Ausstoß	267 t/a	167 t/a
	CO ₂ -Bepreisung	28.653,07 €	17.882,10 €
Kühlen	CO ₂ Ausstoß	13 t/a	6 t/a
	CO ₂ -Bepreisung	1.444,98 €	629,63 €

Handlungsempfehlung (siehe Energiekonzept)

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH40-Standard
Berechnung Variante 1
Kälteleistung 1.709 kW
Gesamt Kältebedarf 943.200 kWh/a
Anteil WP für Kälteversorgung 0%
Heizleistung 2.621 kW
Gesamt Wärmebedarf 4.211.500 kWh/a
Anteil Fernwärme für Wärmeversorgung 100%
Gesamt Jahresstromertrag PV-Anlage 92.393 kWh/a gem. PV-Potentialstudie KuK vom 21.04.2023 (standortgenauer Jahresstromertrag)
PV-Anlage Potenzial 60%

100% Fernwärme + 100% Kältemaschine

Betrachtungszeitraum in Jahr	20
Zinsfaktor	105%
Annuitätsfaktor	0,0802

Preisänderungsfaktor für kapitalgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für bedarfsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für betriebsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für Instandhaltung	103%
Barwertfaktor für kapitalgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für bedarfsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für betriebsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für Instandhaltung	15,9648

Tabelle 1. Betrachtungszeiträume für Teilsysteme

Teilsystem	Betrachtungszeitraum in Jahren (Empfehlung)
Heizung	20
Lüftungs- und Klimaanlage	15
Aufzüge	15
Förderanlagen	20
Dach, Wand, Fassade	50
Sanitär	20
Schwachstromanlagen	15
Starkstromanlagen	20
MSP-Technik	15

Bezeichnung der Komponenten	Investition	Nutzungs-dauer	Ersatz-häufigkeit	Aufwand für Instandsetzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedien	Aufwand für Bedien
Einheit	Euro	Jahre	n	%	%	Stunden pro Jahr	Euro pro Jahr (30 €/h?)
Wärmepumpe(Wasser/Wasser)	0,00 €	20	0	1	1,5	0	0
Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	393.217,50 €	20	0	2	1	0	0
Kompressions-Kältemaschine	984.000,00 €	15	1	2	1,5	1	30
Rückkühler	820.000,00 €	20	0	2	1,5	0	0
Erdsonden	0,00 €	50	0	0,2	0,5	0	0
Fotovoltaik(?)	2.197.217,50 €						

Restwert	Barwert der Ersatzinvestitionen		Summe der Barwerte	Annuität der kapitalgebundenen Kosten
Euro	A ₁ in Euro	A ₂ in Euro	Euro	Euro
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	393.217,50 €	31.552,79 €
385.191,09 €	737.418,42 €	0,00 €	1.336.227,34 €	107.222,34 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	820.000,00 €	65.798,92 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
				204.574,05 €

Barwert Bedienungskosten	Barwert Instandhaltungskosten	Annuität der betriebsgebundenen Kosten
Euro	Euro	Euro
0,00 €	0,00 €	0,00 €
0,00 €	188.328,97 €	15.112,00 €
478,94 €	549.827,15 €	44.157,98 €
0,00 €	458.189,29 €	36.766,29 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €
		96.036,28 €

Heizen	Stromverbrauch WP	0 kWh
	Wärmeverbrauch Fernwärme	4.211.500 kWh
	Stromverbrauch Pumpe	17.100 kWh
Kühlen	Stromverbrauch WP	0 kWh
	Stromverbrauch Kältemaschinen	152.375 kWh
	Stromverbrauch Pumpe + Stromverbrauch Rückkühler	18.170 kWh
WW Wohnen	Wärmeverbrauch Fernwärme	58.104 kWh
	Stromertrag PV-Anlage	55.436 kWh
	Abreitspreis Strom	0,35 €
	Arbeitspreis Fernwärme	0,14586 €

*alle für Kühlen
Annahme
<https://waerme.hamburg/fernwaermesystem/preissystem/preisblatt>

