

Anlage

Operationelles EFRE-Programm im Ziel „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ Bayern 2014-2020 (Prioritätsachse 3 „Klimaschutz“, Maßnahmengruppe 3.2: Energieeinsparung in öffentlichen Infrastrukturen)

Förderantrag

Projekttitle:

Innovative und CO₂-arme Fernkälteversorgung für das Münchner Innenstadtquartier

Antragsteller (Kommune, Eigenbetrieb oder Kommunalunternehmen):

Stadtwerke München (SWM), ein 100% kommunales Tochterunternehmen der Landeshauptstadt München (LHM)

Adresse:

Emmy-Noether-Straße 2, 80992 München

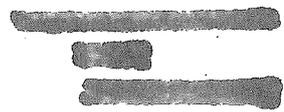
Ansprechpartner:

089-2361- Fax 089-2361-703380
 swm-infrastruktur.de

Stand: 13.11.2017

Vertraulich

1. Kurzbeschreibung des Projekts	3
2. Projektziele	4
3. Einbindung des Projekts in städtebauliche Konzepte.....	4
4. Projektbeteiligte und Organisationsstruktur	5
5. Beschreibung des Quartiers	6
6. Projektbeschreibung und Maßnahmen	11
7. Thermische Kälteverluste (Netze).....	18
8. Pumpstrombedarf	20
9. CO ₂ -Einsparungen	22
10. Zielerreichung	27
11. Planung der durchzuführenden Maßnahmen	29
12. Finanzierungsplan und Fördermittelbedarf	31
13. Vorliegen der Fördervoraussetzung nach Art. 46 AGVO.....	34
14. Förderantrag und weitere Vorgehensweise.....	41
15. Monitoring	42



1. Kurzbeschreibung des Projekts

Der Kraftwerksstandort Süd der SWM, an dem seit vielen Jahren Fernwärme aus hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen und in Zukunft auch aus erneuerbarer Tiefengeothermie erzeugt wird, bietet hervorragende Rahmenbedingungen zur Bereitstellung von klimafreundlicher und ressourcenschonender Kälte.

An diesem Standort soll ab 2022 umweltfreundliche Fernkälte auf Basis von modularen Kälteanlagen erzeugt werden. Durch Nutzung unterschiedlicher Kältequellen, wie sie am Standort zur Verfügung stehen, kann die Kälte ganzjährig extrem umweltfreundlich und mit minimalem Primärenergieeinsatz erzeugt werden. Im Vergleich zu strombetriebenen Kälteanlagen, welche bislang dezentral bei den Kunden zum Einsatz kommen, können beispielsweise die CO₂-Emissionen um etwa 60 % reduziert werden. Erreicht wird dies durch den bevorzugten Einsatz von freier Kühlung (Isarwasser) und umweltfreundlicher Fernwärme als Kälte- und Antriebsquellen. Zur Abdeckung der Spitzenlasten werden hocheffiziente strombetriebene Kompressionskälteanlagen verwendet.

Um im 25-jährigen Betrachtungszeitraum des Projekts ausreichend Kunden mit Fernkälte versorgen zu können und dadurch ein hohes Maß an CO₂-Einsparung zu erreichen, wird bis 2022 eine große Kälte-Transportleitung vom Erzeugungsstandort Süd bis in die Münchner Innenstadt verlegt. Am Anschlusspunkt Sendlinger Tor wird die Transportleitung mit dem bereits bestehenden Fernkältenetz verbunden. Die Trassenführung dieser neuen Transportleitung führt gezielt am Großmarkthallenareal sowie an städtischen Verwaltungsgebäuden und an Krankenhäusern vorbei, so dass in Zukunft auch Fernkältekunden entlang der Trasse angeschlossen werden können.

Darüber hinaus werden zahlreiche gewerbliche Kunden in der Münchner Innenstadt an die klimafreundliche Fernkälte angeschlossen. Das Projektquartier ergibt sich aus den örtlichen Gegebenheiten für Kälteerzeugung und Kundenpotentiale, und umfasst demnach den Bereich vom Kraftwerksstandort Süd bis zur Innenstadt sowie dem zentralen Münchner Altstadtbereich (Hauptbahnhof – Odeonsplatz – Marienplatz – Sendlinger Tor).

Die umweltfreundliche und CO₂-arme Fernkälteversorgung liefert einen bedeutenden Beitrag zu den ambitionierten Klimaschutzzielen Münchens. Darüber hinaus besitzt das Projekt einen sehr positiven städtebaulichen Einfluss, da durch die zentrale Versorgung mit Fernkälte unerwünschte Rückkühlaggregate auf den Dächern vermieden werden können, welche insbesondere im Zentrum Münchens das Stadtbild nachteilig beeinflussen und in ungünstigen Fällen auch hygienische Probleme (Legionellen) verursachen können.

Das Konzept berücksichtigt auch den in Zukunft wachsenden Kältebedarf, als Folge des Klimawandels und steigender Komfortansprüche der Kunden, und stellt damit eine Klimaanpassungsstrategie der Stadt München im Bereich der Kälteversorgung dar.

2. Projektziele

Eine Hauptkomponente der Energieversorgung in dem vorrangig gewerblich genutzten Quartier ist die Kälte. Um diese innovativ und CO₂-arm ausgestalten zu können, wird ein Teil des Vorhabens zur EFRE-Förderung vorgeschlagen. Daran werden folgende Projektziele gestellt:

- Ein attraktives, innerstädtisches Quartier soll nachhaltig und energieeffizient mit Kälte versorgt werden.
- Unter städtebaulichen Gesichtspunkten (Stadtbild) soll die Kälteversorgung vorbildhaften Charakter besitzen. Die städtischen Planungen der im Quartier befindlichen Neubau- und Konversionsflächen werden bei der Fernkälte-Quartierserschließung im Sinne einer nachhaltigen und städtebaulich integrierten Herangehensweise laufend berücksichtigt.
- Die Kälteversorgung soll hygienische Gefahren in der Münchner Innenstadt minimieren.
- Das gesamte Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zu den Klimaschutz- und Klimaanpassungsaktivitäten der Stadt München.
- Das Areal soll mit Fernkälte vom Kraftwerksstandort Süd der SWM versorgt werden. Dabei sollen die Anforderungen der Kunden bedarfsgerecht erfüllt werden.
- In ökologischer Hinsicht besteht die Zielsetzung, den Kältebedarf umweltfreundlich, CO₂-arm und auch regenerativ zu erzeugen.
- Das Projekt soll den generell schwierig zu realisierenden Einsatz regenerativer Energien in innerstädtischen Bereichen ermöglichen, welcher jedoch Bestandteil anspruchsvoller Zielsetzungen ist. So hat sich die Stadt München im Konvent der Bürgermeister das Ziel gesetzt, die EU 20-20-20 Ziele zu übertreffen.

Die genannten Projektziele werden durch die in Kapitel 6 beschriebenen Maßnahmen erreicht.

3. Einbindung des Projekts in städtebauliche Konzepte

Das Vorhaben ist ein wichtiger Baustein mit Leuchtturmcharakter im Rahmen des integrierten Stadtentwicklungskonzepts Perspektive München. Durch die Mitgliedschaft der Stadt im Klima-Bündnis e.V. und beim Konvent der Bürgermeister sind die CO₂-Emissionen bis 2035 um mindestens 50% (Basis 1990) und langfristig auf max. 2,5 t pro Kopf und Jahr zu reduzieren. Die EU 20-20-20-Ziele für Energie und Klima-

schutz müssen übertroffen werden. Derzeit wird ein Energienutzungsplan aufgestellt, der auch Kälte- und Wärmenetze und deren Potenziale für Einsatz und weiteren Ausbau umfasst.

Die städtischen Planungen der im Quartier befindlichen Neubau- und Konversionsflächen, insbesondere die Neugestaltung des Großmarkthallenareals und des Viehhof- und des Schlachthofgeländes, werden bei der Fernkälte-Quartierserschließung laufend berücksichtigt, im Sinne einer nachhaltigen und städtebaulich integrierten Herangehensweise.

Das Quartier besitzt ein hohes Potential an gewerblichen Nutzern mit Kältebedarf. Dabei sind sowohl die Bestandsobjekte als auch zukünftige Neubauten zu berücksichtigen. Sowohl steigende Kältebedarfsanforderungen im gewerblichen Bereich als auch Kältebedarf im Wohnbereich können zukünftig bedient werden.

Die Kälteversorgung des Quartiers mit dem hier sehr langfristigen Planansatz leistet somit einen erheblichen und nachhaltigen Beitrag zu den ambitionierten Klimaschutzzielen der Stadt München. Ebenso wird die Klimaanpassungsstrategie der Stadt München berücksichtigt.

4. Projektbeteiligte und Organisationsstruktur

Die Umsetzung erfolgt in integrierter Zusammenarbeit der zuständigen Referate der Stadt München mit der SWM in bestehenden Arbeits- und Entscheidungsgremien. Bau und Betrieb der Kälteerzeugungsanlagen und der Kältenetze sowie die Kundakquise liegen in fachlicher und finanzieller Verantwortung der SWM. Demzufolge ist auch die Projektleitung bei den SWM angesiedelt.

Bei den SWM sind zahlreiche Bereiche eingebunden, die in *Tabelle 1* aufgeführt sind.

Bereich	Aufgaben (beispielhaft)
Konzeption Netze	Netzkonzept, Entwurfsplanung (Beauftragung)
Konzeption Erzeugungsanlagen	Konzept, Entwurfsplanung
Projektierung Netze und Erzeugungsanlagen	Vorplanung/Planung, Bauüberwachung, Abnahme Erstellung von Ausschreibungsunterlagen
Netz- und Anlagenservice	Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung der Netzkomponenten
Technik und Produktion Energie	Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung der Erzeugungsanlagen
Vertrieb	Kundenakquise, Angebotserstellung, Abrechnung, Kundenbetreuung
Einkauf	Ausschreibung, Vergabeverhandlung
Controlling	Ergebnis- und Finanztransparenz Basisparameter zur Wirtschaftlichkeitsrechnung
Recht	Beihilferecht, Förderungen

Tabelle 1: Involvierte Bereiche bei SWM zur Erstellung des Projektantrags

Die Bautätigkeiten für Erzeugungsanlagen und Kältenetze werden durch die SWM ausgeschrieben und an Spezialunternehmen vergeben. Zum Teil werden auch die Planungsleistungen für Netze und Erzeugungsanlagen an externe Firmen vergeben.

Planung und Auslegung der Kundenanschlüsse und der Kundenstationen erfolgen in Abstimmung mit den Kunden. Bei den Liegenschaften der Stadt München erfolgt die Abstimmung mit den zuständigen Referaten und Eigenbetrieben. Bei der Neuen Großmarkthalle sind dies das Kommunalreferat der Stadt München und die Markthallen München (MHM), als Eigenbetrieb und Nutzer.

Quartiersentwicklung, Erschließungskonzept und Fragen zur Umweltrelevanz werden mit dem Kommunalreferat, dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung, dem Referat für Umwelt und Gesundheit und dem Baureferat abgestimmt. Die EFRE-Förderung wird im Benehmen mit o.g. Referaten, dem Referat für Arbeit und Wirtschaft und der Stadtkämmerei umgesetzt.

Darüber hinaus wird bei Bedarf auch die Expertise des Fachverbands für Wärme- und Kälteversorgung, dem Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW), eingeholt.

5. Beschreibung des Quartiers

Das Projektquartier orientiert sich zum einen an den örtlichen Gegebenheiten für die Kälteerzeugung und zum anderen an den Kundenpotentialen, welche im Betrachtungszeitraum von 25 Jahren zu erwarten sind. Während eine umweltfreundliche und ressourcenschonende Kälteerzeugung am Kraftwerksstandort Süd optimal realisiert werden kann, ist der Großteil des zu erwartenden Kältebedarfs (Kundenpotentiale) im zentralen Innenstadtbereich zu finden. Somit ist das Projektquartier zweigeteilt:

Der erste Teil des Quartiers erstreckt sich vom Kraftwerksstandort Süd ausgehend, entlang der Trassenführung der neuen Transportleitung, bis zum Anschlusspunkt an das bestehende Fernkältenetz im Bereich Sendlinger Tor. Die Trassenführung entlang Großmarkthallenareal, Viehhof- und Schlachthofgelände sowie entlang der städtischen Kliniken wurde gezielt so gewählt, dass möglichst viele der Kundenpotentiale mittelfristig an die Fernkälte angeschlossen werden können.

Der zweite Teil des Quartiers beinhaltet den zentralen Münchner Altstadtbereich, welcher sich etwa in Nord-Süd-Richtung von Hauptbahnhof bis Sendlinger Tor und in West-Ost-Richtung von Odeonsplatz bis Marienplatz/Tal erstreckt. In diesem Bereich existiert bereits ein Fernkältenetz mit zahlreichen Kunden. Darüber hinaus sind hier umfangreiche weitere Kundenpotentiale vorhanden, die im Rahmen dieses Projekts mit Fernkälte versorgt werden können.

Bei der Festlegung der Quartiersgrenzen wurden auch die städtebaulichen Aspekte und Vorhaben berücksichtigt. Dabei wurden sowohl zur Sanierung anstehende Bestandsgebäude als auch geplante Neubauvorhaben (z.B. Neue Großmarkthalle) be-

rücksichtigt und hinsichtlich des zu erwartenden Kältebedarfs Abschätzungen vorgenommen. Darüber hinaus wurden auch Teilgebiete, für die eine Nutzungsänderung (Konversion) innerhalb des Betrachtungszeitraums zu erwarten ist, in die Prognosen einbezogen – auch wenn dazu in vielen Fällen noch keine konkreten städtebaulichen Planungen vorliegen. Dies betrifft beispielsweise das Viehhofgelände, das Schlachthofgelände sowie die Gleisharfe nordwestlich des Großmarkthallengeländes.

Im Quartier können auch die in Zukunft zu erwartenden Kältebedarfssteigerungen aufgrund wachsender Komfortansprüche oder Klimaänderungen bedient werden. Ebenso können bei Bedarf Wohnbauobjekte an die zentrale Fernkälteversorgung angeschlossen werden. Diese Aspekte verdeutlichen, dass bei der Quartiersbetrachtung bereits die Klimaanpassungsstrategie berücksichtigt wurde.

