



FFE

Wärmestrategie München

Zwischenbericht- Verbesserung der
Daten- und Analysegrundlage für die
kommunale Wärmeplanung

2022

Wärmestrategie München

Zwischenbericht - Verbesserung der Daten- und Analysegrundlage für die kommunale Wärmeplanung

Herausgeber:



Forschungsgesellschaft für
Energiewirtschaft mbH

Am Blütenanger 71

80995 München

+49 (0) 89 158121-0

Mail: info@ffe.de

Web: www.ffe.de

Zwischenbericht zum Projekt:

Wärmestrategie München

Verbesserung der Daten- und Analysegrundlage für die kommunale Wärmeplanung



Stadtwerke München GmbH

Emmy-Noether-Straße 2

80992 München

+49 (0) 800 796 796 0

Mail: info@swm.de

Web: www.swm.de

Veröffentlicht am:

27.10.2022

Bearbeiter/in FfE:

■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■

Bearbeiter SWM:

■■■■■■■■■■
■■■■■■■■■■

FfE-Nummer:

LHM-10

Projektpartner:

Landeshauptstadt München

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Bestehende Tools zur Wärmeplanung in München	4
2.1	Steckbriefe einzelner bestehender Tools mit Relevanz für die kommunale Wärmeplanung	4
2.1.1	Steckbrief „Modell München“	5
2.1.2	Steckbrief „Geo.KW“	8
2.1.3	Steckbrief „Wärmepumpen-Ampel“	11
2.1.4	Steckbrief „EManager“	13
2.2	Kombinierbarkeit der Tools	17
3	Bestandsanalyse Gebäude und Wärmebedarfe	20
3.1	Gemeinsame Datennutzung zwischen SWM und LHM	20
3.2	Gebäudebestand	21
3.3	Analyse der Wärmeversorgung	25
3.4	Emissionsbilanz	29
4	Potenzial klimaneutraler Wärmequellen	31
4.1	Ausstehende Aktualisierungen und nicht betrachtete Wärmequellen	31
4.2	Abwärme-Potenziale von Großverbrauchern – Zwischenstand	31
4.3	Umweltwärme für Wärmepumpen	33
4.3.1	Luft, Erdwärme und Solarwärme	33
4.3.2	Grundwasser	35
5	Geplantes weiteres Vorgehen	38
6	Literatur	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Auszug aus Tableau des Modell München für individuelle Dashboards mit Karten, Diagrammen, Statistiken	7
Abbildung 2-2:	Exemplarische Brunnenplanung in Geo.KW	11
Abbildung 2-3:	Schema der methodischen Vorgehensweise der Wärmepumpen-Ampel	13
Abbildung 2-4:	Beispiele für Emanager Funktionen: Gebäudeanalyse, Clusteranalyse	16
Abbildung 2-5:	Zusammenhänge der bestehenden Tools	18
Abbildung 2-6:	Aktuelle Überlegungen zur Verschneidung der Tools.....	19
Abbildung 3-1:	Heatmap der Anzahl Einwohner in einem Baublock vorhandener Wohnfläche (links) und der Anzahl Einwohner je m ² Gesamtfläche pro Baublock (rechts).....	21
Abbildung 3-2:	Bebauungsdichte der Baublöcke (rot = nahe 100 %, dunkelgrün = nahe 0 % bzw. unbebaut)	22
Abbildung 3-3:	Baublöcke nach vorhandenen Strukturtypen blau gefärbt (links mit Einfamilienhäusern bzw. Doppelhaushälften, rechts mit Geschossbaukomplexen)	22
Abbildung 3-4:	Heatmap der beheizten Fläche je Baublock (links nur Wohngebäude, rechts Wirtschaft und Gewerbe)	23
Abbildung 3-5:	Anzahl Gebäude nach Baujahr und gruppiert nach Anzahl Wohneinheiten	24
Abbildung 3-6:	Anzahl Gebäude nach Baujahr und gruppiert nach der Nutzungsart	24
Abbildung 3-7:	Baublöcke mit dem Median der Baujahre.....	25
Abbildung 3-8:	Vergleich von berechnetem und gemessenem Lieferenergiebedarf für Wohngebäude in verschiedenen Altersklassen mit Fernwärme und Erdgasversorgung nach beheizter Fläche (n=18.449)	26
Abbildung 3-9:	Aufteilung der Lieferenergie von Erdgas und Fernwärme und gruppiert nach der Anzahl an Wohneinheiten.....	27
Abbildung 3-10:	Aufteilung der Lieferenergie von Erdgas (orange) und Fernwärme (blau) nach Baujahren	27
Abbildung 3-11:	Dampfnetz und Heizwassernetze sowie Standorte der Heizkraftwerke und Geothermieanlagen	28
Abbildung 3-12:	Lieferenergie aufgeteilt nach Gebäudenutzungsart und Endenergieträger	29
Abbildung 3-13:	Emissionen der Wärmeerzeugung aufgeteilt nach Gebäudenutzungsart und Endenergieträger	30
Abbildung 4-1:	Anteil des Wärmebedarfs je Gebäudetyp für verschiedene Wärmepumpen-Technologien geeigneter, untersuchter Wohngebäude, aufgeteilt nach Gebäudetypen – Quelle: Wärmepumpen-Ampel /FFE-67 22/.....	34
Abbildung 4-2:	Wärmebedarf der Wohngebäude je Gebäudetyp und durch mindestens eine Wärmepumpen-Technologie deckbarer Anteil des Wärmebedarfs – Quelle: Wärmepumpen-Ampel /FFE-67 22/	35
Abbildung 4-3:	Heatmap der Grundwassertemperatur pro Baublock.....	36

Abbildung 4-4:	Heatmap der verfügbaren Leistung pro Baublock bei 5K-Spreizung zwischen Förder- und Schluckbrunnen.....	37
----------------	--	----

1 Einleitung

Die Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser verursacht in Deutschland ca. 40 % der jährlichen Emissionen /FFE-69 22/. Vor dem Hintergrund der verstärkten politischen Diskussionen und der aktuellen geopolitischen Lage inklusive des Effektes auf Gasverfügbarkeit und -preise, steigt aktuell die Aufmerksamkeit für den Wärmesektor im Rahmen der Energiewende. Gemäß der Expertise von Fachleuten ist hier, im Gegensatz zu den anderen Sektoren, eine komplette Reduktion der Emissionen bereits mit den vorhandenen technischen Lösungen möglich. Allerdings ist die Umsetzungsgeschwindigkeit von Maßnahmen im Gebäudesektor aufgrund der Vielzahl beteiligter Akteure und langer Lebensdauern, speziell von Bauteilen, langsamer. Da die meisten Wärmequellen vor Ort gehoben werden müssen, braucht es eine konsistente kommunale Wärmewendestrategie, beispielsweise inklusive der Ausweisung von Vorranggebieten für verschiedene Technologien, damit eine kosteneffiziente Transformation der Wärmeversorgung gelingen kann.

Bestrebungen der Stadt München und Eingliederung in das Projekt

Bereits seit mehreren Jahren laufen in der Landeshauptstadt München (LHM) und bei den Stadtwerken München (SWM) Vorhaben und strategische Entwicklungen, um auf das gesetzte Ziel der Klimaneutralität der Stadt München bis 2035 hinzuarbeiten. Im Bereich des Wärmesektors wurde im Jahr 2021 vom Öko-Institut e.V. und der FfE die Studie „Klimaneutrale Wärme in München 2035“ /FFE-79 21/, welche gemeinsam mit Vertreter:innen von SWM und LHM erarbeitet wurde, veröffentlicht. Darin werden zwei zielorientierte Szenarien erarbeitet und Handlungsempfehlungen zur Erreichung der Klimaneutralität der Wärmeversorgung in München gegeben.

Bestrebungen der Stadt München und deren Eingliederung in das Projekt

Die Vollversammlung des Stadtrats der LHM hat am 19. Januar 2022 in ihrem „Grundsatzbeschluss II - Klimaneutrales München“ das Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU) beauftragt,

1. dem Stadtrat den Entwurf einer verbindlichen, räumlich ausdifferenzierten Wärmestrategie zur Beschlussfassung als Satzung vorzulegen (siehe Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 05040 /LHM-01 22/).

Weiterhin hat die Vollversammlung des Stadtrats im Beschluss zum von der FfE mit dem Öko-Institut erstellten „Bericht zur Studie Klimaneutrale Wärme München 2035 der Landeshauptstadt München“ (vom 23. Februar 2022)

2. die SWM beauftragt, mit RKU, dem Referat für Arbeit und Wirtschaft (RAW) und im Benehmen mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung (PLAN) eine Vereinbarung zur kommunalen Wärmeplanung und zur Weiterentwicklung der CO₂-neutralen Fernwärme bis spätestens 2035 zu erarbeiten,
3. das RKU und RAW gebeten, eine Studie in Auftrag zu geben, um die genauen Potenziale der Abwärmenutzung in München zu erfassen und
4. PLAN mit RKU beauftragt, den Einsatz bestehender Instrumentarien der Bauleitplanung und des Städtebaurechts zur Umsetzung der Wärmestrategie zu prüfen, vorzubereiten und dem Stadtrat bis Ende 2022 zu berichten.

Die im Folgenden dargestellten Inhalte beziehen sich primär auf die genannten Aufgaben (1), (2) und (3), welche als Input zur Analyse der Aufgabe (4) dienen. Die genannten Ziele unter (4) werden zeitlich parallel zu der im Folgenden dargestellten Untersuchung durchgeführt und die jeweiligen Erkenntnisse verzahnt.

Ziel der Analysen und Einbindung in die Wärmeplanung

Basierend auf einer vertieften Zusammenarbeit zwischen der LHM und den SWM sollen die Grundlagen für ein digitales Wärmeplanungstool erarbeitet werden, das langfristig zur kontinuierlichen Konkretisierung der Wärmeplanung eingesetzt werden kann. Da sich Rahmenbedingungen wie z. B. Energieträgerpreise und -verfügbarkeiten stetig ändern können, kann dieses Tool bei Bedarf weiterhin zum Nachjustieren der Strategie beitragen. Somit wird eine rollierende Wärmeplanung ermöglicht. Das zu erarbeitende Wärmeplanungstool soll außerdem im Nachgang erweiterbar sein (z. B. um noch nicht abgedeckte Potenziale klimaneutraler Wärmequellen) und definierte Schnittstellen zu eigenständigen, bereits vorliegenden Tools / Modellen (z. B. Geo.KW, EManager) aufweisen. Für dieses Tool wurde ein Datennutzungsvertrag zwischen SWM und LHM erarbeitet. Hierauf basierend dürfen sowohl definierte Personen des RKU als auch der SWM auf die erarbeitete Visualisierung in Tableau zugreifen.