Anlagenkomponente	Rechn. Nutzungs-dauer	Aufwand für Instand-setzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedienen
Einheiten	Jahre	%	%	Stunden pro Jahr (h/a)
1.0.1.0 Wärmepumpen				
Luft/Wasser (Elektro)	10	1	1,5	0
Sole/Wasser, Wasser/Wasser (Elektro)	20	1	1,5	0
1.3.5 House transfer station from district heating with direct connection	30	2	1	0
1.3.6 House transfer station from district heating with indirect connection	20	2	1	0

Energieträger	Verbrauch	Bedarfs-gebundene Kosten	Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Emissionen t/a (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Bepreisung Euro/a (*20-Jahre-Mittelwert)
Einheit	kWh/a	Euro	Euro	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB
Fernwärme	4.269.604	622.764,44 €	797.795,83 €	0,062255	265,804	28.507,50 €
Strom für Heizen	17.100	5.985,00 €	7.667,12 €	0,079	1,357	145,57 €
Strom für Kühlen (unter Berücksichtigung PV Strom)	115.109	40.288,15 €	51.611,36 €	-	-	-
Strom für Kühlen (Worst-Case, ohne Berücksichtigung PV Strom)	170.545	-	-	0,079	13,473	1.444,98 €
			857.074,31 €		267,162	28.653,07 €

Strom Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh	Fernwärme CO2 Faktor	mit Wärme aus TAB kg/kWh	ohne Wärme aus TAB kg/kWh	CO2-Bepreisung (nach 2026 eine angenommene Erhöhung von 5 Euro/t pro Jahr)	
2021	0,388	0,356	0,296	2021	25
2022	0,354	0,328	0,267	2022	30
2023	0,32	0,3	0,237	2023	35
2024	0,286	0,272	0,208	2024	45
2025	0,252	0,244	0,179	2025	55
2026	0,218	0,216	0,150	2026	65
2027	0,184	0,188	0,121	2027	70
2028	0,15	0,16	0,091	2028	75
2029	0,116	0,132	0,062	2029	80
2030	0,083	0,127	0,058	2030	85
2031	0,078	0,123	0,054	2031	90
2032	0,072	0,118	0,050	2032	95
2033	0,066	0,113	0,045	2033	100
2034	0,061	0,109	0,041	2034	105
2035	0,056	0,104	0,037	2035	110
2036	0,050	0,099	0,033	2036	115
2037	0,044	0,095	0,029	2037	120
2038	0,039	0,090	0,025	2038	125
2039	0,034	0,085	0,021	2039	130
2040	0,028	0,081	0,017	2040	135
2041	0,023	0,076	0,012	2041	140
2042	0,017	0,071	0,008	2042	145
2043	0,011	0,067	0,004	2043	150
2044	0,006	0,062	0	2044	155
2045	0	0,1284825	0,062	2045	160
Mittelwert 20Jahre	0,079			Mittelwert 20Jahre	107,250

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH40-Standard

Bearbeiter: [REDACTED]
Stand: 15.06.2023

Berechnung Variante 2	
Heizleistung Geothermie	1.100 kW
Jahresheizarbeit Geothermie	2.100.000 kWh/a
Kühlleistung Geothermie	1.640 kW
Jahreskühlarbeit Geothermie	1.030.000 kWh/a
Gesamt Kälteleistung	1.709 kW
Gesamt Kältebedarf	943.200 kWh/a
Anteil WP für Kälteversorgung	0%
Gesamt Heizleistung	2.621 kW
Gesamt Wärmebedarf	4.211.500 kWh/a
Anteil Fernwärme für Wärmeversorgung	50%
Gesamt Jahresstromertrag PV-Anlage	92.393 kWh/a
PV-Anlage Potenzial	60%

Grundlast Geothermie + Spitzenlast Fernwärme + Rückkühlung Geothermie
gem. PV-Potentialstudie KuK vom 21.04.2023 (standortgenauer Jahresstromertrag)

Betrachtungszeitraum in Jahr	20
Zinsfaktor	105%
Annuitätsfaktor	0,0802

Tabelle 1. Betrachtungszeiträume für Teilsysteme

Teilsystem	Betrachtungszeitraum in Jahren (Empfehlung)
Heizung	20
Lüftungs- und Klimaanlage	15
Aufzüge	15
Förderanlagen	20
Dach, Wand, Fassade	50
Sanitär	20
Schwachstromanlagen	15
Starkstromanlagen	20
MSR-Technik	15