Im Einzelnen enthält das Quartier folgende Teilflächen (siehe auch Anlage 1):

a) Kraftwerksstandort Süd

Am Erzeugungsstandort der SWM werden innerhalb der Kraftwerkshallen alle Kälteerzeugungsanlagen installiert. Das Kühlwasser zur freien Kühlung (FK) wird einem Seitenarme der Isar (Großer Stadtbach) entnommen. Die entsprechende Entnahmestelle ist bereits vorhanden, da Kühlwasser auch für die bereits vorhandenen Gaskraftwerke (GuD-1 und GuD-2) am Erzeugungsstandort erforderlich ist.

b) Großmarkthallengelände

Auf dem Gelände der Großmarkthallen befinden sich zahlreiche Hallen, mit unterschiedlichen Besitzern und Betreibern. Das gesamte Gelände wird mittelfristig auf Betreiben der Stadt München überplant. Dabei werden nach aktuellem Stand einige Gebäude saniert, andere werden neu errichtet.

Die Überplanung der Stadt München berücksichtigt alle relevanten städtebaulichen Aspekte. Denkmalgeschützte Gebäude werden in das Gesamtkonzept integriert.

Auf dem Gelände der Großmarkthallen befinden sich folgende Teilflächen, die im Quartier hinsichtlich der Kälteversorgung relevant sind (siehe auch Anlage 1):

- **UGM I**

Im Zuge der Überplanung des Geländes wird diese Halle voraussichtlich neu errichtet. Betreiber ist das Logistikunternehmen Umschlagzentrum Großmarkt München (UGM). Zu berücksichtigen sind die Schallschutzvorgaben der Stadt München. Mit Fertigstellung und Fernkälteversorgung ist nach aktuellem Stand 2023 zu rechnen.

- UGM II

Diese Halle soll saniert werden. Betreiber ist das Logistikunternehmen Umschlagzentrum Großmarkt München (UGM). Zu berücksichtigen sind die Schallschutzvorgaben der Stadt München. Mit Fertigstellung und Fernkälteversorgung ist nach aktuellem Stand 2023 zu rechnen.

- Neue Großmarkthalle

Den Schwerpunkt der Überplanung des Geländes bildet der Neubau der Neuen Großmarkthalle. Diese soll die Lagerflächen zahlreicher bislang auf dem Gelände verteilter Gebäudeeinheiten zusammenfassen. Der Neubau soll öffentlich ausgeschrieben und von einem Investor errichtet und nachfolgend betrieben werden. Aufgrund der kürzlich im Münchner Stadtrat beschlossenen Neuausrichtung der Planungen wird mit Fertigstellung und Fernkälteversorgung nicht vor 2024 gerechnet.

- Blumenhalle und Halle Firma Hausladen

Diese beiden Hallen nordwestlich der Neuen Großmarkthalle sollen weiter betrieben werden.

- Halle 2

Nordwestlich der Neuen Großmarkthalle, an die Thalkirchner Straße angrenzend, ist der Neubau der Halle 2 (Technik, Lager und Kommissionierung) geplant. Bauherr und Betreiber ist die Stadt. Mit Fertigstellung und Fernkälteversorgung ist nach 2025 zu rechnen.

- Verwaltungsgebäude

Entlang der alten Thalkirchner Straße (nordwestlich der Neuen Großmarkthalle), eingerahmt von der Neuen Großmarkthalle, befindet sich das Verwaltungsgebäude (Kontorhaus 2). Dieses denkmalgeschützte Gebäude soll künftig u.a. als Verwaltungsgebäude für den Betrieb der Markthallen München dienen und ebenfalls saniert werden.

- Westlich Großmarkthalle

Im Gebiet westlich der alten Thalkirchner Straße, zwischen Thalkirchner Straße und der Kochelseestraße gelegen, befinden sich aktuell Objekte/Grundstücke der Markthallen München (z.B. Kontorhaus 1). Im Zuge der Umgestaltung des Geländes wird es hier voraussichtlich zu Neubauten und einer zum Teil geänderten Nutzung kommen.

c) Bestandsgebäude im Bereich zwischen Großmarkthallengelände und Sendlinger Tor

- Kreisverwaltungsreferat (KVR) der Stadt München

In der Ruppertstraße 11 (Ecke Lindwurmstraße) befindet sich das Verwaltungsgebäude des Kreisverwaltungsreferat (KVR) der Stadt München.

- Schlachthof-Gelände

Nach aktuellem Informationsstand der Stadt München wird der Schlachtbetrieb auf dem Gelände auch mittel- bis langfristig fortgesetzt, nicht zuletzt aufgrund der noch langjährig laufenden Pachtverträge.

- Arbeitsagentur München

Das Verwaltungsgebäude der Agentur für Arbeit der Stadt München befindet sich in der Kapuzinerstraße 26, am nordwestlichen Rand des Quartiers.

- Kliniken

Die Kliniken und Institute im Bereich Sendlinger Tor (Pettenkoflerstraße, Nußbaumstraße, Mathildenstraße, Goethestraße) werden voraussichtlich bis 2030 an die Fernkälte angeschlossen (siehe auch *Tabelle 2*).

- Gewerbliche Kunden

Im Bereich Goetheplatz und Lindwurmstraße werden mehrere Hotels und ein Kino voraussichtlich bis 2030 an die Fernkälte angeschlossen (siehe auch *Tabelle 2*).

d) Neubauvorhaben und Konversionsflächen im Bereich zwischen Großmarkthallengelände und Sendlinger Tor

- Neubau Ruppertstraße 5

Zwischen KVR und Viehhof-Gelände ist ein Neubau geplant.

- Viehhof-Gelände

Das ehemalige Viehhof-Gelände liegt zwischen Tumblinger Straße und Thalkirchner Straße, nördlich des Großmarkthallen-Geländes bzw. der Bahngleise. Auf diesem Gelände plant die Stadt München eine Bebauung mit gewerblicher Nutzung, auch wenn hierzu noch keine konkreten Planungen vorliegen.

- Gleisharfe

Im Bereich zwischen Implerstraße und Gleisharfe (westlicher Rand des Quartiers) befinden sich bereits diverse Lagerhallen von Einzelhandelsunternehmen. Es ist da-

mit zu rechnen, dass auch der Bereich der Gleisharfe mittel- bis langfristig eine Umnutzung mit (gewerblichen) Neubauten erfährt. Da sich dieses Gelände im Eigentum der DB befindet und noch keine konkreten Pläne hierzu vorliegen, ist eine zeitliche Zuordnung hierzu derzeit nicht möglich.

e) Bestandsgebäude im zentralen Münchner Altstadtbereich (Hauptbahnhof – Odeonsplatz – Marienplatz – Sendlinger Tor)

Im zentralen Münchner Altstadtbereich sind zahlreiche Kundenpotentiale mit Fernkältebedarf vorhanden, die aus dem bisherigen Bestandsnetz aufgrund derzeit nicht vorhandener Erzeugungskapazitäten noch nicht angeschlossen werden können. Mit den am Erzeugungsstandort Süd eingeplanten Leistungskapazitäten können nach aktuellem Plan in diesem Bereich Kundenanschlüsse von insgesamt etwa 12 MW (bzw. 12.000 kW) an das Fernkältenetz angeschlossen werden. Für die in *Tabelle 2* angeführten Objekte und Kunden liegen konkrete Anfragen zur Fernkälteversorgung vor.

Objekt	Adresse	Anschlusswert in [kW]
Mercure Hotel	Sennefelderstraße 9	600
Augenklinik	Mathildenstraße 8	1500
Physiologisches Institut	Pettenkofersstraße 14	1200
Conreal (Versicherung)	Pettenkofersstraße 22	2500
Psychiatrie (Klinik)	Nußbaumstraße 7	1500
Zahnklinik	Goethestraße 70	2000
Hotel Mons	Lindwurmstraße 77	200
Royal Filmpalast	Goetheplatz 2	500
Bayerische Versorgungskammer	Sendlinger Str. 7, Oberanger 6	500
Bauindustrie Bayern	Oberanger 32	250
Theater	Oberanger 38	200
Gewerbliches Objekt	Sendlinger-Tor-Platz 7	150
Gewerbliches Objekt	Oberanger 36	250

Tabelle 2: Objekte mit Kundenanfragen im Bereich Sendlinger Tor und Altstadt

Alle oben genannten Objekte wurden auf Basis von Voruntersuchungen und Kundengesprächen durch den SWM-Vertrieb als Kundenpotentiale eingeplant. Diese Kundenpotentiale wurden mit den aus heutiger Sicht realistisch erscheinenden Prognosen angesetzt. Es können sich jedoch im Verlauf der Gebietserschließung auch Änderungen ergeben, so dass anstelle einiger dieser Objekte andere angeschlossen werden. Für manche Gebäude, wie beispielsweise das KVR oder die Arbeitsagentur, kann der zukünftige Kältebedarf noch nicht hinreichend sicher prognostiziert werden. Dagegen sind im zentralen Münchner Altstadtbereich weit reichende Kundenpotentiale vorhanden, so dass diese dem Gesamtvorhaben die notwendige Planungssicherheit verleihen.

6. Projektbeschreibung und Maßnahmen

6.1. Vorgehensweise und Ausgangssituation

Das in Kapitel 5 beschriebene Quartier beinhaltet Bestandsgebäude sowie Planungen zu Neubauten und Konversionsflächen, mit vorrangig gewerblicher Nutzung. Dieses Quartier lässt sich in drei Teilbereiche untergliedern:

- Großmarkthallengelände, mit Markthallen und Verwaltungsgebäuden
- Gebiet entlang der Fernkältetrasse, im Bereich zwischen Großmarkthallengelände und Sendlinger Tor
- Zentraler Münchner Altstadtbereich (Hauptbahnhof – Odeonsplatz – Marienplatz – Sendlinger Tor), mit teilweise bestehendem Fernkältenetz

Für die Gebäude und Flächen im Quartier wurden in einem ersten Schritt Kältebedarfswerte mit Annahmen zu Temperaturniveau, Leistungswerten und Jahresverbrauch sowie ungefähre Anschlussstermine abgeschätzt. Bei den entsprechenden Kältebedarfsabschätzungen wurden sowohl Bestandsgebäude als auch zukünftige Neubauten berücksichtigt.

Für die meisten Gebäude und Flächen auf dem Großmarkthallengelände konnten konkrete Kundenprognosewerte hinterlegt werden. Hierzu fanden auch schon zahlreiche Gespräche mit den zukünftigen Kunden (Markthallen München, UGM) statt. Für diese Objekte liegen Bedarfsberechnungen der Kunden vor.

Dagegen können die Kältebedarfswerte für das erweiterte Gebiet, sowohl hinsichtlich des Kältebedarfs als auch des Anschlussstermins, in den meisten Fällen nur sehr grob abgeschätzt werden, da hierzu noch keine verlässlichen Planungen seitens der potentiellen Abnehmer (z.B. Arbeitsagentur, KVR) vorliegen. Die SWM werden diese Planwerte zu Beginn des Projekts zusammen mit der Stadt München und den Gebäudeeigentümern nochmals aktualisieren und wenn möglich weiter konkretisieren.

6.2. Kunden und Kältebedarf

Entsprechend der in Kapitel 6.1 beschriebenen Vorgehensweise wurden die Kältebedarfswerte im Quartier abgeschätzt. Die entsprechenden Daten sind in *Tabelle 3* dargestellt.

Die Leistungsbedarfswerte werden in Kilowatt (kW), die Jahresverbrauchswerte in Megawattstunden (MWh) angegeben. Eine MWh entspricht 1000 kWh.

Diese Annahmen werden für die weiteren Betrachtungen zur Kosten- und Erlösplanung und für die CO₂-Einsparungen zugrunde gelegt.

Kunde / Areal	Leistungsbedarf [kW]	Erstversorgung [Jahr]
a) Großmarkthallengelände		
UGM I (Neubau)	500	2023
UGM II	100	2023
Neue Großmarkthalle (Bauabschnitt 1)	1600	2024
Neue Großmarkthalle (Bauabschnitt 2)	1600	2026
Verwaltungsgebäude	150	2027
Halle 2	150	2027
Westlich Großmarkthalle	100	2030
b) Zwischen Großmarkthallengelände und Sendlinger Tor		
KVR	1000	2029
Viehhof-Gelände	500	2028
Schlachthof-Gelände	1000	2028
Arbeitsagentur	1000	2031
Neubau Ruppertstr. 5	300	2027
Kliniken	6200	2025 – 2030
Gewerbliche Kunden	3800	2025 – 2030
c) Zentrale Münchner Altstadt		
Gewerbliche Kunden	12000	2023 – 2035
SUMME	30000	

Tabelle 3: Fernkältekunden mit Bedarfswerten und Anschlussjahr (Planungsstand)

Für Klimakälte wurden als Mittelwert 800 Jahresbenutzungsstunden angesetzt, d.h. ein Leistungsbedarf von 1 kW führt zu einem Jahresverbrauch von 800 kWh oder 0,8 MWh.

Für den Endausbau ergeben sich rechnerisch Anschlusswerte in Höhe von 30000 kW (Gesamtleistungsbedarf). Der Jahresverbrauch ergibt sich rechnerisch entsprechend zu 24000 MWh.

6.3. Produkteigenschaften der Klimakälte

Die Kundenanforderungen zu Klimakälte führen zu entsprechenden Produkteigenschaften und Spezifikationen, die in *Tabelle 4* zusammen gefasst sind.

Produkt	Anwendungen	Mediumtemperatur (Vorlauf)	Mediumtemperatur (Rücklauf)
Klimakälte	Kühlung von Lagerräumen, Büroräumen und Wohnflächen (ggf. perspektivisch)	ca. 6 °C – 10 °C (gleitend)	ca. 16 °C

Tabelle 4: Produkteigenschaften und Spezifikationen zur Klimakälte

Das Fernkältenetz wird mit einer gleitenden Fahrweise betrieben, die eine variable Einstellung der Vorlauftemperatur entsprechend des Leistungsbedarfs der Kunden (Sommer – Winter) ermöglicht. Dadurch lässt sich der Anteil freier Kühlung (regenerative Kälte, siehe Kapitel 6.4) erhöhen und damit die Gesamteffizienz des Fernkältesystems bei gleich bleibender Versorgungsqualität deutlich steigern. Die Temperaturfahrweise wird an das bestehende Fernkältenetz Innenstadt angeglichen.