Projektkommunikation und Anlehnung zu anderen Projekten

Zur Bearbeitung des Projektes finden wöchentlich abwechselnd Regeltermine des organisatorischen Kernteam, bestehend aus den Projektbearbeitende der LHM, SWM und FfE und des inhaltlichen Kernteam, einer Erweiterung um Projektbearbeitende aus den angelehnten Teilprojekt des Hydrogeologie Lehrstuhls der Technischen Universität München (TUM) statt. Bald sollen zwei weitere Teilprojekte starten. Da deren Inhalte eng mit den Ergebnissen aus dem hier genauer dargestellten Teilprojekt zusammenhängen, werden die beteiligten Personen ebenfalls in den regelmäßigen Austausch eingebunden.

In Workshops mit interessierten Personen von LHM und SWM werden die Zwischenergebnisse des Projektes vorgestellt, Input eingeholt und Ergebnisse diskutiert. Weiterhin werden in gemeinsamen Terminen mit der Referatsleitung des RKU und der Geschäftsführung der SWM strategische Entscheidungen, Annahmen und Methoden diskutiert bzw. abgenommen.

Ein wichtiger Teil des durch den Stadtrat zu verabschiedenden Wärmeplans und der Wärmewendestrategie ist die Kommunikation mit und Einbindung von weiteren interessierten Stakeholdern. Für die Durchführung geeigneter Beteiligungsformate und begleitendes Stakeholder-Management ist eine weitere Ausschreibung der LHM in Vorbereitung.

Im Folgenden liegt der Fokus auf der Beschaffung und Reflektion der datenseitigen sowie methodischen Grundlagen des Wärmeplanungstools.

Kurzbeschreibung der Arbeitsschritte

Da die Entwicklung des Wärmeplanungstools auf bestehende Datenstrukturen und Tools aufbaut und diese kombinieren soll, wird in Kapitel 2 mit einer Übersicht und Charakterisierung der vorliegenden Tools begonnen und auf eine mögliche Kombinierbarkeit dieser Tools eingegangen. Anschließend wird, angelehnt an den Leitfaden „Kommunale Wärmeplanung“ der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW) /UBW-01 20/, die kommunale Wärmeplanung anhand der nachfolgenden vier Schritte durchgeführt:

1. Bestandsanalyse
2. Potenzialanalyse
3. Aufstellung Zielszenario
4. Wärmewendestrategie

Zur Bestandsanalyse werden regional stärker differenzierte Verbrauchsdaten herangezogen, als dies im Vorgängerprojekt möglich war, um den Grad der Analysegenauigkeit zu erhöhen. Die Analysen der Bestandsdaten und hierauf aufbauende Simulationen werden zur Ermöglichung einer langfristigen Verfügbarkeit und Anpassbarkeit für das RKU von den SWM im Modell München und dem Szenariotool der TU Wien (im Folgenden zusammengefasst als Modell München) durchgeführt. Die zu Grunde liegenden Analysen und abgeleitete Abbildungen zur Charakterisierung des Gebäudebestands und der energetischen Verbräuche werden in Kapitel 3 erläutert. Vor dem zugrundeliegenden Ziel der Emissionsreduktion, werden die heutigen THG-Emissionen der Wärmeversorgung ebenfalls betrachtet.

In Kapitel 4 werden die Potenziale der verschiedenen klimaneutralen Wärmequellen der Vorgängerstudie über Datenabfragen aktualisiert. Zudem werden regionalisiert differenzierte Grundwasser-Potenziale der Technischen Universität München, welche im Rahmen eines parallel laufenden Projektes verfeinert werden, eingebunden. Im Bereich der potenziellen industriellen Abwärmequellen werden Analysen auf Basis von Unternehmensbefragungen mit der Expertise des Industrieteams der FfE durchgeführt.

Die Entwicklung der Szenarien erfolgt mit dem primären Ziel möglichst bald, aber unter der Annahme realistischer Umsetzungsraten, eine klimaneutralen Wärmeversorgung für München zu ermöglichen. Die FfE wird dazu in Abstimmung mit den weiteren Teilprojekten Vorschläge für die Ausgestaltung der Szenarien entwickeln. Eine Diskussion und Bestätigung der ausgewählten Szenarien erfolgt in den Workshops.

2 Bestehende Tools zur Wärmeplanung in München

Bereits seit längerem bestehen bei LHM und SWM Aktivitäten im Bereich der Energie- und Wärmeplanung, wofür eine Vielzahl an Datensätzen erarbeitet wurde, teilweise parallel zueinander. Daher sind bereits auf beiden Seiten Datensätze und Berechnungstools vorhanden, auf welche im Rahmen dieses Projektes möglichst aufgebaut werden soll.

Systematisch aufbereitete Datensätze mit dokumentierter Erfassungslogik ermöglichen eine datenbasierte und fundierte Beantwortung verschiedenster Fragestellungen. Mit einer strukturierten Übersicht dieser Datensätze wird verhindert, dass Daten mehrfach erfasst werden müssen und verschiedene Planungen parallel zueinander stattfinden ohne gegenseitiges Wissen. Bei paralleler Erhebung von Daten besteht zusätzlich die Gefahr, dass diese dann in unterschiedlicher Qualität vorliegen oder sich widersprechen.

Durch die Komplexität und möglicherweise negativen Effekte auf das Gesamtsystem können am realen Energieversorgungssystem keine Experimente durchgeführt werden. Daher werden Softwaretools eingesetzt, um die Auswirkungen von Maßnahmen (meist technischen Anpassungen, wie den Austausch von Wärmeerzeugern) und deren Interdependenzen zu simulieren. Mit Hilfe von Simulationen kann auch abgeschätzt werden, welche Kombination von möglichen Lösungen benötigt wird, um ein gesetztes Ziel, wie beispielsweise die Klimaneutralität, zu erreichen.

Im Folgenden wird zuerst auf die bereits bestehenden Softwaretools bei LHM, SWM, TUM und FfE eingegangen (siehe Kapitel 2.1), dann wird die angestrebte Kombination dieser Tools genauer beschrieben (siehe Kapitel 2.2).

2.1 Steckbriefe einzelner bestehender Tools mit Relevanz für die kommunale Wärmeplanung

Im Rahmen des Projektes wurden Termine zu den vier bereits in der Anwendung befindlichen Tools: Modell München, EManger, Geo.KW und Wärmepumpen-Ampel durchgeführt. Die relevantesten Eigenschaften der jeweiligen Tools werden in den nachfolgenden Unterkapiteln in Form von Steckbriefen festgehalten. Die Steckbriefe wurden in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Verantwortlichen der Tools erstellt.

Die Reihenfolge ist dabei aufbauend auf dem zeitlichen Ablauf der vier Schritte der Kommunalen Wärmeplanung nach /UBW-01 20/ gewählt.

Das Modell München und die darin hinterlegten Datensätze werden im Rahmen des Projektes für die Bestandsanalyse herangezogen (Kapitel 2.1.1). Ergebnisse daraus werden im Kapitel 3 beschrieben. Des Weiteren wird das Modell München bei der Aufstellung von Zielszenarien, welche im Laufe des Projektes noch genauer ausdefiniert werden, genutzt.

Die Potenziale umfassen unter anderem die thermische Nutzung des Grundwassers, welche im Rahmen des Forschungsprojektes Geo.KW der TUM berechnet werden (Kapitel 2.1.2). Mit der möglichen Nutzbarkeit verschiedener Wärmepumpen-Technologien wird in der Wärmepumpen-Ampel ein weiteres Potenzial quantifiziert (Kapitel 2.1.3).

Unter die Umsetzung der entwickelten Strategie fällt u. a. die Quartiersentwicklung. Darin finden Beratungen und die Realisierung von Maßnahmen in Quartieren statt, wozu als Tool der EManager eingesetzt wird (Kapitel 2.1.4).

2.1.1 Steckbrief „Modell München“

Entwicklung des Tools

- Modell München der SWM mit bereits langjähriger Nutzungserfahrung
- Ursprünglich im Rahmen der Digitalisierungsstrategie der SWM als zentrales Steuerungsinstrument innerhalb der SWM entwickelt
- Kopplung des Modell München mit dem Simulationsmodell Invert/EE-Lab von eThink (Ausgründung der Energy Economics Group der TU Wien) zur gebäudescharfen Simulation der Transformation der Sanierung sowie der Wärmeerzeugungstechnologie im Rahmen eines Multi-Agenten Ansatzes

Bisherige Nutzer:innen des Tools

- Fachbereiche der SWM (Planung des Fernwärmeausbaus, Analysen des Stromnetzes bzgl. des Hochlaufs von Elektromobilität und Wärmepumpen, Analysen zu Quartierslösungen (kalte Nahwärmenetze), Wärmepumpenpotenziale etc.)
- Wegen des Unbundlings, Datenschutzes und kritischer Infrastruktur muss hinsichtlich des Umfangs an Daten und des Aggregationsniveaus unterschieden werden, aus welchen Bereichen die Nutzenden kommen und welche Fragestellung beantwortet werden soll.