Preisänderungsfaktor für kapitalgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für bedarfsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für betriebsgebundene Kosten	103%
Preisänderungsfaktor für Instandhaltung	103%
Barwertfaktor für kapitalgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für bedarfsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für betriebsgebundene Kosten	15,9648
Barwertfaktor für Instandhaltung	15,9648

Bezeichnung der Komponenten	Investition	Nutzungs-dauer	Ersatz-häufigkeit	Aufwand für Instandsetzung	Aufwand für Wartung und Inspektion	Aufwand für Bedien	Aufwand für Bedien
Einheit	Euro	Jahre	n	%	%	Stunden pro Jahr	Euro pro Jahr (30 €/h?)
Wärmepumpe(Wasser/Wasser)	567.000,00 €	20	0	1	1,5	5	150
Hausübergabestation bei Fernwärme mit indirektem Anschluss	393.217,50 €	30	0	2	1	0	0
Kompressions-Kältemaschine	984.000,00 €	15	1	2	1,5	1	30
Rückkühlwerke	820.000,00 €	20	0	2	1,5	0	0
Erdsonden	3.200.000,00 €	50	0	0,1	0,1	0	0
Fotovoltaik(?)							
	5.964.217,50 €						

Berechnungen der Annuität kapitalgebundene Kosten

Restwert	Barwert der Ersatzinvestitionen		Summe der Barwerte	Annuität der kapitalgebundenen Kosten
Euro	A ₁ in Euro	A ₂ in Euro	Euro	Euro
0,00 €	0,00 €	0,00 €	567.000,00 €	45.497,55 €
49.399,85 €	0,00 €	0,00 €	343.817,65 €	27.588,82 €
385.191,09 €	737.418,42 €	0,00 €	1.336.227,34 €	107.222,34 €
0,00 €	0,00 €	0,00 €	820.000,00 €	65.798,92 €
723.627,81 €	0,00 €	0,00 €	2.476.372,19 €	198.710,51 €
				444.818,14 €

Berechnungen der Annuität betriebsgebundene Kosten

Barwert Bedienungskosten	Barwert Instandhaltungskosten	Annuität der betriebsgebundenen Kosten
Euro	Euro	Euro
2.394,72 €	226.300,81 €	18.351,12 €
0,00 €	188.328,97 €	15.112,00 €
478,94 €	549.827,15 €	44.157,98 €
0,00 €	458.189,29 €	36.766,29 €
0,00 €	102.174,61 €	8.198,76 €
		122.586,16 €

Heizen	Stromverbrauch WP	381.818 kWh
	Wärmeverbrauch Fernwärme	2.111.500 kWh
	Stromverbrauch Pumpe	17.100 kWh
	Stromverbrauch WP	0 kWh
Kühlen	Stromverbrauch Kältemaschinen	56.143 kWh
	Stromverbrauch Pumpe + Stromverbrauch Rückkühler	18.170 kWh
WW Wohnen	Wärmeverbrauch Fernwärme	58.104 kWh
	Stromertrag PV-Anlage	55.436 kWh
	Abreitspreis Strom	0,35 €
	Arbeitspreis Fernwärme	0,14586 €

*alle für Kühlen
Annahme
<https://waerme.hamburg/fernwaermesystem/preissystem/preisblatt>

Anlagenkomponente	Rechn. Nutzungsdauer	Aufwand für Instandsetzung f _{inst}	Aufwand für Wartung und Inspektion f _{W+insp}	Aufwand für Bedienen
Einheiten	Jahre	%	%	Stunden pro Jahr (h/a)
1.3.1.8 Wärmepumpen				
Luft/Wasser (Elektro)	18	1	1,5	5
Sole/Wasser, Wasser/Wasser (Elektro)	20	1	1,5	5
1.3.5 House transfer station from district heating with direct connection	30	2	1	0
1.3.6 House transfer station from district heating with indirect connection	20	2	1	0