6.4. Kälteerzeugung

Zur Kälteversorgung der Kunden müssen mehrere Erzeugungsanlagen mit erheblichem Raumbedarf installiert werden. SWM wird dazu frei gewordene Flächen innerhalb des Kraftwerksgebäudes am eigenen KWK-Erzeugungsstandort Heizkraftwerk Süd nutzen. Die Erzeugungsanlagen werden dabei in modularer Weise errichtet. Dadurch ist die Möglichkeit zur späteren Erweiterung gegeben, sowohl zur Kapazitätserhöhung als auch zur Integration weiterer Techniken (z.B. Kältespeicher). Die sukzessive Ausbauplanung der Kälteerzeugungsanlagen (zeitlich, finanziell) wird in Kapitel 11 beschrieben.

a) Techniken zur Kälteerzeugung (im Projektvorhaben)

Zur Erreichung ambitionierter Klimaschutzbeiträge erfolgt die Kälteerzeugung durch Kombination mehrerer Techniken, die hinsichtlich Anlagenauslegung und Einsatzplanung derart kombiniert werden, dass ein Optimum an CO₂-Einsparungen bei vertretbarem Kostenaufwand erreicht wird.

Dabei werden folgende Techniken zum Einsatz kommen:

- Freie Kühlung (FK)

Zur freien Kühlung wird Isarwasser verwendet, welches am KWK-Erzeugungsstandort Heizkraftwerk Süd der SWM bereits vorhanden ist und bislang nur zur Rückkühlung der dort installierten Gaskraftwerke (GuD-1 und GuD-2) dient. Die genehmigungsrechtlichen Auflagen zur Nutzung von Isarwasser (aus dem Isarkanal) sind vorhanden und gelten für den Erzeugungsstandort insgesamt. Daher kann Isarwasser bei Einhaltung dieser Auflagen auch zur Kälteerzeugung genutzt werden. Vorteilhaft wirkt sich dabei der aktuell und zukünftig zu erwartende geringe Einsatz der Gaskraftwerke in den Sommermonaten aus, so dass der Kühlwassereinsatz für die Gaskraftwerke nur sehr selten den Einsatz zur freien Kühlung für die Kälteerzeugung behindern wird.

Die Nutzung von Isarwasser zur freien Kühlung stellt den regenerativen Anteil der Kälteerzeugung dar, und wird daher als Grundlast für die Kälteproduktion verwendet.

Die Erfahrungen aus anderen Projekten der SWM zeigen, dass der Anteil freier Kühlung an der gesamten Jahresarbeit für Klimakälte bei ca. 25 % liegt. Dieser hohe Anteil wird erreicht durch eine gleitende Netztemperaturfahrweise, die eine variable Einstellung der Vorlauftemperatur im Bereich von ca. +6 °C bis ca. +10 °C, entsprechend des Leistungsbedarfs der Kunden (Sommer – Winter), ermöglicht.

- Absorptionskältemaschinen (AKM)

Als Antriebsenergie für die Absorptionskältemaschinen wird Fernwärme genutzt, die am zentralen Erzeugungsstandort Heizkraftwerk Süd ganzjährig vorhanden ist. Diese Wärme setzt sich in Zukunft variabel zusammen, aus KWK-Wärme mit einem sehr niedrigen Primärenergiefaktor (aktuell: 0,11) sowie regenerativer Wärme aus Tiefen-Geothermieanlagen. Der Anteil an regenerativer Wärme wird sukzessive zunehmen, da SWM bis 2040 Fernwärme zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien gewinnen wird, deren wesentlichen Beitrag Tiefen-Geothermie liefern wird. SWM werden bis 2025 bis zu fünf Geothermieanlagen errichten, eine davon wird am Erzeugungsstandort Heizkraftwerk Süd sein.

Dementsprechend werden die Absorptionskältemaschinen so ausgelegt, dass sie auch für das Temperatur-Niveau der Tiefen-Geothermiewärme (ca. 95°C) geeignet sind. Derartige Anlagen sind kommerziell verfügbar. Die Nutzungsmöglichkeit von regenerativer Geothermiewärme als Antriebsenergie ist ökologisch sinnvoll und in diesem Fall auch technisch notwendig, da die Abwärme aus den am Standort betriebenen Erdgas-KWK-Anlagen (GuD-Heizkraftwerke) aufgrund des zunehmend volatilen Strommarkts insbesondere im Sommer nicht dauerhaft verfügbar sein wird. Andererseits wird auch in Zukunft in den Sommermonaten häufig ein Wärmeüberschuss aus Kraftwerken und Geothermieanlagen vorhanden sein, der aufgrund des im Sommer niedrigen Kundenabsatzes nicht ins Fernwärmesystem eingespeist werden kann. Diese Wärmemenge kann ökologisch sinnvoll zur Kälteproduktion verwendet werden, ohne dass dadurch zusätzliche Primärenergie eingesetzt werden muss. Da im Fernwärmesystem der SWM bereits Wärmespeicher vorhanden und weitere in Planung sind, können tageszeitlich unterschiedliche Profile von Wärmebedarf und Wärmeproduktion sehr gut ausgeglichen werden.

Der Anteil der Absorptionskältemaschinen an der gesamten Jahresarbeit für Klimakälte liegt bei ca. 35 % und variiert leicht mit dem Ausbauzustand der Fernkälteversorgung (Projektfortschritt). Nach Ausschöpfung der Potentiale zur freien Kühlung wird diese Kälteerzeugungstechnik mit zweithöchster Priorität eingesetzt.

- Kompressionskältemaschinen (KKM)

Als Antriebsenergie für die Kompressionskältemaschinen wird Strom genutzt, der von SWM selbst in KWK-Anlagen oder in Wasserkraftwerken erzeugt wird.

Hierfür kommen hocheffiziente Kompressionskältemaschinen zum Einsatz, mit einer sehr guten Leistungszahl, dem sogenannten „coefficient of performance“ (COP). Der COP gibt das Verhältnis von erzeugter Kälteleistung zur eingesetzten Stromleistung

an. Der über den Zeitraum eines Jahres gemittelte Wert des COP ergibt die Jahresarbeitszahl (JAZ). Die JAZ wird bei den hier geplanten Anlagen und dem angenommenen Leistungsprofil der Kunden bei ca. 4,8 liegen. Somit kann aus einer Strommenge von 1 kWh eine Kältemenge von ca. 4,8 kWh erzeugt werden.

Der hohe Wert für die JAZ ist möglich durch den Einsatz hocheffizienter Kompressionskältemaschinen in Kombination mit der Rückkühlung durch freie Kühlung (s.u.). Weniger effiziente Anlagen ohne Rückkühlung durch freie Kühlung erreichen dagegen JAZ-Werte unter 3,5. Der Anteil der Kompressionskältemaschinen an der gesamten Jahresarbeit für Klimakälte liegt bei ca. 40 % und variiert leicht mit dem Ausbauzustand der Fernkälteversorgung (Projektfortschritt). Nach Ausschöpfung der Potentiale zur freien Kühlung und der Absorptionskältemaschinen wird diese Kälteerzeugungstechnik zuletzt eingesetzt und dient der Spitzenlastabdeckung.

b) Rückkühlung durch freie Kühlung (Isarwasser)

Die Rückkühlung der Absorptionskältemaschinen und der Kompressionskältemaschinen soll regenerativ durch Verwendung von Isarwasser erfolgen, soweit dies aufgrund der genehmigungsrechtlichen Auflagen (Maximaltemperatur Isarkanal) zulässig ist. Für Zeiten an heißen Sommertagen, zu denen das Isarwasser aus ökologischen Gründen (Gewässerschutz) nicht weiter erwärmt werden darf, werden geeignete Rückkühlaggregate am Erzeugungsstandort Heizkraftwerk Süd installiert.

Aufgrund der Erfahrungen aus anderen Projekten der SWM ist davon auszugehen, dass der Anteil freier Kühlung zur Rückkühlung bei ca. 85 % liegen wird.

Durch diesen hohen Anteil freier Kühlung zur Rückkühlung wird der COP bzw. die JAZ der Kompressionskältemaschinen deutlich gesteigert (s.o.).

c) Versorgungssicherheit und Redundanzen

Zur Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit und Verfügbarkeit werden alle Erzeugungssysteme nach dem Prinzip der einfachen Ausfallsicherheit („n-1“-Prinzip) ausgelegt. Dies bedeutet, dass alle Kunden noch versorgt werden können auch wenn die größte Erzeugungseinheit ausfällt. Dieses Prinzip wird für Erzeugungsanlagenkomponenten und auch für Pumpensysteme angewandt.

d) Ausbauplan für Erzeugungsanlagen

Die nach aktuellem Planungsstand vorgesehenen Bautätigkeiten und Investitionskosten sind in Kapitel 11 aufgeführt.

Der Ausbauplan für Erzeugungsanlagen und die damit verbundenen Kosten sind in der Kosten-Erlös-Rechnung (Wirtschaftlichkeitsrechnung) unmittelbar mit den Kundenanschlussdaten und den damit verbundenen Kälteleistungsbedarfen verknüpft.

e) Zusammenfassung und Vergleich zu alternativer Kälteerzeugung

Die Erzeugung der Klimakälte (+ca. 6 °C) erfolgt durch eine Kombination von freier Kühlung mittels Wasser aus dem Isarkanal und durch Absorptionskältemaschinen mittels Nutzung der Abwärme aus KWK-Kraftwerken oder regenerativer geothermischer Wärme als Antriebsenergie. Hocheffiziente Kompressionskältemaschinen werden ergänzend, hauptsächlich zur Spitzenlastabdeckung, eingesetzt,

Bei der Kälteversorgung ohne die Zielsetzung einer CO₂-Einsparung würde die gesamte Menge an Klimakälte und Industriekälte nach rein wirtschaftlichen Aspekten durch konventionelle Kompressionskältemaschinen mittlerer Effizienzklasse erfolgen. Damit würde die gesamte Kälte mittels Strom als Antriebsenergie erzeugt werden. Für die Vergleichsvariante einer rein dezentralen Kälteerzeugung vor Ort bei den Kunden werden die entsprechenden CO₂-Emissionen in Kapitel 9.2 berechnet.

6.5. Kälteverteilung (Fernkältenetz)

Die Rohrleitungssysteme des Fernkälteverteilnetzes werden an die spezielle Temperaturfahrweise der Klimakälte (Vorlauf ca. 6 bis 10 °C gleitend, Rücklauf ca. 16 °C) angepasst und entsprechend des zu erwartenden Kundenabsatzes, mit Berücksichtigung der Erzeugungskapazitäten, dimensioniert.

- Technische Ausführung der Leitungssysteme

Generell werden die Fernkälteleitungen der SWM in gleicher Technik verlegt wie die Fernwärmeleitungen. Entsprechend dem Stand der Technik werden erdverlegte Leitungssysteme aus Kunststoffmantelrohr (KMR) verwendet. Das KMR-System besteht aus Medium-führenden Stahlrohren mit einer temperaturbeständigen Außendämmung aus Polyurethan (PUR), die zum Erdreich hin durch ein festes und dauerbeständiges Kunststoffrohr aus Polyethylen (PE) ummantelt sind. Durch diese hochwertige Ausführung ist ein sehr guter Schutz des Leitungssystems gegenüber äußeren Einwirkungen und eine hohe Ausfallsicherheit, Verfügbarkeit und Lebenserwartung sicher gestellt.

Das Kältenetz wird mit gleitender Vorlauftemperatur, im Bereich von ca. +6 °C bis +10 °C, betrieben. Die Rücklauftemperatur liegt, entsprechend der Kundenverträge, bei ca. +16 °C. Damit liegt die Rücklauftemperatur im Bereich oder sogar oberhalb der Umgebungstemperatur des Erdreichs. Aufgrund dieser Temperaturverhältnisse

werden die Vorlaufleitungssysteme im Klimakältenetz als gedämmte KMR-Leitungen ausgeführt, während die Rücklaufleitungssysteme als Stahl- oder PE-Leitungen ohne Dämmung verlegt werden können.

- Trassenführung und Trassenlängen

Zur Erschließung der benannten Kundenpotentiale und zum Netzzusammenschluss mit dem Bestandsnetz im Bereich Sendlinger Tor ist eine Trassenlänge von ca. 3 km erforderlich.

Die Fernkälteleitungen werden zunächst innerhalb des Kraftwerksgeländes nach Norden geführt. Die Querung der Schäftlarnstraße erfolgt über eine für den Bahnbetrieb stillgelegte Bahnbrücke, wodurch erhebliche Kosteneinsparungen im Vergleich zu der alternativ erforderlichen Untertunnelung der Schäftlarnstraße realisiert werden können. Die Trasse mündet von dort in die Lagerhausstraße ein und verläuft dann über die Thalkirchner Straße in nord-westliche Richtung, unterquert die Bahnlinie in der Tumblinger Straße und setzt sich fort bis zum Kapuzinerplatz. Über die Häberlstraße führt die Trasse dann nach Norden bis zum Goetheplatz und weiter über die Goethestraße bis zum Beethovenplatz. Von dort verläuft die Trasse über die Nußbaumstraße in westliche Richtung bis zum Anknüpfungspunkt am Sendlinger Tor.

Die Trassenführung wurde gezielt so gewählt, dass möglichst viele der Kundenpotentiale mittelfristig an die Fernkälte angeschlossen werden können: Im Bereich der Schäftlarnstraße und der Thalkirchner Straße verläuft sie entlang des Großmarkthallenareals, im Bereich der Tumblinger Straße befinden sich Arbeitsagentur, Kreisverwaltungsreferat und die städtischen Konversionsflächen Viehhofgelände und Schlachthofgelände in unmittelbarer Nähe, und im Bereich Nußbaumstraße verläuft die Leitungstrasse entlang der städtischen Kliniken.

- Dimensionierung der Leitungssysteme

Die Verlegung beider Systeme erfolgt in geeigneten Rohrdimensionen, die auch die perspektivisch zu erwartende Kältebedarfssteigerung im Quartier berücksichtigen. Alle Dimensionierungen wurden bei SWM auf Basis von Rohrnetzberechnungen festgelegt.

Die Hauptversorgungstrasse ist zu Beginn, im Bereich des Kraftwerksgeländes und des Großmarkthallenareals, in Nennweite DN 600 (Rohrinnendurchmesser 600 mm) geplant, und wird im weiteren Verlauf bis zum Anknüpfungspunkt am Sendlinger Tor in Nennweite DN 500 ausgeführt.