Zukünftige Nutzer:innen des Tools

- RRU im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung (vertragliche Regelung wird in Kapitel 3.1 beschrieben)
- Erweiterter Personenkreis über Portal „Geo Info Web“ der LHM

Ziel des Tool-Einsatzes

- Strategisches Planungswerkzeug der SWM für die kommunale Wärmewende, speziell für die räumliche Infrastrukturplanung in allen Sparten, die Produktentwicklung (u.a. Wärmepumpenlösungen) und die Ableitung von Flächenbedarfen
- Schaffung einer einfach zugänglichen, transparenten Plattform, um spartenübergreifend Entscheidungen zu treffen
- Aufzeigen und Quantifizieren der Auswirkungen auf Netzinfrastruktur (Fernwärme, Gas, Strom) durch orts- und zeitaufgelöste Szenarioanalyse

Teilfunktionalitäten des Tools

1. Darstellung der Bestandsdaten

- Datenquellen: LHM-Gebäudedatenbank, OpenStreetMap, SWM-Netzinformationssystem: Basiskarte (Gebäude und Flurstücke mit Metadaten), Spartendaten, Verbräuche getrennt nach Netz und Vertrieb, Geo.KW-Daten, Strukturtypen, Sanierungskosten u. a.
- Gebäudescharfe Analyse zum Bestand (Wärmebedarf, Technologie (=Energieträger), EE-Potenziale, Alter, Flächen, Wohneinheiten, Nutzungsart, Denkmalschutz etc.)
- Energieträger je Gebäude bekannt (alle Lieferprodukte der SWM: Fernwärme, Gas, Strom (Nachtspeicherheizungen (mit gewissen Unschärfen bei gemeinsamer Messung mit Haushaltsstrom), Wärmepumpen); Unschärfe bei Öl, Pellets, Scheitholz)

- Heizungsalgorithmus weist jedem Gebäude die Heizungsart zu (separat unter Beachtung von Netz und Vertriebsdaten wg. Unbundling):
 1. Physische Leitungen, Hausanschlusspunkt
 2. Gemessene Verbräuche (FW, Gas, Strom Wärmepumpe und Nachtspeicherheizungen)
 3. Übertragen der Technologien auf Gebäude und voraussichtlich mitversorgte Gebäude
- Exakte Verbräuche des Vertriebs und der Netze bei SWM je Zählpunkt (dieser wird einem Gebäude zugeordnet) bekannt (jährlich aktualisiert mit Zeitversatz, da die Ablesung nicht immer zum 31.12. erfolgt) – Nutzung wegen Unbundling und Datenschutz jedoch nur unter bestimmten Bedingungen möglich
- Herausforderungen Data Preparation:
 - Multiple Quellen verschneiden
 - Widersprüchliche, fehlende, falsche oder uneindeutige Daten
 - Zuweisung von Daten auf Basis von Adressen zu Gebäuden
- Data Engineering zum Aufbereiten, Bereinigen und Verknüpfen der Datenquellen unter Berücksichtigung von Datenschutz und Unbundling (wegen Netzdaten)
- Neben einer Datenbank verfügt das Modell München über verschiedene Analyse- und Ausgabemöglichkeiten. Hauptsächlich wird Tableau genutzt, um intuitive Dashboards für die jeweilige Nutzergruppe zu erstellen. Über Tableau können auch die erforderlichen Berechtigungen bzgl. Datenschutz, Unbundling und kritische Infrastruktur vergeben werden.

2. Lokale Potenzialdaten

- Wärmepumpen-Ampel der FfE
- Oberflächennahe Geothermie (Grundwasser-Wärmepumpe) vom Hydrogeologie Lehrstuhl (TUM)
- PV- und Solarthermiefpotenziale von der LHM
- Zukünftig: Abwärmepotenziale der FfE

3. Infrastrukturdaten

- Ausbau und Verdichtung der Fernwärme und Fernkälte (eigene Berechnungen der SWM)
- Fernwärme-Transformationsplanung und Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW): Bestimmung von Ausbau- und Verdichtungsgebieten, Modell München wird für die BEW-Antragstellung verwendet
- Erneuerung der Stromnetze: Grundlage für die Investitionsplanung: Effekte der Wärmepumpen (Projekt: Grid4Electrification) und eMobilität (Projekt: eMotion2Grid)
- Programm Fernkälte: Erstellung eines gebäudescharfen Kälteatlas für die Entwicklung des Geschäftsfelds Fernkälte zusammen mit eThink
- Dezentrale Wärmeplanung (Wärmepumpen und kalte Nahwärmenetze): Grundlage für die Produktentwicklung und die Vertriebssteuerung im neuen Wärmepumpen-Geschäftsfeld
- Transformation des Gasnetzes: Regionale Effekte des Absatzrückgangs als Basis für strategische Entscheidungen

4. Berechnung von Versorgungsszenarien

- Kalibrierung und Plausibilisierung der errechneten Wärmebedarfe
- Gebäudescharfe Zukunftsprojektionen für Sanierung und Heizungsart
- Gebäudescharfe bzw. baublockscharfe (zum Teil müssen Gebäudedaten wegen des Datenschutzes zu Baublöcken aggregiert werden, wobei ein Baublock ein von Straßen eingefasster Bereich darstellt) Absatzentwicklung von Fernwärme, Gas und Strom (zu Wärmezwecken) bis 2050 in Stützjahren (alle 5 Jahre)
- Berechnung von Szenarien (inkl. Förderprogramme, Verbote (z. B. Gaskessel), Energiepreise, Kosten für Handwerker etc.)
 - Beurteilung der Wirkung von Maßnahmen
 - Wo erzielt man wann mit einem Euro die größte Wirkung zur CO₂-Einsparung in München?
- Ablauf im Simulationsmodell Invert/EE-Lab
 1. Multiagentensystem: Jedes Gebäude in München ist ein Agent, der Entscheidungen zur Sanierung und Wärmeversorgung trifft
 2. Bauteile eines Gebäudes altern: Entscheidungen über Abriss, Sanierung und Sanierungstiefe sowie zur Wärmeversorgung
 3. Integriertes Gebäudesimulationsmodell (Temperaturszenarien, Wandstärken, Dämmstandards, Gebäudeausrichtung, opake Fläche etc.)
 4. Berücksichtigung von Fördermaßnahmen, CO₂-Steuer, Energiekosten, Sanierungskosten, regionale Potenziale und Grenzen, Komfortgewinn, Nutzerverhalten
 5. Ergebnis: Aussagen je Gebäude für die Heizungstechnologie und den Dämmstandard
Konkret: Wahrscheinlichkeiten je Gebäude für Zustandsübergänge (z. B. Gebäude in der Musterstr. 1 in 2030 mit 80 % Fernwärme, 18 % Gas, 2 % abgerissen)

Beispielbild / Schema



Abbildung 2-1: Auszug aus Tableau des Modell München für individuelle Dashboards mit Karten, Diagrammen, Statistiken

Abgrenzung zu anderen Tools

- Gebäudescharfe Simulation von Szenarien (nicht nur losgelöste Versorgungsoptionen einzelner Gebäude, sondern eine ganzheitliche Betrachtung mit dem Multi-Agenten Simulationsmodell Invert-EE/Lab)
- Modell München als zentrale Plattform zur konsistenten Integration weiterer Datenquellen
- Modell München wird Bottom-up entwickelt, basierend auf realen Bedarfen einzelner Gebäude mit den gelieferten Energieträgern
- Abgrenzung zum EManager der MGS dahingehend, dass das Modell München nicht für die Datenerfassung vor Ort entwickelt wurde (Fotos, Besprechungsprotokolle, Dateneingaben vor Ort, etc.)
- Oberflächennahe Geothermie (Grundwasser-Wärmepumpen) bis jetzt nur statisch abgebildet

Weitere Ergebnisse aus dem Modell München werden im Kapitel 3 beschrieben. Des Weiteren wird das Modell München bei der Ableitung von Eignungsgebieten sowie der Festlegung und Berechnung von Zielszenarien genutzt.

2.1.2 Steckbrief „Geo.KW“

Der Steckbrief wurde in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Hydrogeologie der TU München erstellt und ist damit Bestandteil des Projektes „Modellkopplung thermische Grundwassernutzung“.

Entwicklung des Tools

- Aufbauend auf mehreren Projekten des Lehrstuhls Hydrogeologie der TUM (GEPO, GEOPOT, gefördert von STMUV und dem EU-Interreg Projekt GRETA), Entwicklung des GEO.KW-Tools, durch Lehrstuhl für Hydrogeologie der TU München und ENIANO mit Förderung des BMWi (2019 - 2021) und unterstützt von Stadt München (RKU) und SWM
- Basis: Hydrogeologisches, thermisches Grundwassermodell (detaillierte transiente Simulationen von Grundwasserströmung und Wärmetransport) /TUMT-01 22/
- Integrierung aller stadtweiten relevanten und aktualisierten geologisch-hydrogeologischen Daten
- Integrierung aller relevanter Infrastrukturdaten für die thermische Grundwassernutzung (Dükersysteme, Anlagen der thermischen Nutzung mit detaillierten Nutzungsdaten)

Bisherige Nutzer:innen des Tools

- Referat RKU für (Genehmigungs-)anfragen und für Analysen zu Quartierslösungen (kalte Nahwärmenetze)
- Wasserwirtschaftsamt München für (Genehmigungs-)anfragen
- Landratsamt München
- SWM als Planungswerkzeug für die kommunale Wärmewende und Analysen zu Quartierslösungen (kalte Nahwärmenetze)

Zukünftige Nutzer:innen des Tools

- RKU in Kommunalen Wärmeplanung
- Quartiersarbeit

- Technische Planer:innen (diese erhalten beschränkten Zugriff, z. B. kein Zugriff auf personalisierte Anlagendaten)

Ziel des Tool-Einsatzes

- Tool zur Planung und Optimierung des Einsatzes der thermischen Ressource Grundwasser in München mit dem Ziel der Primärenergieeinsparung für Heizen und Kühlen /TUMT-01 22/
- Tool ermöglicht die Systemoptimierung mit der Zielsetzung einer ausgeglichenen Bilanz aus Heizen und Kühlung in München mittels GW-Nutzung zum langfristigen Potenzialerhalt
- Informationen zu vorhandenen Anlagen zur thermischen Grundwassernutzung sind hinterlegt und können abgerufen werden
- Thermische Interaktion von Förder- und Schluckbrunnen untereinander wird im hydrogeologischen Grundwassermodell abgebildet
- Bestimmung einer optimalen Verteilung der thermischen Grundwassernutzungen in München, damit das GW-Potenzial maximal ausgeschöpft werden kann
- Bereitstellung der Daten zur Nutzung einer einheitlichen Datenbasis in der Genehmigungspraxis und Planung der Grundwassernutzung
- Vereinfachung und Beschleunigung der Genehmigungspraxis durch Bereitstellung eines ganzheitlichen Bewertungswerkzeugs

Teilfunktionalitäten des Tools

1. Daten aus Messstellen

- Darstellung mit Auswahlmöglichkeiten aller Grundwassermessungen: GW-Ganglinien, Temperaturzeitreihen, Grundwasserleiterbasis, Flurabstände, Tiefentemperaturprofile (u. a. für Baugrunduntersuchung z. B. für Tunnelbau)
- Darstellung aller grundwasserrelevanten Infrastrukturdaten (Dükersysteme, Anlagen der thermischen Nutzung mit detaillierten Nutzungsdaten aus Jahresberichten und Genehmigungen oder statistisch geschätzt)