Energieträger	Verbrauch	Bedarfsgebundene Kosten	Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Emissionen t/a (*20-Jahre-Mittelwert)	CO2-Bepreisung Euro/a (*20-Jahre-Mittelwert)
Einheit	kWh/a	Euro	Euro	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB	ohne Wärme aus TAB
Fernwärme	2.169.604	316.458,44 €	405.400,84 €	0,062255	135,069	14.486,12 €
Strom für Heizen	398.918	139.621,36 €	178.862,72 €	0,079	31,664	3.395,98 €
Strom für Kühlen (unter Berücksichtigung PV Strom)	18.877	6.606,97 €	8.463,90 €	-	-	-
Strom für Kühlen (Worst-Case, ohne Berücksichtigung PV Strom)	74.313	-	-	0,079	5,871	629,63 €
			592727,45		166,733	17.882,10 €

Strom Umrechnungsfaktor CO2 kg/kWh	Fernwärme CO2 Faktor	mit Wärme aus TAB kg/kWh	ohne Wärme aus TAB kg/kWh	CO2-Bepreisung (nach 2026 eine angenommene Erhöhung von 5 Euro pro Jahr)	
2021	0,388	2022	0,356	0,296	25
2022	0,354	2023	0,328	0,267	30
2023	0,32	2024	0,3	0,237	35
2024	0,286	2025	0,272	0,208	45
2025	0,252	2026	0,244	0,179	55
2026	0,218	2027	0,216	0,150	65
2027	0,184	2028	0,188	0,121	70
2028	0,15	2029	0,16	0,091	75
2029	0,116	2030	0,132	0,062	80
2030	0,083	2031	0,127	0,058	85
2031	0,078	2032	0,123	0,054	90
2032	0,072	2033	0,118	0,050	95
2033	0,066	2034	0,113	0,045	100
2034	0,061	2035	0,109	0,041	105
2035	0,056	2036	0,104	0,037	110
2036	0,050	2037	0,099	0,033	115
2037	0,044	2038	0,095	0,029	120
2038	0,039	2039	0,090	0,025	125
2039	0,034	2040	0,085	0,021	130
2040	0,028	2041	0,081	0,017	135
2041	0,023	2042	0,076	0,012	140
2042	0,017	2043	0,071	0,008	145
2043	0,011	2044	0,067	0,004	150
2044	0,006	2045	0,062	0	155
2045	0	Mittelwert 20Jahre	0,1284825	0,062	160
Mittelwert 20Jahre	0,079				Mittelwert 20Jahre 107,250

Projekt: DAM - Hansainvest
 Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH40-Standard

Bearbeiter: [REDACTED]
 Stand: 15.06.2023

Tabelle: Energieabschätzung Wärme

Flächenkennwert Bedarf für EH40 22,5 W/m²
 Reduzierung des Transmissionswärmeverlusts 10%
 Reduzierung der Vollbenutzungsstunden 100 h
 Effizienzerhöhung Wärmerückgewinnung RLT 5%

Verbraucher	Leistung	Nutzungsprofil	Art der Nutzung	Vollbenutzungsstunden	GLZ	Jahresenergiebedarf
Transmission WE1	369 kW	Büro	Durchschnitt	1600 h	1	590.400 kWh/a
Raumluftechnik WE1	713 kW	Büro	Durchschnitt	1600 h	1	1.140.000 kWh/a
Transmission WE2	504 kW	Büro	Durchschnitt	1600 h	1	806.400 kWh/a
Raumluftechnik WE2	865 kW	Büro	Durchschnitt	1600 h	1	1.383.200 kWh/a
Transmission WE3	171 kW	Mehrfamilienhaus	Durchschnitt	1700 h	1	291.500 kWh/a
Summe	2.621 kW					4.211.500 kWh/a

Trinkwasser personenbezogener Gesamt-Energiebedarf: 540 kWh/a

Raumtyp	Anzahl	Belegungszahl	Energie WW-Bereitung
Einzelzimmerwohnung	22	1,2	14.256 kWh/a
2-Zimmer-Wohnung	12	1,6	10.368 kWh/a
3-Zimmer-Wohnung	6	2,3	7.452 kWh/a
4-Zimmer-Wohnung	7	2,8	10.584 kWh/a
5-Zimmer-Wohnung	8	3,1	13.392 kWh/a
7-Zimmer-Wohnung	1	3,8	2.052 kWh/a
			58.104 kWh/a

Pumpen

Leistung	ΔT	Förderhöhe gesamt	GLZ	Vollbenutzungsstunden	Jahresenergiebedarf
2.621 kW	15 K	18 m	0,8	1700 h	17.100 kWh/a
					17.100 kWh/a