Die jeweiligen Nebentrassen und Hausanschlusstrassen werden kleiner dimensioniert und orientieren sich an den Leistungsbedarfen der entsprechenden Abnehmer.

Bei der Auslegung (Dimensionierung) des Fernkältenetzes wurden auch die aufgrund des steigenden Kältebedarfs für Gebäudeklimatisierung zu erwartenden Leistungssteigerungen innerhalb des Quartiers berücksichtigt. Damit wird die Münchner Klimaanpassungsstrategie berücksichtigt.

Im Zweifelsfall sollte hinsichtlich der Leitungsdimensionierung die größere Dimension gewählt werden, da die Mehrkosten deutlich geringer als der Nutzen (Steigerung der Transportkapazität) sind. Nachteile infolge zunehmender Kälteverluste können vernachlässigt werden; dies kann rechnerisch nachgewiesen werden (siehe Kapitel 7).

- Erschließungsplan

Der Erschließungsplan ist in Anlage 1 dargestellt. Nach aktuellem Planungsstand ist davon auszugehen, dass die Versorgungsleitungen im Quartier, ausgehend vom Kraftwerksstandort Süd; in den Jahren 2019 bis 2022 bis zum Sendlinger Tor verlegt werden. Die einzelnen Hausanschlüsse können in einigen Fällen erst deutlich später realisiert werden, da der Kältebedarf der Kunden vom Gebäudezustand (z.B. Sanierung) und von den Neubauaktivitäten im Quartier abhängt.

Die nach aktuellem Planungsstand vorgesehenen Bautätigkeiten und Investitionskosten sind in Kapitel 11 aufgeführt.

Der Erschließungsplan und die damit verbundenen Kosten sind in der Kosten-Erlös-Rechnung (Wirtschaftlichkeitsrechnung) unmittelbar mit den Kundenanschlussdaten verknüpft.

7. Thermische Kälteverluste (Netze)

Die thermischen Netzverluste wurden auf Basis technisch-physikalischer Detailberechnungen ermittelt und in die Energiebilanz integriert. Der Effekt/Anteil der Netzverluste (durch Wärmeeintrag in das Kältemedium) ist aufgrund der geringen Netzlängen und der geringen Temperaturunterschiede zwischen Medium und umgebendem Erdreich sehr klein, wie nachfolgend gezeigt wird. Bei den Angaben zu den Netzverlusten wird der Bilanzzeitraum eines Jahres verwendet.

Als Bezugsjahr für die Beispielrechnungen wurde 2035 gewählt, da in diesem Jahr nach aktuellem Planungsstand das Verteilnetz fertig gestellt ist und alle Kunden angeschlossen sind (Endausbau).

Das Klimakältenetz wird mit gleitender Vorlauftemperatur, im Bereich von ca. +6 °C bis +10 °C, betrieben. Die Rücklauftemperatur liegt, entsprechend der Kundenverträge, bei ca. +16 °C. Damit liegt die Rücklauftemperatur im Bereich oder sogar oberhalb der Umgebungstemperatur des Erdreichs. Folglich werden zur Berechnung der Kälteverluste im Netz nur die Vorlaufleitungssysteme betrachtet.

Zur Berechnung der thermischen Kälteverluste im Klimakältenetz wurden die in *Tabelle 5* angeführten Parameter angenommen.

Beschreibung des Parameters	Abkürzung	Wert
Wärmeleitfähigkeit Dämmmaterial (PUR) KMR-Rohrleitungen	$\lambda_{\text{Dämmung}}$	0,035 W/m/K
Wärmeleitfähigkeit Erdreich (trockener Sand)	$\lambda_{\text{Sand, trocken}}$	0,60 W/m/K
Wärmeleitfähigkeit Erdreich (feuchter Sand)	$\lambda_{\text{Sand, feucht}}$	1,50 W/m/K
Wärmeleitfähigkeit Erdreich (Mittelwert)	$\lambda_{\text{Erdreich, Mittelwert}}$	1,00 W/m/K
Temperatur Kältemedium Vorlaufleitungen (gewichteter Mittelwert bei gleitender Fahrweise von +6 °C ... +10 °C)	$T_{\text{Vorlauf, Mittelwert}}$	8,0 °C
Temperatur Kältemedium Rücklaufleitungen	$T_{\text{Rücklauf}}$	16,0 °C
Bodentemperatur Erdreich (gewichteter Mittelwert, v.a. Sommermonate)	$T_{\text{Erdreich, Mittelwert}}$	15,0 °C
Zuschlagfaktor für nicht ideale Netze (aufgrund von Armaturen etc.)	f_{Zuschlag}	10 %
Leitungslänge DN 600 (nur Vorlauf)	L_{DN600}	2200 m
Leitungslänge DN 500 (nur Vorlauf)	L_{DN500}	1000 m
Leitungslänge DN 400 (nur Vorlauf)	L_{DN400}	250 m
Leitungslänge DN 300 (nur Vorlauf)	L_{DN300}	700 m
Leitungslänge DN 200 (nur Vorlauf)	L_{DN200}	1100 m
Leitungslänge DN 150 (nur Vorlauf)	L_{DN150}	2100 m
Leitungslänge DN 100 (nur Vorlauf)	L_{DN100}	1700 m
Bezugsjahr		2035
Fernkälteabsatz im Bezugsjahr	$W_{\text{Kälte, Bezugsjahr}}$	24000 MWh

Tabelle 5: Parameter zur Berechnung der thermischen Kälteverluste im Kältenetz

Ergebnis der Berechnungen:

Kälteverluste im Bezugsjahr (2035): 378 MWh/Jahr

Bezogen auf die für das Jahr 2035 angesetzte Kälteabsatzmenge von 24000 MWh entspricht dies spezifischen Netzverlusten von ca. 1,6 % (im Jahresmittel).

Bei einem Kälteabsatz von 4880 MWh, entsprechend des Planwertes für das Jahr 2023, ergibt die Simulationsrechnung für das gleiche Netz (Endausbau) spezifische Netzverluste von ca. 7,7 % (im Jahresmittel).

8. Pumpstrombedarf

Analog zu den thermischen Netzverlusten wird der Pumpstromaufwand abgeschätzt und in der Energiebilanz berücksichtigt. Bei den Angaben zum Pumpstrombedarf wird ebenfalls der Bilanzzeitraum eines Jahres verwendet.

Als Bezugsjahr für die Beispielrechnungen wurde 2035 gewählt, da in diesem Jahr nach aktuellem Planungsstand das Verteilnetz fertig gestellt ist und alle Kunden angeschlossen sind (Endausbau).

Die Berechnungen wurden mit den entsprechenden Rohrleitungsdimensionierungen, Leitungslängen und den durchschnittlichen Temperaturen des Kälte transportmediums (Wasser) durchgeführt.

Der Parameter der Rohrrauigkeit zur Berechnung der Rohrreibungsverluste wurde nach gängiger Praxis zu 0,4 mm angesetzt. Dies entspricht der oberen Grenze der in Realität vorkommenden Werte, so dass die Rohrreibungsverluste damit tendenziell eher hoch abgeschätzt wurden.

Die Berechnungen zu Druckverlusten und Pumpstrombedarf (Leistung) wurden mittels eines frei zugänglichen Programms (<http://www.schweizer-fn.de/>) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden verifiziert durch Vergleich mit dem kommerziellen Rohrnetz-berechnungsprogramm STANET, welches bei SWM standardmäßig verwendet wird.

Hinsichtlich der tages- und jahreszeitlich unterschiedlichen Lastzustände wurde der Bilanzzeitraum eines Jahres vereinfacht abgebildet. Dabei wurden mit Spitzenlast und Teillast zwei Lastzustände im Netz angesetzt und hinsichtlich des Jahresabsatzes entsprechend *Tabelle 6* aufgeteilt:

Lastzustand	Leistungswert (bzgl. Maximallast im Netz)	Anteil an Jahresarbeit
Spitzenlast	100 %	10 %
Teillast	50 %	90 %

Tabelle 6: Aufteilung Spitzenlast – Teillast zur vereinfachte Pumpstromberechnung

In der Realität treten vorwiegend Lastzustände mit Leistungswerten zwischen 10 % und 80 % der Maximallast auf, während Leistungsspitzen auf sehr wenige Stunden im Jahr beschränkt sind.

Dies zeigt anschaulich *Abbildung 1*, in welcher die Kälte last in einem Netz exemplarisch in Form einer geordneten Jahresdauerlinie dargestellt ist.

Die Jahresdauerlinie gibt die auf den Maximalwert (100 %) normierte mittlere Kälte last zu jeder Stunde eines Jahres an. Die einzelnen Datenpunkte (ca. 8760) sind dabei entsprechend ihrer Größe sortiert.

Schließlich wurden Erfahrungswerte zu den Wirkungsgraden von Pumpen und Motoren angesetzt, um als Endergebnis den Pumpstrom je Teilnetz zu quantifizieren.

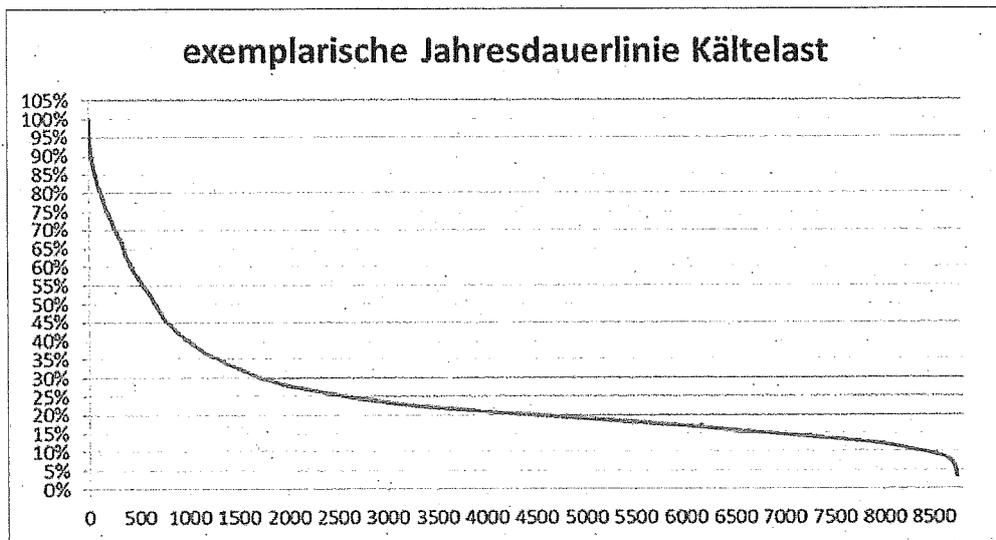


Abbildung 1: Kältelast in Form einer geordneten Jahresdauerlinie (exemplarisch)

Zur Berechnung des Pumpstrombedarfs im Fernkältenetz wurden die in *Tabelle 7* angeführten Parameter angenommen.

Beschreibung des Parameters	Abkürzung	Wert
Fördermedium		Wasser
Rohrrauigkeit	K_{Rohrrauh}	0,4 mm
Temperatur Kältemedium (Mittelwert Vorlauf + Rücklauf)	$T_{\text{Vorlauf, Mittelwert}}$	12,0 °C
Typische Strömungsgeschwindigkeiten	v_{Medium}	0,25 – 1,5 m/s
Leitungslänge DN 600 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN600}	4400 m
Leitungslänge DN 500 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN500}	2000 m
Leitungslänge DN 400 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN400}	500 m
Leitungslänge DN 300 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN300}	1400 m
Leitungslänge DN 200 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN200}	2200 m
Leitungslänge DN 150 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN150}	4200 m
Leitungslänge DN 100 (Vorlauf + Rücklauf)	L_{DN100}	3400 m
Mittlerer Druckverlust an Kundenanlagen	$\Delta p_{\text{Kundenanlage}}$	0,4 bar
Wirkungsgrad Pumpe	η_{Pumpe}	0,75
Wirkungsgrad Motor	η_{Motor}	0,8
Bezugsjahr		2035
Fernkälteleistung im Bezugsjahr (Maximallast)	$W_{\text{Kälte, Bezugsjahr}}$	30000 kW

Tabelle 7: Parameter zur Berechnung des Pumpstrombedarfs im Kältenetz

Ergebnis der Berechnungen:

Elektrische Energie für Pumpstrom im Bezugsjahr (2035): ca. 40 MWh/Jahr

Bezogen auf die für dieses Jahr angesetzte Kälteabsatzmenge von 24000 MWh ist dieser Wert vernachlässigbar.

Auch im Vergleich zum Strombedarf der für die Kälteproduktion eingesetzten Kältemaschinen in Höhe von 2892 MWh ist der Pumpstrombedarf vernachlässigbar.

9. CO₂-Einsparungen

Zentrale Zielsetzung in Prioritätsachse 3 des Operationellen EFRE-Programms „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ in Bayern ist der „Klimaschutz“. Für die Maßnahmengruppe 3.2 „Energieeinsparung in öffentlichen Infrastrukturen“ werden als Projektauswahlkriterien insbesondere hohe Effektivität und Ressourcennutzung gefordert.

Im Rahmen dieses Förderprojekts werden die Zielsetzungen durch hohe CO₂-Einsparungen erreicht. Diese Einsparungen werden durch den Einsatz effizienter Anlagen und die Nutzung ressourcenschonender, zum Teil auch regenerativer, Energiequellen realisiert.

In diesem Kapitel werden zunächst die Techniken und Methoden beschrieben, die im Projekt zum Einsatz kommen und zu einer wesentlichen CO₂-Einsparung bei der zentralen Versorgung mit Klima- und Industriekälte im Quartier führen (Kapitel 9.1). Anschließend werden die CO₂-Einsparungen im Quartier berechnet, indem die CO₂-Emissionen dieses Projektvorhabens verglichen werden mit den entsprechenden Emissionen bei dezentraler Kälteerzeugung (Kapitel 9.2).

9.1. Beiträge zur CO₂-Einsparung im Quartier (qualitativ)

Die in diesem Projekt vorgesehene zentrale Lösung nutzt zahlreiche Möglichkeiten und Effekte zur CO₂-Einsparung:

- Freie Kühlung

Die Nutzung von Isarwasser als regenerative Kältequelle für die Klimakälteerzeugung ist in nennenswertem Umfang (ca. 25 %) möglich, da Wasser aus dem Isarkanal am Erzeugungsstandort Süd der SWM bereits verfügbar ist. Zur maximalen Ausschöpfung dieser ressourcenschonenden und CO₂-freien Erzeugungstechnik wird eine gleitende Fahrweise mit variabler Vorlauftemperatur zwischen ca. +6 °C und +10 °C im Netz eingerichtet.