2. Räumliche Daten des Grundwasserleiters

- Darstellung mit relevanten Charakteristika des Grundwassers: GW-Gleichen (perspektivisch für verschiedene Zeitpunkte, wie Niedrigwasser, Hochwasser, etc.), GW-Temperaturen (perspektivisch für verschiedene Zeitpunkte, wie saisonale und klimatische Änderungen), Flurabstand, GW-Mächtigkeit, Grundwasserleiterbasis, hydraulische Durchlässigkeit
- Datenexport-Funktion für Anfragen
- Enthält Szenarien über künftige Entwicklung der Grundwasserstände

3. Bestand der Grundwassernutzung

- Bestandsbrunnen hinterlegt mit Nutzerstruktur und -daten
- Platzierung von geplanten Förder- und Schluckbrunnen für gesamte Münchener Großraum möglich (über Stadtgrenzen hinaus)
- Definition der geplanten thermischen Grundwassernutzung (teilweise vorausgefüllte Optionen möglich): Heiz- oder Kühlfall, Gebäudetyp, Heiz-/Kühlleistung, monatliche Pumprate, Temperaturspreizung (Grenzwerte aus Genehmigungsfall)

- Ergebnisse aus Brunnensimulation: Daten zum Standort, Isothermen, Bewertung der Machbarkeit (thermisch u. a. Beeinflussung existierender und der geplanten Anlagen sowie hydraulisch u. a. Brunnenabstand, Förderraten)
- Bewertung: konservative Abschätzung des Potenzials nach erwarteten Tiefstständen, für München wird auch längerfristig keine komplette „Austrocknung“ erwartet

4. Optimierungsrechnung

- Wärmebedarfsmodell ist hinterlegt für Optimierungsrechnung
- Anteil Heiztechnologie in Karte je Stadtteil
- 1. Preprocessing: Simulation des optimalen Brunnenstandorts je Flurstück gemäß Bedarf (negative gegenseitige Beeinflussung minimal) → nicht alle Anlagen umsetzbar (daher ungleich zu Potenzial)
- 2. Optimierungsrechnung: Entscheidung, welches Flurstück für Gesamtoptimum mit Brunnen ausgestattet wird
- Datenerhebung von Gebäudebestand wie Bauphysik, Versorgung, Verbräuche

Ausgewählte Ergebnisse

- 60 % des Status-Quo-Wärmebedarfs ist durch Grundwasser-Wärmepumpen abdeckbar ohne gegenseitige Beeinflussung der Brunnen
- In großen Bereichen auch thermische Nutzung des Grundwassers für Kühlzwecke möglich

Abgrenzung zu anderen Tools

- Nutzt eigene Wärme- und Kältebedarfssimulationen
- Stellt detaillierte Daten und Planungsmöglichkeiten zum Einsatz von Grundwasserwärmepumpen und der Nutzung des Grundwassers zur Kühlung für Quartiers- und Einzelfallplanung oder für Planung von Kalten Nahwärmenetzen zur Verfügung
- Die Daten aus dem Vorgängerprojekt von Geo.KW wurden in den ENP integriert.
- Derzeitige erfolgt die Integration von berechneten Szenarien zur Nutzung von Grundwasserwärmepumpen aus dem GEO.KW-Tool in das Modell München der SWM

Weiterführende Informationen sind auf der [Projekthomepage](#) /GEOKW-01 22/ zu finden.

Beispielbild / Schema

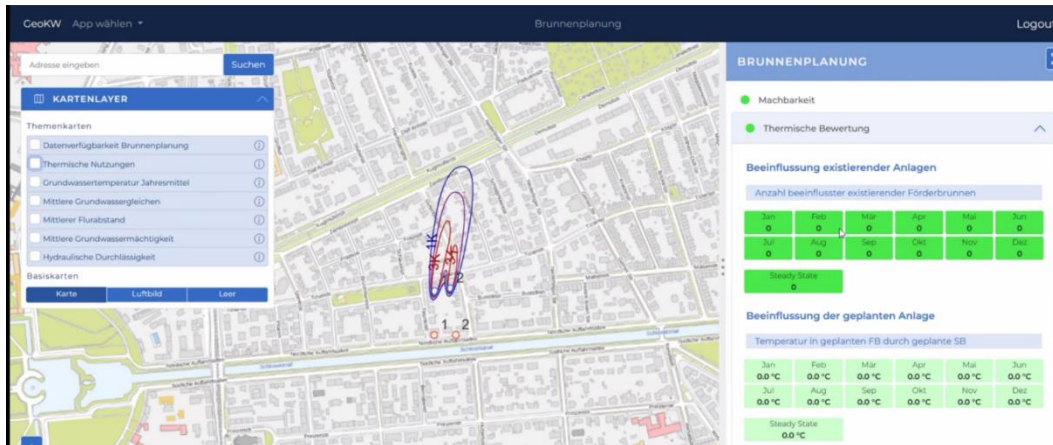


Abbildung 2-2: Exemplarische Brunnenplanung in Geo.KW

2.1.3 Steckbrief „Wärmepumpen-Ampel“

Entwicklung des Tools

- Durch FfE im Rahmen eines durch die Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg (SEF-BW) geförderten und von den Lechwerken (LEW), den Stadtwerken München (SWM) und Viessmann unterstützten Projektes
- Datenseitige Grundlagen: frei verfügbare deutschlandweite Gebäudedaten (z. B. OpenStreetMap)
- Die SWM haben den kompletten Abzug des deutschlandweiten Datensatzes erworben.

Bisherige und zukünftige Nutzer:innen des Tools

- Datennutzung: Projektbeteiligte und Kunden
- Frei verfügbarer Zugang zu interaktiver Karte für die Öffentlichkeit (Zielgruppe: Eigentümer:innen von Wohngebäuden) über Website: <https://waermepumpen-ampel.ffe.de/>

Ziel des Tool-Einsatzes

- Quantifizierung des deutschlandweiten Potenzials für die Wärmepumpen-Technologien: Luft-, Erdsonden-, Erdkollektor- und Solar-Eisspeicher-Wärmepumpe
- Aufzeigen, ob zur Wärmebedarfsdeckung jedes Wohngebäudes im Bestand die Wärmequellen Luft, Erde und Sonne ausreichen
- Für München werden die Potenziale der Luft- und ggf. der Solar-Eisspeicher-Wärmepumpe weiterverwendet. Die Potenziale zur Nutzung Grundwasserwärme über Wärmepumpen wird basierend auf den Analysen der TUM simuliert.

Teilfunktionalitäten des Tools

1. **Gebäudemodell zur Wärmebedarfsermittlung für Wohngebäude**
 - Gebäudetypklassifikation der Gebäudepolygone aus OpenStreetMap
 - Mittlerer spezifischer Wärmebedarf anhand Gebäudetyp und Baualter ermittelt
 - Jahresarbeitszahlen (JAZ) unterscheiden sich je nach WP-Technologie und Landkreis aufgrund unterschiedlicher klimatischer Bedingungen

- Wärmequellenbedarf ermittelt anhand des spezifischen Wärmebedarfs, Wohnfläche und JAZ

2. Luftwärmepumpe

- Zur Potenzialberechnung wird der Anlagenstandort und der limitierende Abstand ermittelt. Dafür wurden Schallausbreitung, Schallemissionen und Immissionsgrenzwerte berücksichtigt.
- Der limitierende Abstand wurde je Gebäude für drei verschiedene Standorte (optimal, median, schlecht) ermittelt. Im Modell wird der Median-Standort angesetzt, bevorzugt zur Straße hin ausgerichtet.

3. Erdsonden

- Limitierend für die mögliche Anzahl der Bohrungen sind die nutzbare Grünfläche des jeweiligen Grundstücks und Wasserschutzgebiete
- Grundstücke wurden synthetisch berechnet und validiert, da diese nicht deutschlandweit frei verfügbar sind.
- Für Grenzabstände zum Nachbargebäude, zum eigenen Gebäude und zwischen den Sonden werden geltende Festlegungen herangezogen (z. B. VDI 4640)
- Für die Entzugsleistung werden pauschale Annahmen für Deutschland angesetzt
 - 50 W/m bis 30 kW Heizlast
 - 35 W/m ab 30 kW Heizlast
- Die Bohrtiefenbegrenzung wurde anhand einer statistischen Verteilung hinterlegt, auf Basis von Daten eines großen Bohrunternehmens.

4. Erdkollektor

- Potenzialbestimmung basierend auf der nutzbaren Grünfläche des Grundstücks
- Entzugsarbeit wird berechnet aus Bodenarten und Klimazonen jeweils für 4 Kollektorarten. Ausgewiesen wird der optimale Kollektortyp

5. Sonne & Eisspeicher

- Eisspeicher wird abhängig von geometrisch ermitteltem Eisspeichervolumen und der Entzugsarbeit nach Herstellerangaben dimensioniert
- Der Anteil nutzbarer Dachfläche je Gebäudetyp stammt aus der Auswertung eines Solardachkatasters. Mithilfe von Herstellerangaben wurde eine Funktion zur Berechnung der Heizleistung je Dachfläche entwickelt.
- Einordnung: Nischentechnologie, oft geeignet, wo andere Techniken entfallen, jedoch derzeit nicht wirtschaftlichste Variante

Abgrenzung zu anderen Tools

- Aufgrund der Anforderungen an die Ergiebigkeit und deren Heterogenität in Deutschland sowie lokaler hydrogeologischer Limitierungen und unzureichender frei verfügbarer Datenlage, wurden Grundwasser-Wärmepumpen im Rahmen des Projektes Wärmepumpen-Ampel aus dem Bewertungsrahmen ausgeschlossen. Hierzu werden für das Modell München Daten aus Geo.KW herangezogen.

Ausgewählte Ergebnisse

- 75 % der Wohngebäude in Deutschland sind für mindestens eine Wärmepumpen-Technologie (Luft, Erde, Sonne) geeignet. Potenziale für München werden in Kapitel 4.3 beschrieben.

Weiterführende Informationen sind auf der Projekthomepage /FFE-67 22/ zu finden.