Projekt: DAM - Hansainvest
Inhalt: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zum Energiekonzept EH40-Standard

Tabelle: Energieabschätzung Kälte

Flächenkennwert Bedarf für EH40 27 W/m²
 Reduzierung der Gebäudekühlung 10%
 Reduzierung der Vollbenutzungsstunden 100h
 Effizienzerhöhung Wärmerückgewinnung RLT 5%

Verbraucher	Leistung	Nutzungsprofil	Vollbenutzungs- stunden	GLZ	Jahres-energiebedarf
Gebäudekühlung WE1	288 kW	Büro	690 h	0,8	159.000 kWh/a
Raumluftechnik WE1	447 kW	Büro	690 h	0,8	246.500 kWh/a
Gebäudekühlung WE2	423 kW	Büro	690 h	0,8	233.500 kWh/a
Raumluftechnik WE2	551 kW	Büro	690 h	0,8	304.200 kWh/a
	1.709 kW				943.200 kWh/a

Pumpen

Typ	Leistung	ΔT	Förderhöhe gesamt GLZ	Vollbenutzungsstunde	Jahresenergiebedarf
Kaltwasserpumpen	1.709 kW	6 K	24 m	0,6	1100 h
					17.650 kWh/a

Adiabatik Rückkühler

Rückkühler	Rückkühl- leistung	Bauart Rückkühler	Wasserauf- bereitung	Eindickung	Wassermenge jährlich	ELT
Rückkühlerleistung gesamt	2.221 kW	Hybrid mit VE-Wasser	VE	3	160 m ³	520 kWh/a
						520 kWh/a

Projekt:

Quartier Neue Rabenstraße

 KREBS+KIEFER

 DGNB

Thermische Bauphysik

Vergleich BEG 40 / BEG 55

Bauherr:

HANSAINVEST Real Assets GmbH

Bauphysik + DGNB:

KREBS+KIEFER



Quelle: Visualisierung Projekt "Quartier Neue Rabenstraße", David Chipperfield Architekten

Projektmailadresse: DAM-kuk@kuk.de

BEG – Effizienzgebäude (EG) Definition (Nichtwohngebäude)

Mittlerer U-Wert	BEG 55	BEG 40
Opake Bauteile	0,22 W/(m ² K)	0,18 W/(m ² K)
Vorhangfassade	1,20 W/(m ² K)	1,00 W/(m ² K)
Fenster	1,20 W/(m ² K)	1,00 W/(m ² K)
Oberlicht	2,00 W/(m ² K)	1,60 W/(m ² K)

Übersicht U-Werte – Energetische Bilanzierung

Thermische Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]	Dämmstärke [cm]	Wärmeleitstufe [(m²K)/W]	U-Wert [W/(m²K)]	Dämmstärke [cm]	Wärmeleitstufe [(m²K)/W]
	BEG 55			BEG40		
Vertikale Bauteile						
Außenwand Technik	0,27	12	035	0,23	14	035
Außenwand gegen TG/ unbeheizt	0,31	12	040	0,27	14	040
Wand massiv (Haus 3)	0,23	14	035	0,23	14	035
Außentüren	1,75	-	-	1,75	-	-
Horizontale Bauteile						
Bodenplatte	0,53	8	050	0,53	8	050
Decke gegen TG/ unbeheizt	0,26	14	040	0,22	16	040
Flachdach	0,17	22	040	0,13	30	040
Dach Technik	0,27	14	040	0,27	14	040
Dach Innenhof (Haus 3)	0,27	14	040	0,24	16	040
Decke UG nach oben gegen Außenluft / unbeheizt	0,29	12	040	0,27	14	040

Übersicht U-Werte – Energetische Bilanzierung

Thermische Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]	Dämmstärke [cm]	Wärmeleitstufe [(m²K)/W]	U-Wert [W/(m²K)]	Dämmstärke [cm]	Wärmeleitstufe [(m²K)/W]
	BEG 55			BEG40		
Transparente Bauteile						
Pfosten-Riegel-/Vorhang-Fassade	1,20	-	-	1,00	-	-
Außentür transparent	1,20	-	-	1,00	-	-
Oberlicht (Haus 3)	2,00	-	-	1,60	-	-