- Absorptionskältemaschinen (AKM)

Durch Einsatz von Absorptionskältemaschinen kann Fernwärme als Antriebsenergie zur Klimakälteerzeugung zu großen Teilen (ca. 35 %) genutzt werden. Diese wird heute zum überwiegenden Teil (ca. 90 %) aus der Abwärme der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gespeist (KWK-Wärme), mit einem entsprechend niedrigen Primärenergiefaktor von 0,11. Dies bedeutet, dass durchschnittlich nur 11 % fossile Primärenergie zur Erzeugung der Fernwärme erforderlich ist. Dementsprechend niedrig ist auch die CO₂-Belastung durch die Fernwärme der SWM. Die bereits heute sehr ökologische Fernwärme wird bis 2040 schrittweise durch regenerative Wärme ersetzt, welche vor allem durch Tiefen-Geothermieanlagen erzeugt wird. Der Einsatz von Fernwärme zur Kälteerzeugung ist aus ökologischer Sicht sehr vorteilhaft: in den warmen Sommermonaten ist häufig ein Überangebot an Fernwärme vorhanden, welches aufgrund des niedrigen Heizwärmebedarf keinen Absatz findet. Dagegen ist der Fernkältebedarf gerade zu diesen Zeiten besonders hoch.

- Hocheffiziente Anlagen

Durch die Installation technisch ausgereifter Kompressionskältemaschinen mit hohen Anlagenwirkungsgraden (COP) ergeben sich Effizienzgewinne und CO₂-Einsparungen durch den geringeren Stromverbrauch im Vergleich zu objektweisen Kleinanlagen mit deutlich schlechteren Kennwerten.

- Isarwasser zur Rückkühlung

Durch Nutzung von Isarwasser zur Rückkühlung der Kompressions- und Absorptionskältemaschinen wird der COP-Faktor dieser Erzeugungsanlagen wesentlich erhöht. Insbesondere bei Kältekompressionsmaschinen führt dies zu erheblichen Einsparungen im Stromverbrauch und damit zu CO₂-Einsparungen.

- Optimierung der Einsatzplanung für minimale CO₂-Emissionen

Die geplanten Kälteerzeugungstechniken werden nach der Zielgröße minimaler CO₂-Emissionen kombiniert. Durch die Verfügbarkeit unterschiedlicher Techniken sind bei der Klimakälteerzeugung erhebliche Einsparungen bei CO₂-Emissionen im Vergleich zu dezentralen Erzeugungsvarianten möglich.

9.2. Berechnung der CO₂-Einsparung im Quartier (quantitativ)

Zur Ermittlung der CO₂-Einsparungen werden die CO₂-Emissionen der in diesem Projektantrag beschriebenen hocheffizienten zentralen Fernkälteversorgung (Variante A) mit denen einer effizienten dezentralen Variante B verglichen. Dabei werden die in Kapitel 6.2 angenommenen Kältebedarfe für Klimakälte angesetzt.

Die Bezeichnungen und Eigenschaften dieser Varianten sind in *Tabelle 8* zusammengefasst.

	Variante A (zentral, Projektantrag)	Variante B (dezentral, Vergleichsvariante)
Struktur	zentrale Fernkälte	dezentral, objektweise
Kälte-transport	Fernkälte-Verteilnetz	kein Netz
Techniken	Freie Kühlung, AKM, KKM	KKM
Anlagengröße	Großanlagen	mittelgroße Anlagen
Flexibilität der Kälteerzeugung	sehr hoch (variable Techniken)	keine (nur KKM)
Effizienz, CO ₂ -Einsparung	sehr hohe Gesamteffizienz (CO ₂ -arme Techniken, hocheffiziente KKM)	mittlere Gesamteffizienz (effiziente KKM)

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Varianten zur Kälteversorgung (zentral, dezentral)

Diese beiden Varianten werden nachfolgend betrachtet und hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen bewertet. Die Werte für die Jahresarbeitszahl (JAZ) der jeweiligen Kälteerzeugungsanlagen wurden durch Expertenrecherche ermittelt und basieren auf Eurovent-zertifizierten Geräteangaben (<http://www.eurovent-certification.com>).

- Variante A (zentrale Fernkälteversorgung)

Die im Projektantrag beschriebene zentrale Fernkälteversorgung erlaubt die Nutzung von freier Kühlung (Isarwasser) und Fernwärme (Absorptionskältemaschinen) zur Klimakälteerzeugung. Durch Optimierung der Einsatzplanung, d.h. Priorisierung von CO₂-armen Erzeugungstechniken, und den Einsatz hocheffizienter strombetriebener Kompressionskältemaschinen können die CO₂-Emissionen minimiert werden. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) für die hier geplante Anlagenkombination und Einsatzplanung liegt zwischen 9,6 (Ausbauzustand 2023) und 8,3 (Endausbau 2035). Dies bedeutet, dass aus einer kWh Strom zwischen 9,6 und 8,3 kWh Klimakälte erzeugt werden.

Demgegenüber sind die Kälteverluste im Leitungssystem durch den Transport des Kältemediums vernachlässigbar aufgrund der geringen Temperaturunterschiede zur Umgebung, der geringen Entfernung und der Verwendung gedämmter Leitungen (Vorlauf). Die Berechnung der Kälteverluste erfolgt detailliert in Kapitel 7.

Ebenso ist der Energiebedarf für Pumpstrom bei der zentralen Fernkälteversorgung vernachlässigbar gegenüber der transportierten Kälteleistung, aufgrund der geringen Entfernungen und ausreichend dimensionierter Verteilleitungen. Die Berechnung des Pumpstrombedarfs erfolgt detailliert in Kapitel 0.

- Variante B (dezentral, objektweise)

In der Vergleichsvariante werden die Kältebedarfe aller Objekte im Quartier durch effiziente dezentrale Kompressionskältemaschinen (KKM) mittlerer Größe vor Ort abgedeckt. Dabei müsste die gesamte Kälteversorgung mit der Antriebsenergie

Strom realisiert werden. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) für die Kälteproduktion wird in diesem Fall zu 3,5 angenommen.

Nutzungsmöglichkeiten zur regenerativen Kälteerzeugung durch freie Kühlung sind bei dezentraler Kälteerzeugung nicht vorhanden oder mit nicht vertretbarem Aufwand verbunden. Auch die Nutzung von Absorptionskälteanlagen (Fernwärme) wird bei dezentraler Erzeugung aufgrund der Anlagengrößen als nicht sinnvoll angesehen.

Die hier gewählte Vergleichsvariante mit effizienten KKM entspricht einem Optimum bei dezentraler Kälteversorgung des Quartiers. Mit hoher Wahrscheinlichkeit würden aus Kostengründen nicht alle Objekte mit effizienten mittelgroßen Anlagen ausgerüstet werden. Auf dem Großmarkthallenareal wird beispielsweise heute die Kälte durch zahlreiche Kleinanlagen, sogenannte Split-Geräte, innerhalb der Hallen erzeugt. Derartige Kleinanlagen besitzen eine niedrigere JAZ von nur etwa 2,9.

- Berechnungsparameter und Ergebnisse zu den CO₂-Emissionen

Zur Berechnung der durch die Stromverbräuche zur Kälteerzeugung und -verteilung verursachten CO₂-Emissionen wurden die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes für den deutschen Strommix verwendet. Zum Vergleich sind die aktuellen Daten dieser allgemein anerkannten Quelle für die Jahre 2014, 2015 (vorläufig) und 2016 (Schätzung/Hochrechnung) in *Tabelle 9* dargestellt.

CO ₂ -Emissionsfaktoren deutscher Strommix	2014	2015 (vorläufig)	2016 (Schätzung)
Umweltbundesamt (https://www.umweltbundesamt.de)	564 g/kWh	534 g/kWh	527 g/kWh

Tabelle 9: CO₂-Emissionsfaktoren des deutschen Strommixes (Umweltbundesamt)

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen wurden 527 g/kWh verwendet. Dies entspricht der Hochrechnung des Umweltbundesamtes für den Strommix des Jahres 2016.

Die Berechnungen wurden für die zuvor beschriebenen Varianten A und B durchgeführt. Hierfür wurden zwei geeignete Basisjahre ausgewählt, welche jeweils Meilensteine im Projekt bzw. in der Projektplanung abbilden.

Basisjahre für die Berechnungen der CO₂-Emissionen:

- Basisjahr 2023: Ende des Förderprojekts
- Basisjahr 2035: Endausbau

In *Tabelle 10* sind die zentralen Berechnungsparameter und die Ergebnisse zu den CO₂-Emissionen gelistet.

Zur Abschätzung der CO₂-Emissionen für Netzverluste und Pumpstrom in Variante A (Fernkälte) wurden die Berechnungen aus Kapitel 7 und 0 herangezogen. Für die Variante B (dezentral) wurden die entsprechenden Beiträge zu Null gesetzt.

	Variante B (effiziente KKM, dezentral)		Variante A (Fernkälte, zentral)	
	2023	2035	2023	2035
Kälte				
Anteil freie Kühlung	0 %	0 %	25 %	25 %
Anteil AKM	0 %	0 %	40 %	30 %
Anteil KKM	100 %	100 %	35 %	45 %
JAZ (kWh _{Kälte} / kWh _{Strom})	3,5	3,5	9,6	8,3
Kältebedarf	4880 MWh	24000 MWh	4880 MWh	24000 MWh
Netzverluste	-	-	378 MWh	378 MWh
Summe Kälteproduktion	4880 MWh	24000 MWh	5258 MWh	24378 MWh
Strombedarf Kälteproduktion	1394 MWh	6857 MWh	550 MWh	2938 MWh
Pumpstrom	-	-	40 MWh	40 MWh
Summe Strombedarf	1394 MWh	6857 MWh	590 MWh	2978 MWh
CO₂ gesamt	735 t/a	3614 t/a	311 t/a	1569 t/a
CO₂-Reduzierung (Variante A gegenüber Variante B)			-424 t/a	-2045 t/a
			-58 %	-57 %

Tabelle 10: CO₂-Emissionen der Varianten A / B in den Basisjahren 2023 / 2035

Im Endausbau (2035) sind die gesamten CO₂-Emissionen der Kälteversorgung bei Realisierung von Variante A gegenüber Variante B um 2045 t/a niedriger. Dies entspricht einer prozentualen CO₂-Einsparung von 57 %.

Die Einsparungen im Jahr 2023 betragen absolut 424 t/a, entsprechend einer prozentualen CO₂-Reduzierung von 58 %.

- Perspektivische Möglichkeiten (Zukunftsoptionen)

Zur weiteren energetischen Optimierung wäre perspektivisch die Kombination der Kälteerzeugungsanlagen mit Speichertechnologien möglich. Durch die Integration von Kältespeichern und Stromspeicheranlagen besteht die Möglichkeit für weitere zukünftige Effizienzverbesserungen und CO₂-Einsparungen.

In den aktuellen Planansätzen sind derartige Optionen nicht berücksichtigt, da deren sinnvoller Einsatz stark abhängig von der Entwicklung der politischen Rahmenbedingungen und der Märkte ist. Die Möglichkeit zur Erweiterung der Anlagen wird jedoch offen gehalten, so dass diese bei geeigneten Rahmenbedingungen nachgerüstet werden können.

9.3. Photovoltaikanlagen

Die Integration von Photovoltaikanlagen auf dem Großmarkthallenareal ist ein Bestandteil in den laufenden Überlegungen und Untersuchungen, auch wenn dieses Vorhaben nicht zu den Inhalten dieses Projektantrags zählt. Insbesondere bei der Neuen Großmarkthalle könnte dies in erheblichem Umfang realisiert werden. Hierzu werden Abstimmungsgespräche zwischen SWM (als möglicher Eigentümer dieser Anlagen) und den zuständigen Planern stattfinden, sobald die konkreten Planungen zur Neuen Großmarkthalle wieder aufgenommen werden.

10. Zielerreichung

Die in Kapitel 2 genannten Projektziele und die im Projektauftrag zur EFRE-Ausschreibung Bayern genannten Kriterien werden im Rahmen dieses Projektvorhabens allesamt erfüllt:

- Nachhaltigkeit und Energieeffizienz

Ein attraktives Wohn- und Gewerbegebiet wird nachhaltig und energieeffizient umgestaltet und neugestaltet. Im Quartier befinden sich zahlreiche (Konversions-)Flächen, auf denen neue Gebäude nach den Grundsätzen einer nachhaltigen Stadtentwicklung errichtet oder transformiert werden. Dabei werden auch die Belange der umliegenden Gebäude und Quartiere seitens der Stadtplanung wesentlich berücksichtigt, beispielsweise hinsichtlich der Schallimmissionen (Großmarkthallenareal).

Die zentrale Kälteversorgung wird einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz des Quartiers und den Klimazielen der Stadt München leisten, was auch die Beispielrechnungen zu den CO₂-Einsparung in Kapitel 9.2 zeigen.

- Städtebauliche Gesichtspunkte

Auch unter städtebaulichen Gesichtspunkten wird die Kälteversorgung vorbildhaften Charakter besitzen. Durch die leitungsgebundene Kälteversorgung können optisch und städtebaulich unerwünschte Rückkühlaggregate an den Gebäudewänden oder auf deren Dächern vermieden werden. Derartige Rückkühlanlagen sind am zentralen Erzeugungsstandort Süd der SWM innerhalb der Kraftwerkshallen untergebracht. Außerdem können die durch die Fernkälteversorgung frei bleibenden Dachflächen für Photovoltaikanlagen oder zur Begrünung genutzt werden.

Das gesamte Projekt trägt wesentlich zu den Klimaschutz- und Klimaanpassungsaktivitäten der Stadt München bei. Bei der Auslegung des Kälteversorgungsnetzes werden bereits die langfristig steigenden Bedarfe berücksichtigt.

Das Projekt liefert auch einen positiven Beitrag zur stressresistenten Versorgung der Stadt München. Im Hinblick auf klimabedingte Extremereignisse wie beispielsweise Starkregen, bei denen in Zukunft eine weitere Zunahme zu erwarten ist, ist die Kun-

denversorgung über zentrale Fernkälte deutlich ausfallsicherer als eine dezentrale Versorgung über Einzelanlagen.