Beispielbild / Schema

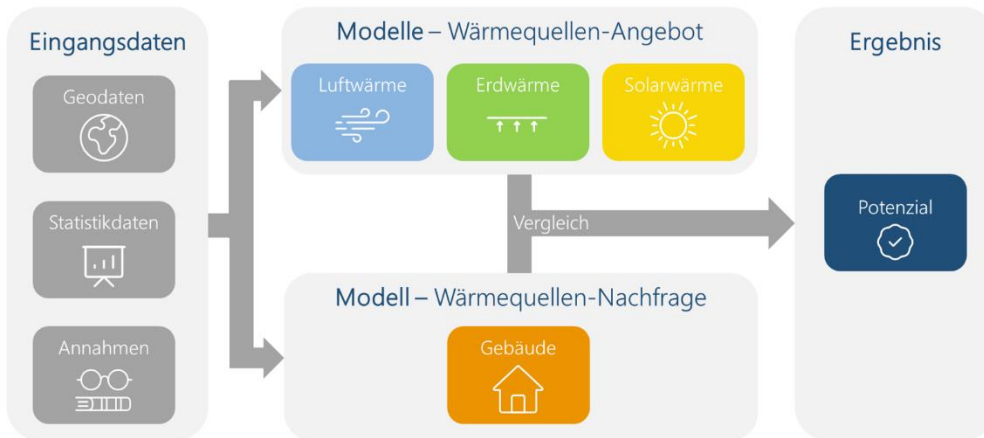


Abbildung 2-3: Schema der methodischen Vorgehensweise der Wärmepumpen-Ampel

2.1.4 Steckbrief „EManager“

Dieser Steckbrief wurde von der ENIANO GmbH erstellt.

Entwicklung des Tools

- 2015: Erstellung eines Quartierskonzepts durch Prof. Dr.-Ing. [REDACTED] und ENIANO GmbH mit stundenaufgelöster Simulation aller Bestandsgebäude unter Berücksichtigung aller Sanierungs- und Versorgungsszenarien
- 2016: Auftrag für Entwicklung des Emanagers als mobile Websoftware auf Basis von Open-Source-Komponenten durch ENIANO für das Sanierungsmanagement Neuaubing-Westkreuz mit Unterstützung durch das BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung)
- 2020: Erweiterung auf alle Untersuchungsgebiete, Sanierungsgebiete und Quartierskonzepte der LHM sowie Integration der gebäudescharfen Modelle und Daten des ENP der LHM
- Großflächiger Einsatz für Quartiersmanagement in ganz München, Weiterentwicklung durch ENIANO GmbH

Bisherige Nutzer:innen des Tools

- Nutzerrechte können räumlich und zeitlich definiert werden (u.a. durch Geofencing), dadurch kann ein datenschutzrechtlich korrekter Nutzerzugriff gewährleistet werden
- Es gibt einen Datenbestand für alle Nutzer, Einzelnutzerzugriff nur auf erlaubte Funktionen/Gebiete
- Aktuelle Nutzungsgruppen:
 - Energieberater:innen und Sanierungsmanager:innen der Münchner Gesellschaft für Stadterneuerung mbH (MSG) vor Ort oder im Innendienst

- Planer:innen in der städtebaulichen Sanierung, als auch externe Büros
- Ersteller:innen von Integrierten Stadtentwicklungskonzepten (ISEK) und Voruntersuchungen
- Ersteller:innen von Quartierskonzepten und das anschließendes Sanierungsmanagement
- Genehmigungsbehörden für hoheitliche Aufgaben (z.B. PLAN HA III – Hauptabteilung Stadtsanierung und Wohnungsbau)
- Strategische Stadt- und Energieplanung (z.B. PLAN HA I – Hauptabteilung Stadtentwicklungsplanung)

Ziel des Tool-Einsatzes

- Übergeordnet: Die Wärmewende vor Ort strategisch, spartenübergreifend, kollaborativ und umsetzungsorientiert voranbringen
- Kollaborative, offene Plattform für alle relevanten Akteur:innen (Verwaltung, Stadtsanierung, Energieberater:innen, Planer:innen etc.) in der LHM
- Prozesse sind an tägliche Arbeit in der strategischen Energieplanung, Sanierungsmanagement, für genehmigungsrechtliche Prozesse, für Förderprogramme und Beratungsinitiativen angepasst
- Vereinfachter Zugriff auf Ergebnisse von Energiesimulationen durch Mapping auf Karte/Gebäude
- Tagesaktuelle, kollaborativ bearbeitbare und gebäudescharfe Daten
- Controlling und Erfolgsmonitoring für Maßnahmen aus Förderung und Beratung
- Berücksichtigung aller datenschutzrechtlichen Anforderungen und Zugriffsmanagement
- Schließen von Daten- und Informationslücken, einfache Erweiterbarkeit durch App Konzept

Teilfunktionalitäten des Tools

- Exploration und Nutzung von Energiesystemmodellen
 - Abfrage gebäudeweiser Daten aus Gebäudedatenbanken durch Klick in Karte (Grunddaten zu Gebäuden, Baustruktur, Energiebilanzen, Sanierungsvarianten, etc.)
 - Erstellung individueller Karten als PDF, Datenexport im CSV- oder GIS-Format für einzelne Gebäude oder Quartiere, externe Bearbeitung und Rückspielung möglich
 - Download von Modellergebnissen, Dokumentationen und Metadaten
- Datenerhebung
 - Erhebung von Gebäudebestandsdaten mit Tablet vor Ort über mobile App oder im Innendienst zur Verbesserung, Aktualisierung und Detaillierung bzw. Erweiterung von Energiesystemmodellen oder bestehender Gebäudedatenbanken
 - Erhebung von Daten zum energetischen Status (Gebäudehülle, Anlagentechnik) von Gebäuden und zum erweiterten Kontext (optischer Zustand, Dachbegrünung, Grünplanung, städtische Freiräume, etc.)
 - automatisierte Energiebilanzierung für Gebäude, d.h. Energie- und THG-Bilanzen von Gebäuden werden nach Dateneingabe aktualisiert (Berechnung innerhalb Emanagers)
 - Überblick zu Aktualität der Daten je Gebäude bzw. Stand der Datenerhebung im Quartier

- Energieberatung
 - App zur Begleitung einzelner Objekte über den gesamten Beratungs- und Sanierungsprozesses im Rahmen des Sanierungsmanagements
 - Erfassung von Beratungsgesprächen der Erstberatung, von Gebäudemodernisierungs- und Energie-Checks (GMC) sowie von Sanierungszuständen bzw. durchgeführten Maßnahmen und entsprechenden Energie- und THG-Bilanzen, historisiert für jedes Gebäude
 - eigene Dateiverwaltung für jedes Gebäude (Beraterberichte, Baubeschreibungen, Pläne, Energieausweise, Abrechnungen, etc.)
 - intuitive Anzeige des Beratungs- und Sanierungsfortschrittes für Gebiete / Quartiere in Karte und einfache Suche nach Objekten und Dokumenten über Stichworte
- Sanierungsberatung
 - App zum Management hoheitlicher bzw. genehmigungsrechtlicher Vorgänge im Sanierungsprozess, Erstellung einer Beratungs- und Verfahrenshistorie zu jedem Objekt
 - Erfassung von Bauanträgen, sanierungsrechtlichen Genehmigungen nach §144 BauGB, Verfahren nach §7h EStG sowie vorausgehende Informations- und Beratungsgespräche inklusive Dateiablage zum jeweiligen Vorgang
 - erhebliche Vereinfachung der Kollaboration und des Informationsaustausches zwischen beteiligten Stellen, direkte Integration in App Monitoring
- Monitoring
 - App bündelt alle Informationen, die im Rahmen von Sanierungsmanagement, Energieberatung, Genehmigung, Förderung, Umsetzung usw. anfallen
 - App ermöglicht eine direkte Evaluation von Maßnahmen und eine kontinuierliche, datenbasierte Verbesserung sowie Anpassung der unterschiedlichen Instrumente zur Umsetzung der Wärmewende
 - Freie Auswahl eines Gebietes und eines Zeitraumes für automatisierte Auswertung folgender Aktivitäten bzw. Indikatoren: Primär- und Endenergiebilanz für Wärme und Strom, Erneuerbare Anteile an Wärme- und Stromerzeugung, Bilanzierte THG-Emissionen, sanierte Energiebezugsfläche, Sanierungsrate, erzielte Sanierungstiefen, erneuerte Heizanlagen und neu installierte Leistung nach Anlagenkategorien, Beratungsaktivitäten: Anzahl Energieberatungen, GMCs, Umsetzungsquoten nach Beratung, etc.), Mitteleinsatz für Beratungen, Städtebauförderung etc. und direkte Analyse des „Hebels“ von Förderinstrumenten bzw. des Mitteleinsatzes, Historie von Förderanträgen (KfW, SBF, BAFA, FES, etc.)
- Quartiers- / Clusteranalyse
 - App dient zur strategischen Variantenanalyse von Sanierungs- und Versorgungsvarianten in Quartieren mit Datenexport in Excel sowie Geodaten um Weiterverarbeitung z.B. in Quartierskonzepten zu ermöglichen
 - Daten aus anderen Apps (z.B. Datenaufnahme und Energieberatung) gehen mit ein
 - Analyse unterschiedlicher Sanierungstiefen (Sanierungsszenarios) und Wärme-versorgungsvarianten sowie deren Auswirkung auf Primär-,

Endenergie- und THG-Bilanz und interaktive Fernwärmausbauplanung (über Emanager Version 1)

- CityPinBoard
 - Kartenbasierte, interaktive App zum stadt- bzw. gebietsweiten Informationsaustausch zwischen beteiligten Stellen der städtebaulichen Sanierung
- Solaranalyse (aktuell in Bearbeitung)
 - App zur Konzeption von Solaranlagen auf Dachflächen durch interaktive Konfiguration der Anlagen mit Ertragsberechnung auf Basis von 3D-Modellen aus Befliegung
 - Methodik Solaranalyse: Siehe [Link](#) /LHM-03 22/ (Bearbeiter: ENIANO GmbH, im Auftrag des RKU)

Beispielbild / Schema



Abbildung 2-4: Beispiele für Emanager Funktionen: Gebäudeanalyse, Clusteranalyse

Technologie, Lizenzierung und IT-Sicherheit

- Basiert auf Open Source Komponenten, Konformität mit der IT-Direktive zu Open Source Software der Landeshauptstadt München (vgl. Stadtratsbeschluss Mai 2021)
- Sicherheitszertifizierung durch TÜV Süd, regelmäßigen Prüfungen (u.a. Stresstests) für rechtskonforme Haltung und Verarbeitung personenbezogener Daten
- Hosting, Betrieb und Bereitstellung durch ENIANO GmbH im Auftrag der MGS

Abgrenzung zu anderen Tools

- Emanager als zentrale, kollaborative Plattform für Sanierungs- und Quartiermanagement, für die Energie- und Sanierungsberatung sowie die Datenerfassung vor Ort
- Emanager und Geo.KW-Tool nutzen technisch den gleichen Backend und Frontend Stack bestehend aus Opensource Komponenten, sie sind dadurch kompatibel und integrierbar
- Plattform des Emanagers ist flexibel durch Apps erweiterbar und verfügt über offene Schnittstellen (z.B. zu Diensten des GSM, der City Information Plattform, zur Software ProPLAN)
- Fokus des Emanagers sind auf Analysen basierende, umsetzungsorientierte Arbeitsprozesse auf Gebäude- und Quartiersebene, das München Modell fokussiert eine vorgelagerte Planungs- und Modellierungsebene

- Integration von übergeordneten Ergebnisse und Daten anderer Planungs- und Strategietools (z.B. Modell München) in Emanager ist möglich, damit diese auf Arbeitsebene nutzbar werden

2.2 Kombinierbarkeit der Tools

Wie beschrieben, haben die zuvor genannten Tools unterschiedliche Funktionen und erfüllen daher verschiedene, miteinander kombinierbare Teilaspekte in der kommunalen Wärmeplanung. Abbildung 2-5 zeigt die vorhandenen Datensätze und Tools von LHM, SWM und Externen. Hier wird auf die zuvor nicht beschriebenen Tools kurz eingegangen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ist eine Vielzahl an technoökonomischen Kennzahlen für Technologien notwendig sowie Szenarien für die Markt- und Endkundenpreise verschiedener Energieträger. Eine entsprechende Übersicht aller benötigten Daten im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurde in Form einer tabellarischen Übersicht von der FfE erstellt. Im Projektteam wird nun Stück für Stück entschieden, welche Daten hieraus in der Modellierung verwendet werden sollen und wer dafür zuständig ist, dass diese Daten auch langfristig aktuell gehalten werden.

Zwar haben die SWM eigene Energie- und Technologiepreisszenarien sowie weitere Modelle, diese sollen aber nicht öffentlich werden. Daher werden diese Daten von Externen und damit unabhängig zur Veröffentlichung bereitgestellt. Diese werden dann in das Modell München integriert. Auch die Daten aus der Wärmepumpen-Ampel und Geo.KW werden in das Modell München in Form von Potenzialen klimaneutraler Wärmequellen integriert. Der in der Wärmepumpen-Ampel hinterlegte Wärmebedarf basiert ausschließlich auf frei zugänglichen Daten, sodass die Genauigkeit nicht so hoch ist wie bei der Daten aus dem Modell München. Daher wurden den SWM die Potenzialdaten der einzelnen Wärmequellen aus der Wärmepumpen-Ampel übermittelt, welche nun im Modell München mit den Wärmebedarfsdaten des Modell München verschnitten werden können. So kann genauer als in der Wärmepumpen-Ampel abgeleitet werden, ob die Potenziale die Bedarfe decken können.

Neben dem Modell München liegen den SWM die internen Tools BoFit und das Energiewirtschaftsmodell (kurz: EW Modell) vor, welche gemeinsam die Simulation der Einsatzoptimierung von den SWM-eigenen Anlagen im aktuellen und potenziell künftigen Zustand ermöglichen. Hieraus erfolgt eine Bewertung der Emissionen und der Gesamtwirtschaftlichkeit von Strom- und Wärmeerzeugung im Fernwärmenetz. Dabei werden im EW-Modell Parameter, wie Energiepreise oder Temperaturverläufe, hinterlegt, womit strategische Entscheidungen über den Kraftwerkspark getroffen werden können. BoFit berechnet die eigentliche stündliche Anlageneinsatzoptimierung.

Um weiterhin Fördermittel für die Transformation der Fernwärme zu erhalten, muss gemäß Anforderung der Bundesförderung Effiziente Wärmenetze jeder Fernwärmeversorger einen sogenannten Transformationsplan für die Fernwärme vorweisen. Derzeit erarbeiten die SWM diese, mit Hilfe der zuvor genannten Tools. Nach Abstimmung mit der LHM soll hieraus die „Vereinbarung CO₂-neutrale Fernwärme“ erarbeitet werden.

Zusätzlich zu den für dieses Projekt besonders relevanten, schon beschriebenen Tools und Datensätzen, liegen der LHM noch der Energienutzungsplan für das Stadtgebiet der LHM als auch das EManager-Tool (Nutzung vor allem durch Münchner Gesellschaft für

Stadterneuerung mbH MGS) vor. Während die Daten des Energienutzungsplan hier nicht verwendet werden¹, ist angestrebt, dass die in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnisse die Energieberater bei der Vor-Ort-Beratung mit dem EManager unterstützen.

Das Zusammenspiel und die Schnittstellen inkl. der Nutzungsverträge zur Verknüpfung der Tools sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht final geklärt. Daher stellt der folgende Text eine Darstellung des aktuellen Status zu Überlegungen der Vorgehensweise dar.

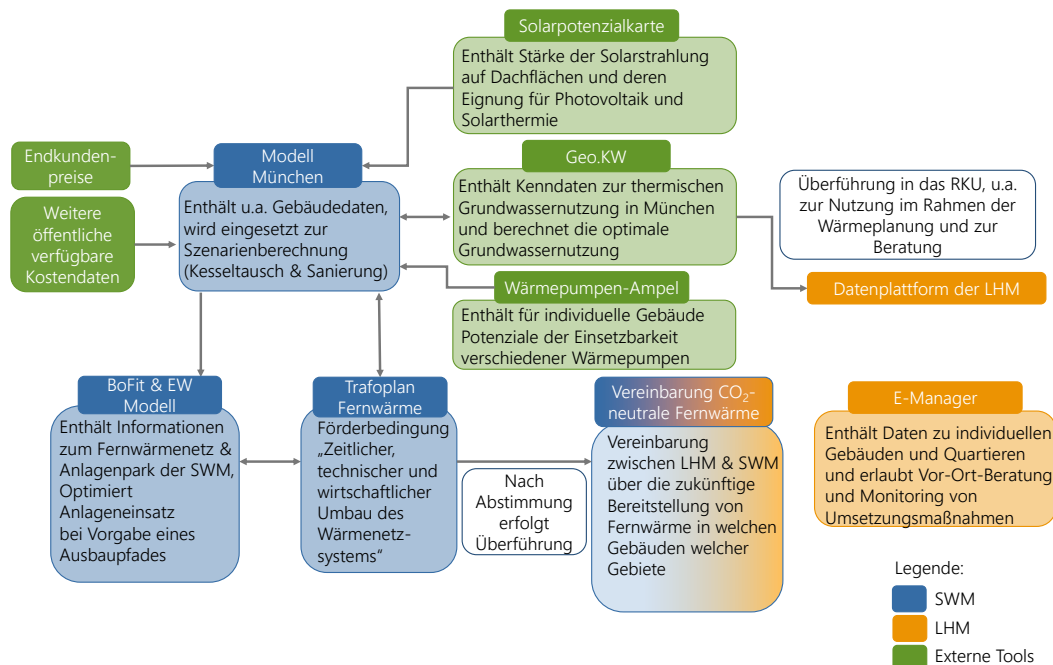


Abbildung 2-5: Zusammenhänge der bestehenden Tools

In Abbildung 2-6 ist visualisiert, wie die genannten Tools und Datensätze im Ablauf der Modellierung der kommunalen Wärmeplanung nacheinander eingesetzt werden könnten. Dies wird hier indikativ entlang der mit Ziffern dargestellten Reihenfolge dargestellt.

Das Modell München stellt die Ausgangsbasis für die Modellierung der Zukunftsszenarien dar und ist somit Schritt 1. Im Rahmen einer geplanten Vereinbarung zur CO₂-neutralen Fernwärme soll festgelegt werden, in welchen Gebäuden welcher Gebiete der Wärmebedarf künftig durch Fernwärme bereitgestellt werden soll. Diese Gebiete sind im Modell München daher hinterlegt und es werden als Schritt 2 nur die dezentral zu versorgenden Gebäude aus dem Gesamtdatensatz extrahiert und in der Verschneidung mit weiteren Tools genauer analysiert.

In Schritt 3 werden die Gebäude von fest hinterlegten Eignungsgebieten für besondere Lösungen, wie Wärmenetze basierend auf Abwärme oder Grundwasser, ebenfalls aus dem Gesamtdatensatz entnommen. Diese fest hinterlegten Eignungsgebiete werden im Rahmen der Szenarien-erstellung im Projekt erarbeitet und diskutiert. Hierbei soll die Methode zur Festlegung möglichst transparent und rekonstruierbar sein, damit in der Zukunft bei sich

¹ Die Daten werden nicht verwendet, da im ENP nur die Verläufe der Hauptleitungen von Fernwärme und Gas in der Straße bekannt waren. Die Zuweisung der Energieträger zu Gebäuden wurde auf Basis von Annahmen vorgenommen. Zudem waren im ENP die exakten Verbräuche der Gebäude nicht bekannt und wurden errechnet.

ändernden Rahmenbedingungen eine Überprüfung erfolgen kann, ob diese Lösungen weiterhin am besten geeignet sind.

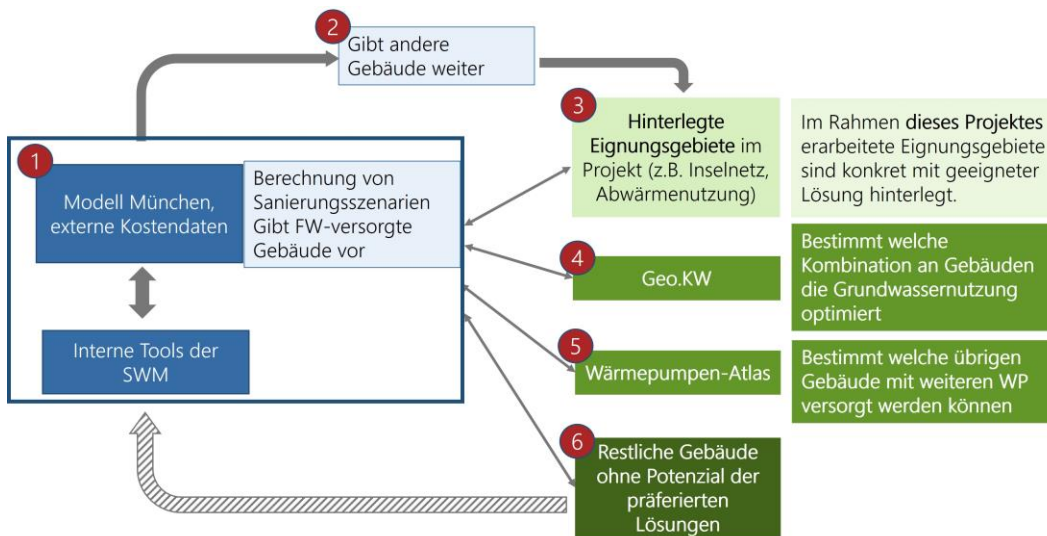


Abbildung 2-6: Aktuelle Überlegungen zur Verschneidung der Tools

Im Vorgängerprojekt hat sich, basierend auf den ermittelten CO₂-Verminderungskosten, die Grundwasser-Wärmepumpe als zu favorisierend gegenüber Luft-Wärmepumpen herausgestellt /FFE-79 21/. Daher wird der Datensatz mit Gebäuden, die weder an die Fernwärme angeschlossen werden noch sich in einem besonderen Eignungsgebiet befinden, im nächsten Schritt daraufhin untersucht, ob hier eine Grundwasser-Wärmepumpe genutzt werden kann (Schritt 4). Dies geschieht durch eine Verschneidung der regional aufgelösten Bedarfsdaten der Gebäude mit den Grundwasser-Potenzialdaten aus dem Tool Geo.KW.