Das Quartierskonzept beinhaltet die enge Verzahnung städtebaulicher Vorhaben mit der Quartierserschließung durch eine zentrale Kälteversorgung. Im Quartier sind sowohl Bestandsbauten als auch Neubauten für die Nutzung von umweltfreundlicher Fernkälte vorgesehen.

- Kundenbedarfe

Das Quartier wird mit Fernkälte vom benachbarten KWK-Erzeugungsstandort Süd der SWM versorgt werden. Dabei werden die unterschiedlichen Anforderungen der Kunden bedarfsgerecht erfüllt.

- Ökologische Aspekte und CO₂-Einsparungen

In ökologischer Hinsicht wird die Zielsetzung, den Kältebedarf umweltfreundlich, CO₂-arm und auch regenerativ zu erzeugen, nachweislich sehr gut erfüllt.

Das Projekt ermöglicht vorbildhaft den generell schwierig zu realisierenden Einsatz regenerativer Energien in innerstädtischen Bereichen, welcher jedoch Bestandteil anspruchsvoller Zielsetzungen ist. So hat sich die Stadt München im Konvent der Bürgermeister das Ziel gesetzt, die EU 20-20-20 Ziele zu übertreffen.

Im Vergleich zur alternativen Variante einer dezentralen objektweisen Kälteversorgung werden erhebliche CO₂-Einsparungen erreicht. Die jährlichen CO₂-Emissionen werden im Endausbau nach den Berechnungen in Kapitel 9.2 um 57 % reduziert. Perspektivisch können weitere CO₂-Einsparungen durch Integration von Speichertechnologien (Kältespeicher, Stromspeicher) erreicht werden.

Die geplante zentrale Kälteerzeugung auf dem Areal der SWM besitzt auch hinsichtlich des Schallschutzes Vorteile gegenüber den dezentralen Varianten mit vor Ort installierten Kälteerzeugungsanlagen.

- Leuchtturm-Charakter und Innovationskraft

Die umweltfreundliche, CO₂-arme und kundenorientierte Fernkälteversorgung, mit Berücksichtigung der städtebaulichen Voraussetzungen bereits in der Frühphase, ist innovativ und beispielhaft. Darüber hinaus ist auch der Einsatz von regenerativer Geothermiewärme für den Antrieb einer Absorptionskältemaschine innovativ.

Die CO₂-arme und energieeffiziente Kälteversorgung dient als Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahme einer Metropolregion. Das Projekt dient zur Erhöhung des regenerativen Energieanteils (Kälte) in einer Metropolregion

- Übertragbarkeit auf andere Städte und Quartiere:

Der Lösungsansatz für das Versorgungskonzept ist auf andere Städte und Quartiere übertragbar, insbesondere hinsichtlich kundenorientierter Versorgungsparameter und

der Anforderungen einer möglichst komfortablen und CO₂-armen Kälteversorgung. Aufgrund der laufend steigenden Kundenanforderungen und der messbaren Klima- veränderungen ist national und international mit einem steigenden Kältebedarf zu rechnen (siehe Stadtklimamodelle des Deutschen Wetterdienstes DWD, Offenbach).

Eine vorbildhafte Wirkung nimmt dabei vor allem die Nutzung von überschüssiger Wärme aus KWK-Stromerzeugungsanlagen in den Sommermonaten ein, die dann im Zuge der erneuerbaren Wärmeenergie in München schrittweise durch regenerative Wärme (aus Geothermieanlagen) ersetzt wird.

- Nicht rentierliche Kosten / Wirtschaftlichkeitslücke:

Eine Erschließung unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist aufgrund der sehr hohen Anforderungen an die CO₂-armen Kälteerzeugungstechniken nicht möglich.

Das Finanzierungsdefizit (Wirtschaftlichkeitslücke) wurde entsprechend der vorgegebenen Methodik ermittelt.

11. Planung der durchzuführenden Maßnahmen

11.1. Zeitplan

Der zeitliche Ablauf der Maßnahmen orientiert sich einerseits an der Machbarkeit der technisch anspruchsvollen Teilprojekte zur Leitungsverlegung und zur Installation von Erzeugungsanlagen, andererseits an den realisierbaren Kundenanschlüssen. Deren Anschlussprognose ist in Kapitel 6.2 in Form des wahrscheinlichsten Erschließungsszenarios hinterlegt. Naturgemäß kommt es dabei zu Verschiebungen.

Entsprechend der Quartiers- und Nachfrageentwicklung und der technischen Realisierbarkeit wird nach derzeitigem Stand die Kälteversorgung ab 2023 aufgenommen.

Nach aktuellem Planungsstand ergibt sich der in *Tabelle 11* dargestellte Zeitplan für das Vorhaben der Fernkälteversorgung im Quartier. Die Versorgungsleitungen (Haupttrassen) im Quartier sollen, wie in Anlage 1 skizziert, bis Ende 2022 verlegt werden. Die Maßnahmen bis 2022 beinhalten die Installation von Erzeugungsanlagen in der ersten Ausbaustufe sowie die Verlegung der Hauptversorgungstrasse vom Erzeugungsstandort bis zum Anknüpfungspunkt an das Bestandsnetz im Bereich Sendlinger Tor. Einige Objekte entlang der Haupttrasse und im zentralen Altstadtbereich werden, entsprechend der Aufstellung in Kapitel 6.2, bereits während des Projektzeitraums bis 2023 an die Fernkälte angeschlossen. Die meisten Kundenanschlüsse können nach aktuellem Plan erst im Zeitraum nach 2023 bis voraussichtlich 2035 realisiert werden. Soweit möglich, werden im Zuge der Baumaßnahmen der Haupttrasse im Straßenbereich bereits Abzweige zu späteren Kunden vorgesehen, um eine erneute Straßensperrung in späteren Jahren zu vermeiden. Die Hausanschlussleitungen zu den Anschlusspunkten der einzelnen Objekte werden in jedem Fall erst nach vorliegenden Kundenverträgen verlegt.

Jahr	Maßnahmen (nach aktuellem Planungsstand)
2018	<ul style="list-style-type: none"> Planung von Erzeugungsanlagen und Fernkältenetz
2019 – 2022	<ul style="list-style-type: none"> Leitungsverlegung der Hauptversorgungstrasse vom Erzeugungsstandort bis zum Anknüpfungspunkt Sendlinger Tor Erste Kundenanschlüsse entlang der Hauptversorgungstrasse und im zentralen Münchner Altstadtbereich Installation von Erzeugungsanlagen (Ausbaustufe 1)
2023 – 2035	<ul style="list-style-type: none"> Kundenanschlüsse entlang der Hauptversorgungstrasse und im zentralen Münchner Altstadtbereich Installation von Erzeugungsanlagen (Ausbaustufe 2)

Tabelle 11: Maßnahmenzeitplan (aktueller Planungsstand)

Der Erschließungsplan wurde mit den aus heutiger Sicht realistisch erscheinenden Prognosen angesetzt. Es werden sich jedoch im Verlauf der Gebietserschließung auch kundenveranlasste Änderungen ergeben, so dass anstelle einiger der heute angesetzten Objekte andere angeschlossen werden.

11.2. Maßnahmen- und Investitionsplan

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Erschließungsszenarien und Maßnahmen erfordern die in *Tabelle 12* angegebenen jährlichen Investitionssummen. Die entsprechenden Zahlenwerte sind auch im Berechnungswerkzeug zur Berechnung des Finanzierungsdefizits (Anlage 2), gemäß Vorgabe des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (StmWi), eingetragen.

Jahr	Investitionen abzgl. Fördergelder nach KWK-G und KfW Programm 202		
	Netze	Erzeugungsanlagen	Summe
2018	- €	267.300 €	267.300 €
2019	861.328 €	1.069.200 €	1.930.528 €
2020	2.641.406 €	1.960.200 €	4.601.606 €
2021	3.732.422 €	2.316.600 €	6.049.022 €
2022	4.659.375 €	2.405.700 €	7.065.075 €
2023	836.719 €	- €	836.719 €
Summe	12.731.250 €	8.019.000 €	20.750.250 €

Tabelle 12: Investitionsplan im Förderzeitraum 2018 bis 2023

Die Angabe der jährlichen Investitionssummen beschränkt sich dabei auf den Förderzeitraum 2018 – 2023, da nur diese Investitionen zuwendungsfähig sind. Die genannten Investitionsbeträge für Netze und Erzeugungsanlagen berücksichtigen bereits die veranschlagten Förderbeträge und Investitionszuschüsse gemäß des Gesetzes für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-G) sowie des KfW-Programms „IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung“ (Merkblatt 202).

Für den Förderzeitraum sind nur die Investitionen bis 2023 relevant.

12. Finanzierungsplan und Fördermittelbedarf

Die gesamten Investitionskosten für Erzeugungsanlagen und Maßnahmen zur Netzerschließung (Kältenetz) bis zum Ende des Förderzeitraums (2023), abzüglich der Fördergelder nach KWK-G und KfW Programm 202, werden nach heutigem Stand bei etwa 20,75 Mio. € liegen.

Das Angebot von zentraler Fernkälte mit hohen Anteilen aus erneuerbaren Energien und KWK-Wärme ist einerseits innovativ, ökologisch und ressourcenschonend; erfordert jedoch einen technischen und finanziellen Mehraufwand. Eine Erschließung unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist aufgrund der sehr hohen Anforderungen an die CO₂-armen Kälteerzeugungstechniken daher nicht möglich. Daher ergibt sich ein Finanzierungsdefizit (Wirtschaftlichkeitslücke) in Höhe von 3,28 Mio. €.

Das Finanzierungsdefizit wurde entsprechend der vorgegebenen Methodik des StmWi ermittelt, wie sie im Dokument „Berücksichtigung von (Netto) Einnahmen bei Vorhaben im Rahmen des Operationellen Programms im Ziel „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ Bayern 2014-2020“ beschrieben ist. Die Methodik orientiert sich eng an der Allgemeinen Verordnung VO (EU) Nr. 1303/2013 (AVO). Damit wird sichergestellt, dass dem Projektträger kein ungerechtfertigter Vorteil entsteht und somit eine Überfinanzierung des Projekts vermieden wird.

Die Berechnung des Finanzierungsdefizits erfolgte mittels des vom StmWi bereit gestellten Werkzeugs (siehe Anlage 2), durch Berechnung der abgezinsten Investitionskosten und Nettoeinnahmen (Barwertmethode).

Zur Berechnung der relevanten Kosten und Einnahmen wurden folgende Annahmen und Ansätze getroffen:

- Projektlaufzeit (Bezugszeitraum)

Gemäß Vorgabe der Regierung von Oberbayern (ROB) wurde der Bezugszeitraum zu 25 Jahren angesetzt. Dieser Zeitraum bildet sowohl das Erschließungsszenario im Quartier als auch die Nutzungsdauer der Betriebsmittel gut ab.

Dementsprechend werden im Projekt die Kosten und Einnahmen für die Jahre 2018 bis 2042 berücksichtigt (Investitionskosten nur im Zeitraum 2018 bis 2023, s.o.).

- Nutzungsdauern nach AfA

Die Nutzungsdauern der Netz- und Anlagenkomponenten wurden entsprechenden AfA-Tabellen des Bundesministeriums für Finanzen entnommen (Wirtschaftszweig "Energie- und Wasserversorgung"), wie in *Tabelle 13* dargestellt.

Da die Nutzungsdauern nach AfA-Tabellen in keinem Fall höher als der Bezugszeitraum (25 Jahre) angesetzt werden, können in den Berechnungen die Restwerte zu Null angenommen werden.

Wirtschaftsgut	Anwendungsfall (Beispiel)	Nutzungsdauer nach AfA
Verteilleitung, Hausanschlussleitung (erdverlegt)	Kunststoffmantelrohr-Leitungen	20 Jahre
Kältemaschine	Kompressionskältemaschinen, Absorptionskältemaschinen	14 Jahre
Maschinenteknik,		15 Jahre
Leittechnik, Elektrotechnik		15 Jahre

Tabelle 13: Nutzungsdauern nach AfA für die verwendeten Betriebsmittel

Insbesondere die Nutzungsdauern der Kältemaschinen (14 Jahre) und der Maschinen-, Leit- und Elektrotechnik (15 Jahre) liegen deutlich unter dem Bezugszeitraum. Hierfür ist im Verlauf des Projekts mit Ersatzinvestitionen zu rechnen. In den Berechnungen des Finanzierungsdefizits wurden keine Ersatzinvestitionen angesetzt. Stattdessen sollen durch lebensdauererlängernde Maßnahmen die Betriebsmittel über den gesamten Betrachtungszeitraum genutzt werden. Dies wurde entsprechend in den Betriebskosten berücksichtigt. Die jährlichen Kosten für Instandhaltung und Betrieb der Erzeugungsanlagen und für deren Peripherie wurden daher zu 2,5 %, bezogen auf die Investitionssumme, angesetzt.

- Abzinsungssatz

Die Allgemeine Verordnung VO (EU) Nr. 1303/2013 (kurz: AVO) gibt im Standardfall einen Abzinsungssatz von real 4 % (2007-2013: 5 %) vor. Der Abzinsungssatz kann – abhängig vom spezifischen Projekt – unter Nennung plausibler Gründe (Art des Investors, betroffener Sektor, konjunkturelle Entwicklung) modifiziert werden.

Die SWM verwenden generell unterschiedliche Abzinsungssätze, die sich entsprechend der spezifischen Markt- und Geschäftsrisiken ergeben.

Der Abzinsungssatz für Fernkälteprojekte liegt bei 6,0 % und damit um 2,0 % über dem Wert für risikoarme Geschäftsfelder. Dies wird damit begründet, dass Fernkälteprojekte aufgrund des betroffenen Sektors ein hohes Investitionsrisiko aufweisen:

- Die Erlösseite ist nur teilweise gesichert. Die Erschließung und Verdichtung erfolgt Zug um Zug und ist über lange Zeiträume hinweg schwer planbar. Darüber hinaus liegen zu Projektbeginn keine sicheren Absatzmengen vor.
- Fernkälte ist für die SWM ein neues Geschäftsmodell, welches sich noch in der Anfangsphase befindet. Bislang liegen den SWM nur Erfahrungen mit Fernkälte im zentralen Innenstadtbereich Münchens vor. Die Kundenstruktur in dem hier zu erschließenden Quartier ist aufgrund der hohen Dynamik und der zahlreichen Abhängigkeiten von Sanierungs- und Neubauprojekten (Städtebau) mit noch höheren Risiken verbunden.
- Die ökologische Fernkälteversorgung bedingt hohe Investitionskosten. Zum einen durch die hohen Kosten der aufwändigen Erzeugungsanlagen, zum an-

deren durch die hohen Erschließungskosten infolge der groß zu dimensionierenden Versorgungsleitungen mit Verlegung im Straßenbereich.