Aktuell wird in den Daten aus Geo.KW der Effekt der Grundwasser-Wärmepumpen aufeinander beachtet. In der einhergehenden Optimierung wird berechnet wo die Anlagen bezogen auf alle Gebäude in München am effizientesten wären. Für die kommunale Wärmeplanung müssen die bereits mit Fernwärme oder anderen Lösungen versorgten Gebäude (Schritt 1 bzw. Schritt 3) jedoch aus der Optimierung ausgeschlossen werden, damit nicht die Gefahr besteht, dass sich hierdurch das Potenzial zur Nutzung von Grundwasser-Wärmepumpen für alle anderen Gebäude reduziert. Somit muss hier eine Kopplung der Datensätze aus dem Modell München nach Schritt 3 und Geo.KW erfolgen.

Nachdem alle Gebäude, bei denen dies möglich ist, mit einer Grundwasser-Wärmepumpe ausgestattet wurden, werden die noch nicht mit einer Versorgungslösung ausgestatteten Gebäude in Schritt 5 mit den Potenzial-Kenndaten zur Nutzbarkeit von weiteren Wärmepumpen aus der Wärmepumpen-Ampel verschnitten. Somit wird auch diese Technologie auf die hierfür geeigneten Gebäude in München verteilt.

Nach dieser Technologie-Kaskade erfolgt die kritische Prüfung, ob nun alle Gebäude bereits mit einer Versorgungslösung ausgestattet sind. Die Gebäude, welche keine Versorgungsoption erhalten haben, werden genauer untersucht, zum Beispiel dahingehend, ob nicht doch eine der zuvor genannten Lösungen umsetzbar ist oder ggf. wirklich nur der Einsatz von Biomasse die Versorgung ermöglichen kann.

3 Bestandsanalyse Gebäude und Wärmebedarfe

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung gilt es, eine individuell auf München zugeschnittene Strategie zu entwickeln. Daher bedarf es einer validen Datenbasis der aktuellen wärmeseitigen Gegebenheiten. Als Datenbasis der Bestandsanalyse dient das Modell München, welches in Steckbriefform im Kapitel 2.1.1 beschrieben wird. Nachfolgend wird zunächst der Hintergrund zur gemeinsamen Nutzung des Modells München zwischen LHM und SWM beschrieben (siehe Kapitel 3.1). Darin werden erfasste Daten über den Ist-Stand der Kommune zum Gebäudebestand der Stadt und der baulichen Substanz veranschaulicht (siehe Kapitel 3.2).

In Kapitel 3.3 wird auf die für die Wärmeversorgung benötigte Lieferenergie je Gebäude eingegangen, wobei die auf Basis von Gebäudemerkmalen errechneten Verbräuche mit den real gemessenen Verbräuchen abgeglichen werden. Vor dem Hintergrund des übergeordneten Klimaschutzziels für München wird anschließend der Status Quo des Endenergieverbrauch und der Emissionen (siehe Kapitel 3.4) analysiert.

Die nachfolgenden Ausführungen zur Bestandsanalyse wurden zumeist direkt mit dem Modell München erstellt. Sie sollen einen Überblick über die Ist-Situation in München geben und die Möglichkeiten des Modell München aufzeigen. Das Modell München dient grundsätzlich zur dynamischen Analyse von Zusammenhängen, sodass u. a. auf die Ebenen der Stadt, der Stadtbezirksteile, Stadtbezirksviertel, Postleitzahlen, Baublöcke, Flurstücke oder sogar bis auf einzelne Gebäude bzw. auf individuelle Gruppierungen der zuvor genannten Ebenen geblickt werden kann. Dies ermöglicht es, u. a. schnell die jeweils regionalen Gegebenheiten zu erfassen. Nachfolgend wird zumeist die Ebene der Baublöcke gewählt, um den zuvor dargestellten Belangen des Datenschutzes gerecht zu werden.

Im Modell München sind die Zubauszenarien aus der Studie „Klimaneutrale Wärme München 2035“ /FFE-79 21/ enthalten, ebenso wird der Bevölkerungszuwachs bei der Verteilung der Personen auf die Gebäude berücksichtigt.

3.1 Gemeinsame Datennutzung zwischen SWM und LHM

Die SWM stellen das Modell München der LHM zum Zweck der kommunalen Wärmeplanung zur Verfügung. Die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung auf Basis möglichst detaillierter Daten erbringt eine hohe Qualität der Ergebnisse – eine zu starke Aggregation würde zu Unschärfen und womöglich zu Ineffizienzen bei den daraus abgeleiteten Maßnahmen führen. In diesem Rahmen wurde zwischen LHM und SWM bereits ein Konzept für den Zugriff auf die IT-Infrastruktur des Modell München durch Dritte erstellt. Bei der Analyse einzelner Gebäude und Flurstücke im Modell München kann ein Personenbezug nicht ausgeschlossen werden, sodass hier entsprechende Vorkehrungen zu treffen waren. Zudem müssen bei zahlreichen Daten im Modell München die Belange der kritischen Infrastruktur, des Betriebsgeheimnisses und des Unbundlings berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund haben die SWM und das RKU einen Vertrag erstellt, der die zuvor genannten Belange berücksichtigt, aber dennoch ausreichende Freiheitsgrade bei der Nutzung des Modell München gewährleistet. Dieser Vertrag wurde sehr gewissenhaft und

umfassend mit Datenschützer:innen, Jurist:innen und Steuerexpert:innen der LHM und SWM abgestimmt. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Zwischenberichts liegt eine unterschriftsreife Fassung des Vertrags vor. Konkret wird durch den Vertrag ein namentlich benannter Personenkreis beim RKU bestimmt, der auch gebäudescharfe Daten des Modell München zum Zweck der kommunalen Wärmeplanung einsetzen kann. Hierzu gehören die genutzten Energieträger der Gebäude und deren Verbräuche, wobei keine tatsächlich gemessenen, sondern errechnete Verbräuche zugänglich sind. Deren Berechnung wurde vorab aufwändig kalibriert, sodass sie zwar sehr genau sind, jedoch kein individuelles Nutzerverhalten einzelner Personen nachbilden. Des Weiteren kann ein erweiterter Personenkreis diese Energiedaten auf der Ebene von Baublöcken, somit durch Straßen eingegrenzte Bereiche, für den Zweck der kommunalen Wärmeplanung nutzen.

3.2 Gebäudebestand

Im Modell München sind demografische Daten zur Anzahl von Einwohner:innen und Haushalten pro Baublock hinterlegt. Da Baublöcke unterschiedlich groß sein können, machen neben der Darstellung der Anzahl von Einwohnern und Haushalten auch Verhältniskennzahlen für die Visualisierung Sinn, beispielsweise die Anzahl der Einwohner:innen bzw. Haushalten je m^2 Gesamtfläche des Baublocks oder je m^2 der in einem Baublock vorhandenen Wohnfläche. Abbildung 3-1 zeigt beispielhaft die entsprechenden Heatmaps für die Anzahl an Einwohner:innen in einem Baublock bzw. die Anzahl der Einwohner:innen je m^2 Gesamtfläche der jeweiligen Baublöcke. Hier zeigen sich unterschiedliche Färbungen der Karten. Da die Baublöcke in Zentrumsnähe tendenziell dichter als am Stadtrand besiedelt sind (weniger Freiflächen), tritt in der rechten Karte die stärkere Rotfärbung vor allem in Zentrumsnähe auf. Ähnlich dicht besiedelte Wohnflächen gibt es auch in weiteren Teilen der Stadt. Im Modell München kann beliebig in derartige Kartenansichten hineingezoomt werden, um regionale Details besser zu analysieren.

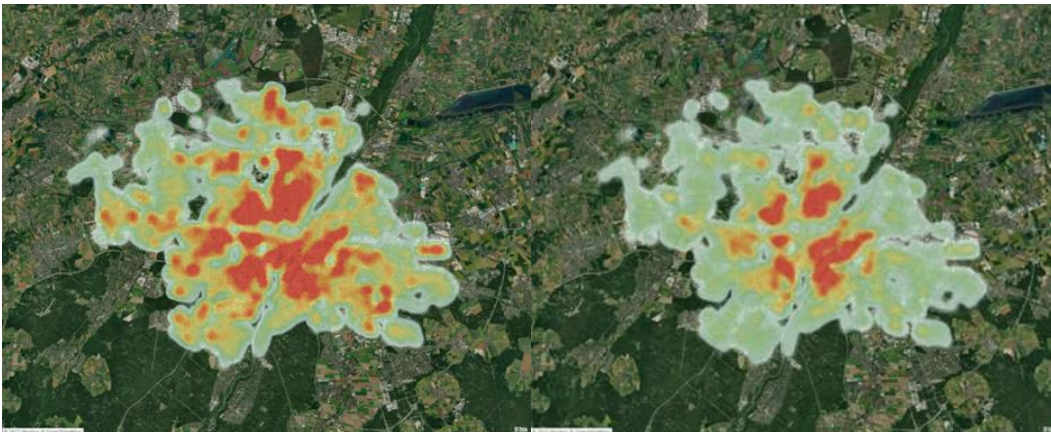


Abbildung 3-1: Heatmap der Anzahl Einwohner in einem Baublock vorhandener Wohnfläche (links) und der Anzahl Einwohner je m^2 Gesamtfläche pro Baublock (rechts)

Baublöcke in Zentrumsnähe sind zudem häufig enger bebaut als am Stadtrand, was in Abbildung 3-2 in Form des Anteils aller Gebäudegrundflächen an der zugehörigen Baublockfläche dargestellt ist.