- Der Markt für Fernkälte ist nicht reguliert, damit ist das Geschäftsmodell den vollen Marktrisiken ausgesetzt und das Angebot befindet sich im Wettbewerb mit anderen Angeboten.

Die SWM haben an einer Kapitalkostenstudie teilgenommen. Die eigenen Einschätzungen und Berechnungen wurden auch durch die Ergebnisse dieser Studie bestätigt. Im Vergleich zu den Wettbewerbern haben die SWM moderate Verzinsungsansprüche und auch die Risikozuschläge für das Unternehmen sind im Branchenvergleich eher am unteren Ende der Bandbreite.

- Statische Berechnungsparameter

Die Parameter zur Berechnung des Finanzierungsdefizits wurden, mit Ausnahme der bei SWM verfügbaren Preisszenarien für Strompreise und EEG-Umlage, statisch angesetzt. Bei allen Einnahmen- und Kostenbeiträgen wurden keine Preissteigerungen angenommen, da deren Entwicklungen schwer vorhersehbar sind und man generell von einer in Zukunft ähnlichen Steigerung von Kosten und Einnahmen ausgehen kann. Entsprechend findet dies auch in der Preisgleitformel der Kälteprodukte bei SWM Berücksichtigung.

- Erläuterung und Begründung relevanter Einnahmen- und Kostenbestandteile

Als Basisjahr für alle Einnahmen- und Kostenbestandteile wurde 2017 verwendet.

Die Einnahmen berücksichtigen folgende Beiträge für das Produkt Klimakälte:

- Leistungsbereitstellung Kälte (jährlich)
- Verbrauchsmenge Kälte (jährlich)
- Messen und Abrechnen (jährlich)
- Baukostenzuschuss (einmalig)
- Hausanschlusskostenzuschuss (einmalig)

Die Kosten berücksichtigen folgende Beiträge für das Produkt Klimakälte:

- Investitionskosten (einmalig) für Kältenetze, Kundenanlagen und Erzeugungsanlagen abzgl. Fördergelder, wie in *Tabelle 12* angegeben
- Betriebs- und Instandhaltungskosten für die Fernkältenetze (jährlich 2,5 % der Investitionssumme)
- Konzessionsabgabe zur Wegenutzung im Straßenbereichs zum Zwecke der Leitungsverlegung (jährlich 1,5 % der Einnahmen aus Leistungsbereitstellung und Verbrauchsmenge, gemäß Konzessionsvertrag mit der Stadt München)
- Betriebs- und Instandhaltungskosten für die Fernkälteerzeugungsanlagen (jährlich 2,5 % der Investitionssumme)

- Stromkosten (jährlich) zur Kälteerzeugung (Kompressionskältemaschinen) und zum Kältetransport (Pumpstrom), mit Berücksichtigung von Großhandelspreis (EEX-Strombörse), Stromsteuer und Netznutzungsentgelten
- Wärmekosten (jährlich) zur Kälteerzeugung (Absorptionskältemaschinen), mit Berücksichtigung der in den Sommermonaten niedrigeren Wärmegestehungskosten der KWK- und Geothermieanlagen der SWM
- Kosten für Messen und Abrechnen (jährlich)
- Vertriebskosten

13. Vorliegen der Fördervoraussetzung nach Art. 46 AGVO

Gemäß Schreiben „Hinweise zur Projektabwicklung_EFRE_3.2_aktuell.pdf“ des StmWi vom 12.08.2016 mit dem Titel „Städtebauförderung in Bayern, Operationelles EFRE-Programm 2014-2020 - Prioritätsachse 3 „Energieeinsparung in öffentlichen Infrastrukturen (kommunal)“ – Projektskizze, ERGÄNZUNG, 12.08.2016“ obliegt die Klärung der beihilferechtlichen Anforderungen dem Zuwendungsempfänger. Entsprechend Abschnitt 5.c dieses Schreibens kommt eine Förderung nach Maßgabe von Art. 46 der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 (Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung, AGVO) in Betracht, wenn die geförderten Wärme- bzw. Kältenetze die Voraussetzungen des Art. 2 Nr. 124 AGVO i.V.m. Art. 2 Nrn. 41 und 42 der Richtlinie 2012/27/EU (Energieeffizienzrichtlinie, kurz: RL 2012/27/EU) erfüllen. Zudem sind die maximalen Beihilfeintensitäten und die Veröffentlichungs- und Informationspflichten nach der AGVO zu beachten (vgl. Art. 9 und 36 AGVO).

Das in diesem Projektantrag beantragte Vorhaben erfüllt die Fördervoraussetzung nach Art. 46 AGVO, was im Folgenden mit konkretem Bezug zum Projektvorhaben nachgewiesen wird.

Im Rahmen der geforderten Gruppenfreistellung sind insbesondere folgende EU-Regelungen zu beachten:

- Art. 2 Nrn. 41 und 42 RL 2012/27/EU, zur Definition „effiziente Fernwärme- und Fernkälteversorgung“ und „effiziente Wärme- und Kälteversorgung“
- Art. 2 Nr. 124, Art. 4 bis 9, Art. 36, Art. 46 AGVO

a) Investitionsbeihilfen für energieeffiziente Fernkälte (Art. 46 AGVO)

Art. 46 Abs. 1 bis 6 AGVO regelt die grundsätzliche Vereinbarkeit von Investitionsbeihilfen mit dem EU-Binnenmarkt und deren Freistellung von der Anmeldepflicht und die Bemessung der beihilfefähigen Kosten und der Beihilfeintensität.

- *Art. 46 Abs. 1 AGVO: Investitionsbeihilfen für die Installation energieeffizienter Fernwärme- und Fernkältesysteme sind im Sinne des Artikels 107 Absatz 3 AEUV mit dem Binnenmarkt vereinbar und von der Anmeldepflicht nach Artikel 108 Absatz 3 AEUV freigestellt, sofern die in diesem Artikel und in Kapitel I festgelegten Voraussetzungen erfüllt sind.*

Der Nachweis zur Erfüllung der Fördervoraussetzung für „energieeffiziente Fernkälte“ in Bezug auf diesen Projektantrag wird detailliert in Abschnitt b) geführt.

Die in Kapitel I AGVO festgelegten Voraussetzungen werden in Abschnitt c) nachgewiesen.

- *Art. 46 Abs. 2 AGVO: Die beihilfefähigen Kosten für die Erzeugungsanlage sind die im Vergleich zu einer konventionellen Erzeugungsanlage zusätzlich erforderlichen Kosten für den Bau, die Erweiterung und die Modernisierung von einer oder mehreren Erzeugungseinheiten, damit diese als energieeffizientes Fernwärme- und Fernkältesystem betrieben werden können. Die Investition ist Bestandteil des energieeffizienten Fernwärme- und Fernkältesystems.*

Als die hier geforderte Vergleichsanlage wird eine zentrale Erzeugungsanlage auf Basis von Kältekompressionsmaschinen (KKM) gewählt, da diese die einfachste Art der Kälteerzeugung abbildet und nur eine netzgebundene Lösung den geforderten Vergleich zulässt.

Jahr	Geplante Erzeugungsanlage	konventionelle Erzeugungsanlage	beihilfefähige Kosten	Beihilfeintensität maximal (45%)
2018	267.300 €	160.380 €	106.920 €	48.114 €
2019	1.069.200 €	641.520 €	427.680 €	192.456 €
2020	1.960.200 €	1.176.120 €	784.080 €	352.836 €
2021	2.316.600 €	1.389.960 €	926.640 €	416.988 €
2022	2.405.700 €	1.443.420 €	962.280 €	433.026 €
2023	0 €	0 €	0 €	0 €
Summe	8.019.000 €	4.811.400 €	3.207.600 €	1.443.420 €

Tabelle 14: Beihilfefähige Kosten für die Erzeugungsanlage und Beihilfeintensität

Zur Berechnung der beihilfefähigen Kosten werden von den in Kapitel 11.2 angegebenen Kosten für die geplante energieeffiziente Erzeugungsanlage die Vergleichskosten einer konventionellen Anlage in Abzug gebracht. Dabei liegen die Kosten der konventionellen Anlage um 40 % niedriger als die der geplanten Anlage. Die Vergleichsrechnung ist in *Tabelle 1* aufgeführt.

- *Art. 46 Abs. 3: Die Beihilfeintensität für die Erzeugungsanlage darf 45 % der beihilfefähigen Kosten nicht überschreiten. Bei Beihilfen für kleine Unternehmen kann die Intensität um 20 Prozentpunkte, bei Beihilfen für mittlere Unternehmen um 10 Prozentpunkte erhöht werden.*

In diesem Projekt gilt aufgrund der Unternehmensgröße der SWM als Limit 45%. Die Maximalwerte für die Beihilfe der geplanten Erzeugungsanlage (maximale Beihilfeintensität) sind ebenfalls in *Tabelle 1* aufgeführt (rechte Spalte).

- *Art. 46 Abs. 4: Die Beihilfeintensität für die Erzeugungsanlage kann bei Investitionen in Fördergebieten nach Artikel 107 Absatz 3 Buchstabe a AEUV um 15 Prozentpunkte und bei Investitionen in Fördergebieten nach Artikel 107 Absatz 3 Buchstabe c AEUV um 5 Prozentpunkte erhöht werden.*

In diesem Projekt nicht zutreffend.

- *Art. 46 Abs. 5: Die beihilfefähigen Kosten für das Verteilnetz sind die Investitionskosten.*

Die Investitionskosten für das Verteilnetz sind in Kapitel 11.2 ausgewiesen.

- *Art. 46 Abs. 6: Der Beihilfebetrug für das Verteilnetz darf nicht höher sein als die Differenz zwischen den beihilfefähigen Kosten und dem Betriebsgewinn. Der Betriebsgewinn wird vorab oder über einen Rückforderungsmechanismus von den beihilfefähigen Kosten abgezogen.*

Gemäß Art. 2 Nr. 39 AGVO ist der „Betriebsgewinn aus der Investition“ definiert als die Differenz zwischen den abgezinsten Einnahmen und den abgezinsten Betriebskosten im Laufe des betreffenden Investitionszeitraums, wenn die Differenz positiv ist. Betriebskosten sind u. a. Personal-, Material-, Fremdleistungs-, Kommunikations-, Energie-, Wartungs-, Miet- und Verwaltungskosten; für die Zwecke dieser Verordnung zählen dazu jedoch weder Abschreibungs- noch Finanzierungskosten, wenn diese durch die Investitionsbeihilfe gedeckt werden.

Das Finanzierungsdefizit wurde entsprechend der vorgegebenen Methodik des StmWi ermittelt, wie sie im Dokument „*Berücksichtigung von (Netto) Einnahmen bei Vorhaben im Rahmen des Operationellen Programms im Ziel „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ Bayern 2014-2020*“ beschrieben ist. Die Methodik orientiert sich eng an der Allgemeinen Verordnung VO (EU) Nr. 1303/2013 (AVO). Damit wird sichergestellt, dass dem Projektträger kein ungerechtfertigter Vorteil entsteht und somit eine Überfinanzierung des Projekts vermieden wird.

Die Berechnung des Finanzierungsdefizits erfolgt mittels des vom StmWi bereit gestellten Werkzeugs (siehe Anlage 2), durch Berechnung der abgezinsten Investitionskosten und Nettoeinnahmen (Barwertmethode). Dieses Berechnungswerkzeug setzt den Beihilfebetrug gleich der Differenz zwischen den beihilfefähigen Kosten und dem Betriebsgewinn. Damit ist die Einhaltung von Art. 46 Nr. 6 automatisch sichergestellt.

b) Nachweis der „energieeffizienten Fernkälte“ (Art. 46 Abs. 1, 2 Nr. 124 AGVO)

Bei dem Förderprojekt handelt es sich um ein energieeffizientes Fernkältesystem im Sinne von Art 46 Abs. 1, Art. 2 Nr. 124 AGVO. Die Definition „energieeffizienter Fernwärme- und Fernkältesysteme“ erfolgt in Art. 2 Nr. 124 AGVO, mit Verweis auf Art. 2 Nr. 41 und 42 RL 2012/27/EU.

- *Art. 2 Nr. 41 RL 2012/27/EU: „effiziente Fernwärme- und Fernkälteversorgung“ [ist definiert als] ein Fernwärme- oder Fernkältesystem, das mindestens 50 % erneuerbare Energien, 50 % Abwärme, 75 % KWK Wärme oder 50 % einer Kombination dieser Energien und dieser Wärme nutzt;*

Die im Projektantrag geplante Fernkälteproduktion erfüllt das Effizienzkriterium von Art. 2 Nr. 41 RL 2012/27/EU im Betrachtungszeitraum bis 2042 durchgängig. Wie in Kapitel 9.2 (Tabelle 10) dargestellt, wird die Fernkälte zu Beginn der Versorgung (2023) zu 65 % in Kombination aus erneuerbaren Energien (25 %) und KWK-Wärme (40 %) erzeugt. Im Endausbau (2042) wird die Fernkälte zu 55 % in Kombination aus erneuerbaren Energien (25 %) und KWK-Wärme (30 %) erzeugt. In den Jahren zuvor liegt der Anteil stets zwischen diesen beiden Werten (55 bis 65 %).

- *Art. 2 Nr. 42 RL 2012/27/EU: „effiziente Wärme- und Kälteversorgung“ eine Möglichkeit der Wärme- bzw. Kälteversorgung, die – ausweislich der Kosten-Nutzen-Analyse gemäß dieser Richtlinie – gegenüber einem Ausgangsszenario, das den üblichen Rahmenbedingungen entspricht, die Menge an Primärenergie, die zur Bereitstellung einer Einheit der gelieferten Energie benötigt wird, innerhalb einer maßgeblichen Systemgrenze auf kostenwirksame Weise messbar reduziert, wobei der für Gewinnung, Umwandlung, Beförderung und Verteilung erforderlichen Energie Rechnung getragen wird;*

Art. 2 Nr. 42 RL 2012/27/EU definiert das Effizienzkriterium auf Basis einer Primärenergieeinsparung gegenüber einem Ausgangsszenario. Auch hierzu wird der Nachweis geführt, indem die entsprechenden Einsparungen für Fernkälte zu Beginn der Versorgung (2023) und im Endausbau (2042) berechnet werden.

Als Vergleichsvariante (konventionelles Ausgangsszenario) dient die in Kapitel 9.2 erläuterte objektweise Kälteversorgung auf Basis effizienter Kompressionskältemaschinen mittlerer Größe. In dieser dezentralen Variante wird der gesamte Kältebedarf durch die Antriebsenergie Strom erzeugt. Im Gegensatz zur zentralen Fernkälteversorgung ist bei dezentraler Kälteerzeugung keine Primärenergie zum Kälte transport in Form von Pumpstrom und thermischen Netzverlusten zu berücksichtigen.

Die primärenergetische Bewertung erfolgt unter Verwendung der fest gelegten bzw. zertifizierten Primärenergiefaktoren (PE-Faktor) für Strom und Fernwärme:

- Der Primärenergiefaktor für Strom wurde 2016 in der Energieeinsparverordnung (ENEV) im Hinblick auf in die Zukunft zu erwartenden Zubauaktivitäten bei erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen in Deutschland zu 1,8 festgelegt.
- Der Primärenergiefaktor für das Münchner Fernwärmeverbundnetz wurde im Jahr 2012 zu 0,11 zertifiziert. Diese Bescheinigung ist gültig bis 2022.

Mit diesen Primärenergiefaktoren und den in Kapitel 9.2 prognostizierten Kältebedarfswerten sowie den Anlagen- und Betriebsparametern können die Primärenergiebedarfe beider Varianten für die Basisjahre 2023 und 2035 berechnet werden.

Entsprechend *Tabelle 15* ergibt sich eine Primärenergieeinsparung der Fernkälte (Variante A) gegenüber einer dezentralen Kälteversorgung (Variante B) in Höhe von -45 % (2023) bzw. 47 % (2035). Gegenüber dem Ausgangsszenario einer dezentralen Kälteversorgung wird der Primärenergiebedarf bei einer Fernkälteversorgung entsprechend dieses Projektvorhabens im gesamten Betrachtungszeitraum annähernd halbiert.

	Variante B (effiziente KKM, dezentral)		Variante A (Fernkälte, zentral)	
	2023	2035	2023	2035
Kälte				
Anteil freie Kühlung	0 %	0 %	25 %	25 %
Anteil AKM	0 %	0 %	40 %	30 %
Anteil KKM	100 %	100 %	35 %	45 %
JAZ (kWh _{Kälte} / kWh _{Strom})	3,5	3,5	9,6	8,3
Kälteproduktion	4880 MWh	24000 MWh	5258 MWh	24378 MWh
Strombedarf	1394 MWh	6857 MWh	590 MWh	2978 MWh
PE-Faktor Strom	1,8	1,8	1,8	1,8
Primärenergie Strom (siehe <i>Tabelle 10</i>)	2510 MWh	12343 MWh	1062 MWh	5360 MWh
Fernwärmebedarf	-	-	2789 MWh	10286 MWh
PE-Faktor Fernwärme	-	-	0,11	0,11
Primärenergie Wärme	-	-	307 MWh	1132 MWh
Primärenergie gesamt (Strom und Wärme)	2510 MWh	12343 MWh	1369 MWh	6492 MWh
Primärenergie-Reduzierung (Variante A gegenüber Variante B)			-1141 MWh	-5851 MWh
			-45 %	-47 %

Tabelle 15: Berechnung des Primärenergiebedarfs für Fernkälte vs. dezentral

Damit ist der Nachweis einer hohen Primärenergieeinsparung für die Fernkälteversorgung erbracht. Durch Berücksichtigung der zum Kälte-transport erforderlichen Primärenergie in Form von Pumpstrom und thermischen Netzverlusten in Variante B (Fernkälte) wird auch der für Gewinnung, Umwandlung, Beförderung und Verteilung erforderlichen Energie Rechnung getragen.

Die Größenordnung der in *Tabelle 15* prognostizierten Primärenergieeinsparungen stützt sich auf die in Kapitel 6.2 genannten Kundenpotentiale. Dabei dient die hohe Kundennachfrage im zentralen Altstadtbereich als Planungssicherheit, sowohl für die hier berechneten Primärenergieeinsparungen als auch zur Investitionssicherheit für

die hohen Investitionsbeträge in Kälteanlagen und Fernkältenetz. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass im Stadtzentrum eine sehr hohe Nachfrage nach Fernkälte besteht, die mit den bestehenden und den in Planung befindlichen Erzeugungsanlagen nicht mehr bedient werden kann.

Auch die nach Art. 2 Nr. 42 RL 2012/27/EU erforderliche Kosten-Nutzen-Analyse (KNA), welche in Anhang IX Teil 1 der RL 2012/27/EU als wirtschaftliche Analyse unter Berücksichtigung sozioökonomischer Faktoren näher beschrieben wird, führt in allen erforderlichen Aspekten zu einer positiven Bewertung der geplanten Fernkälteversorgung (Variante A) gegenüber dem dezentralen Ausgangsszenario (Variante B). Nachfolgend werden diesbezüglich die in Anhang IX Teil 1 angeführten Faktoren mit Bezug auf das Projektvorhaben dargestellt und bewertet:

- Festlegung einer Systemgrenze und einer geografischen Grenze

Die geografische Grenze ist durch das Quartier und dessen Eingrenzung festgelegt (siehe Anlage 1). Durch die Wahl des Quartiers wird eine effiziente und umweltfreundliche Gesamtlösung zur Kälteversorgung ermöglicht, einzelprojektbezogene suboptimale Lösungen werden vermieden.

- Integrierter Ansatz für die Bedarfs- und Angebotsoptionen

Alle relevanten vorhandenen Versorgungsressourcen zur Fernkälteerzeugung, die innerhalb der Systemgrenzen und der geografischen Grenze verfügbar sind, werden in dem Projektvorhaben genutzt. Nutzung und Einsatz dieser Ressourcen (Flusswasser, Fernwärme, Strom) werden in Kapitel 6.4 ausführlich beschrieben.

- Aufstellung eines Ausgangsszenarios

Das Ausgangsszenario entspricht einer dezentralen, objektweisen Kälteversorgung (Variante B) mittels effizienter Einzelanlagen. Dieses Referenzszenario ist in Kapitel 9.2 beschrieben.

- Bestimmung alternativer Szenarien

Neben dem Ausgangsszenario wurden in der Frühphase der Betrachtungen auch dezentrale Szenarien mit ineffizienteren Einzelanlagen betrachtet. Da diese, im status-quo durchaus anzutreffenden Anlagen, zu noch schlechteren Vergleichswerten und noch größeren Primärenergie- und CO₂-Einsparungen der Fernkälte führen würden, werden sie im Projektantrag nicht weiter betrachtet.

- Methode zur Berechnung des Kosten-Nutzen-Ergebnisses

Die vom StMWi vorgegebene Methode beinhaltet eine langfristige Kosten- und Nutzen- bzw. Erlösdarstellung. Der vorgegebene Betrachtungszeitraum von 25 Jahren wurde so gewählt, dass alle relevanten Kosten- und Nutzenpositionen des Szenarios erfasst werden und die Lebenserwartung der Betriebsmittel optimal abgebildet wird. Als Bewertungskriterium dient der Kapitalwert.

- Preisberechnung und Preisvorhersagen sowie andere Annahmen für die wirtschaftliche Analyse

Die Kosten- und Erlösbetrachtungen beinhalten unter anderem Annahmen zur Energiepreisentwicklung, die durch SWM kontinuierlich analysiert und erstellt werden. Der bei der wirtschaftlichen Analyse zur Berechnung des Kapitalwerts verwendete Abzinsungssatz in Höhe von 6,0 % wurde gemäß den nationalen Leitlinien und Vergleichswerten ausgewählt.

- Wirtschaftliche Analyse: Bestandsaufnahme der Auswirkungen

Der Nutzwert für den Verbraucher besteht darin, dass mit der geplanten Fernkälte ein umweltfreundliches und CO₂-armes Produkt mit hoher Versorgungssicherheit bereitgestellt wird.

Der Nutzwert für Umwelt und Gesundheit besteht darin, dass optisch und städtebaulich unerwünschte Rückkühlaggregate an den Gebäudewänden oder auf deren Dächern vermieden werden. Da von diesen Geräten bei unsachgemäßer Wartung auch ein hygienisches Risiko (Legionellen) ausgeht, ist mit der zentralen Fernkälte auch ein gesundheitlicher Vorteil verbunden. Darüber hinaus tragen die CO₂-Einsparungen zum Klimaschutz bei.

Die Kostendarstellung des Projekts beinhaltet alle relevanten Kostenarten, wie beispielsweise Kapitalkosten für Netze und Anlagen, Betriebskosten und Energiekosten für Wärme und Strom.

- Sensitivitätsanalyse

Im Vorfeld der Antragstellung wurde Sensitivitätsbetrachtungen mit unterschiedlichen Energiepreisen und Absatzmengen durchgeführt. Das im Projektantrag hinterlegte Szenario stellt die wahrscheinlichste Variante dar.

c) Nachweis der übrigen relevanten Voraussetzungen zu Kapitel I AGVO (Art. 4 bis 9 AGVO)

- *Art. 4 (Nr. 1 lit. w) AGVO – Anmeldeschwellen,*

Die Investitionsbeihilfen für das Fernkälte-Verteilnetz werden deutlich unter 20 Mio. € liegen, auch mit Berücksichtigung der Zuschüsse durch KWK-G und KfW-Programm. Die Anmeldeschwelle wird somit nicht erreicht.

- *Art. 5 AGVO – Transparenz der Beihilfe*

Gemäß Nr. 2 lit. a gelten Beihilfen in Form von Zuschüssen und Zinszuschüssen als transparent.

- *Art. 6 AGVO – Anreizeffekt*

Gemäß Nr. 1 gilt die Verordnung nur für Beihilfen, die einen Anreizeffekt haben.

Gemäß Nr. 2 ist der Anreizeffekt vorhanden, wenn der Beihilfeempfänger vor Beginn der Arbeiten für das Vorhaben oder die Tätigkeit einen schriftlichen Beihilfeantrag in dem betreffenden Mitgliedstaat gestellt hat. Da die Arbeiten, auch hinsichtlich Planung, erst nach Bewilligung dieses Projektantrags aufgenommen werden, ist diese Anforderung erfüllt.

- *Art. 7 AGVO – Beihilfeintensität und beihilfefähige Kosten*

Gemäß Nr. 1 sind die beihilfefähigen Kosten durch schriftliche Unterlagen zu belegen, die klar, spezifisch und aktuell sein müssen. Derartige Unterlagen werden durch SWM bereitgestellt.

- *Art. 8 AGVO – Kumulierung*

Die Kumulierung mit KWK-G und KfW-Programm ist grundsätzlich zulässig.

Durch Einbeziehung der entsprechenden Fördergelder in die im Rahmen des Projektantrags erstellten Kosten-Erlös-Rechnungen wurde sichergestellt, dass die höchste nach dieser Verordnung für diese Beihilfen geltende Beihilfeintensität beziehungsweise der höchste nach dieser Verordnung für diese Beihilfen geltende Beihilfebetrags nicht überschritten wird.

- *Art. 9 AGVO – Veröffentlichung und Information*

SWM und LHM werden den genannten Veröffentlichungspflichten nachkommen.

14. Förderantrag und weitere Vorgehensweise

Die LHM stellen zusammen mit den SWM einen Antrag bei der Regierung von Oberbayern (ROB) auf Erteilung der Fördermittel in Höhe der in Kapitel 12 genannten Finanzierungslücke. Die Fördersumme (3,28 Mio. €) ergibt sich aus der vom StmWi vorgegebenen Berechnungsmethode (Barwert) der abgezinsten Investitionskosten und Nettoeinnahmen (siehe Anlage 2).

Die Finanzierung der Fördersumme erfolgt anteilig entsprechend der Vorgaben des EFRE-Programms für Bayern:

- 50 % EU-Mittel
- 10 % Freistaat Bayern
- 40 % kommunaler Eigenanteil (wird durch LHM übernommen)

Die SWM werden die in diesem Projektantrag beschriebenen Maßnahmen und Investitionen tätigen und die Verträge mit den Kunden abschließen. Aufgrund der externen Abhängigkeiten zu Neubauaktivitäten und Kunden sind Änderungen im zeitlichen Ablauf ebenso zu erwarten wie Änderungen einzelner Anschlussobjekte. Auch Änderungen der Trassenführung innerhalb des Quartiers sind möglich, da beispielsweise bei zukünftigen Neubauobjekten und auch bei Bestandsobjekten die genauen Anschlusspunkte noch nicht bekannt sind.

Aufgrund interner Ablaufprozesse und Vorgaben seitens der LHM und der SWM sind vor Durchführung der mit diesem Förderantrag verbundenen Maßnahmen und Investitionen entsprechende Beschlüsse erforderlich, welche erst nach Bewilligung dieses Förderantrags initiiert werden können.

Voraussetzung für den Abschluss von Kundenverträgen und für die Investitionsmittelfreigabe und Umsetzung der Maßnahmen zur Errichtung von Kälteerzeugungsanlagen und Kälteverteilnetzen ist ein Beschluss der Konzerngeschäftsführung bei SWM.

Voraussetzung für die Investitionsmittelfreigabe des kommunalen Eigenanteils der LHM ist ein entsprechender Beschluss des Münchner Stadtrats.

Beide Beschlüsse werden nach Eingang der Förderzusage seitens SWM und LHM zügig in die Wege geleitet.

15. Monitoring

Bis zum Projektabschluss des EFRE-Förderprojekts erfolgt ein jährliches Monitoring. Dabei werden jeweils bis zum 31.03. des Folgejahres die Datenstände mit Stichtag zum Jahresende (31.12.) zu folgenden Punkten zusammengestellt und an die ROB übergeben:

- a) Baufortschritt (Maßnahmen zu Erzeugungsanlagen und Fernkältenetz), entsprechend der Darstellung in Kapitel 11.1
- b) Investitionskosten (zu Erzeugungsanlagen und Fernkältenetz), entsprechend der Darstellung in Kapitel 11.2
- c) Kundenanschlüsse, entsprechend der Darstellung in Kapitel 6.2