Die Baublöcke können auch hinsichtlich ihrer Strukturtypen beschrieben werden. Ein Strukturtyp ist beispielsweise die Reihenhausbauung, Blockrandbebauung, Parkanlagen,

etc. Insgesamt existieren in den Datensätzen der SWM 45 verschiedene Strukturtypen, wobei einem Baublock mehrere Strukturtypen zugewiesen sein können. Die Daten zu den Strukturtypen im Modell München wurden durch das RKU bereitgestellt. Zudem haben die SWM die Strukturtypen aller Baublöcke im Rahmen einer eigenen Recherche aktualisiert und im Nachgang in Abstimmung mit der FfE zu 8 zusammengefasst. In Abbildung 3-3 sind alle Baublöcke, die Einfamilienhäuser bzw. Doppelhaushälften (links) oder Geschossbaukomplexe (rechts) enthalten, blau eingefärbt.

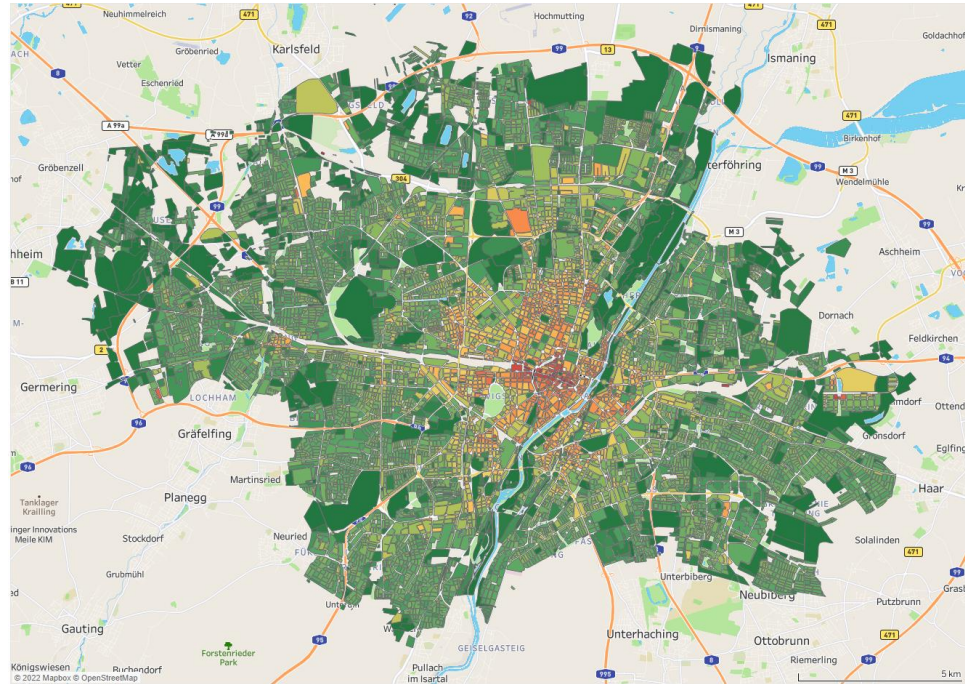


Abbildung 3-2: Bebauungsdichte der Baublöcke (rot = nahe 100 %, dunkelgrün = nahe 0 % bzw. unbebaut)

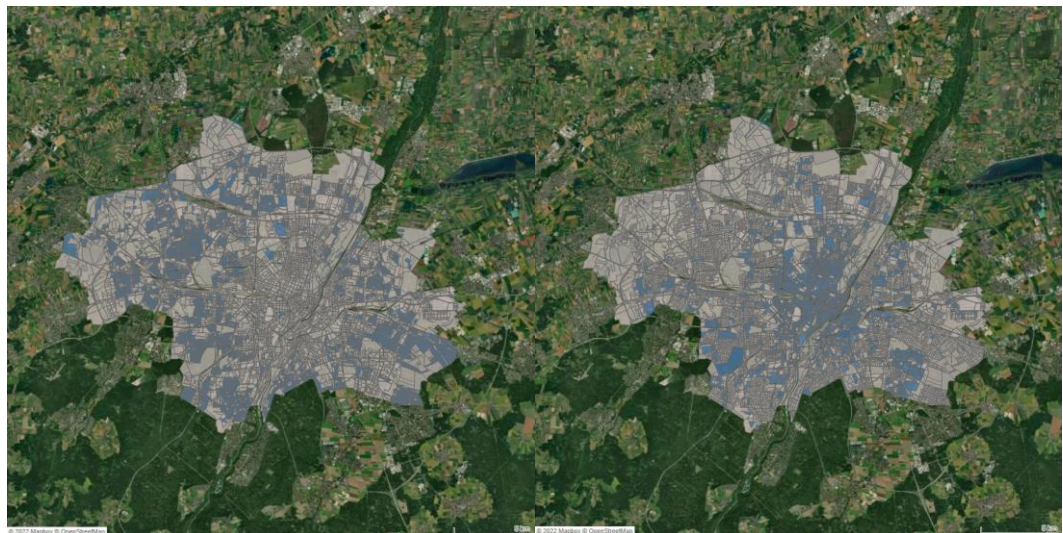


Abbildung 3-3: Baublöcke nach vorhandenen Strukturtypen blau gefärbt (links mit Einfamilienhäusern bzw. Doppelhaushälften, rechts mit Geschossbaukomplexen)

Die Analyse von Baublöcken nach den Strukturtypen erlaubt eine erste Einschätzung regionaler baulicher Gegebenheiten. Für Detailbetrachtungen ist es zusätzlich zielführend, weitere Kennzahlen einzubeziehen. Hierzu gehören u. a. die Anzahl der Gebäude mit ihren

Nutzungsarten, die Gesamtflächen sowie die Wohnflächen der Gebäude, die Anzahl der Stockwerke und Wohneinheiten sowie das Gebäudealter. Beispielhaft ist Abbildung 3-4 die beheizte Fläche je Baublock für Wohngebäude bzw. für Wirtschaft und Gewerbe dargestellt. Besonders auffällig sind bei Wirtschaft und Gewerbe vereinzelte Baublöcke mit relativ viel beheizter Fläche. Hierbei ist zu erwähnen, dass die im Modell hinterlegte Nutzungsart der Gebäude durchaus Unschärfen unterliegt. So gibt es z. T. Mischnutzungen (Gewerbe im Erdgeschoss und Wohnen im Obergeschoss). Zudem können sich die in den Datenbeständen erfassten Nutzungsarten und zugehörigen Flächen mit der Zeit geändert haben oder es gibt Unschärfen bei der beheizten Fläche hallenartiger Strukturen.

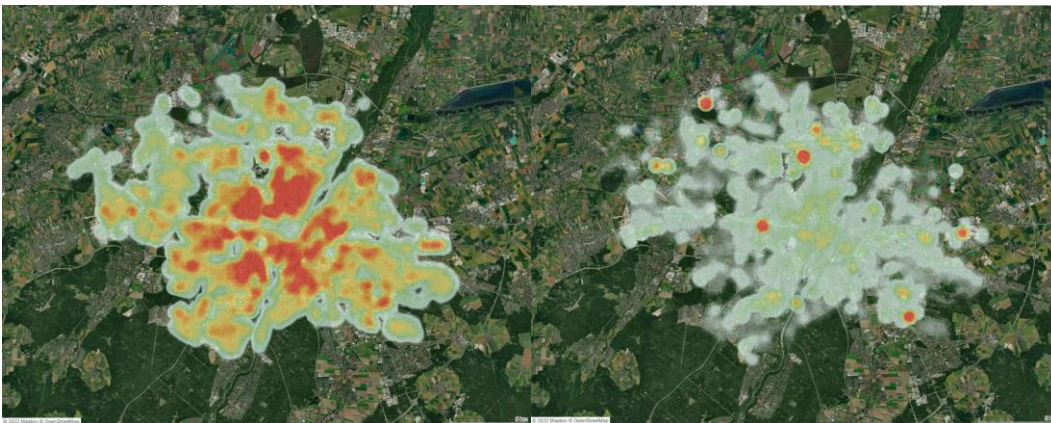


Abbildung 3-4: Heatmap der beheizten Fläche je Baublock (links nur Wohngebäude, rechts Wirtschaft und Gewerbe)

Eine weitere für die kommunale Wärmeplanung relevante Kennzahl ist das Gebäudealter. Dieses basiert zum Großteil auf der Gebäudedatenbank der LHM, welche den SWM von PLAN zur Verfügung gestellt wurde. Etwaige Datenlücken beim Gebäudealter wurden durch die SWM in einem Projekt mit der LMU (Institut für Statistik) mit Hilfe von Machine Learning geschlossen. Dabei hat sich u. a. das Alter der jeweils zu einem Gebäude führenden Wasserleitung als hilfreicher Indikator erwiesen (Details zum Vorgehen siehe /CAS-01 20/). Zudem erfassen die SWM regelmäßig Baustellen aus OpenStreetMap, um mögliche Gebäudeabrisse und Neubauten im Datenbestand zu erkennen, wobei derzeit für Gebäude, die nach 2014 errichtet wurden, keine Anzahl an Wohneinheiten im Modell München vorliegt.

In Abbildung 3-5 ist die Anzahl der Gebäude mit mindestens einer Wohneinheit nach Baujahren von 1930 bis 2014 dargestellt (hier konkret: Ersterstellungsjahr; es existiert auch ein Fertigstellungsjahr). Dabei wurden Gebäude nach ihrer Anzahl an Wohneinheiten gemäß einer Einteilung der FfE gruppiert (nur Einteilung nach Wohneinheiten; bei einer Mischnutzung aus Gewerbe und Wohnen wäre ein Gebäude ggf. nicht mehr als 'klein' zu bezeichnen): klein = 1 – 2 Wohneinheiten, mittel = 3 – 6 Wohneinheiten, mittelgroß = 7 – 12 Wohneinheiten, groß = >12 Wohneinheiten.

Es fällt auf, dass es in den Jahren 1948, 1957, 1960 und 1966 Spikes bei der Gebäudeanzahl gibt. Dies bedeutet nicht, dass hier eine besonders rege Bautätigkeit herrschte, vielmehr hatten Gebäude, die in bestimmten Perioden errichtet wurden, aufgrund des damaligen Vorgehens bei der Datenerfassung keine konkrete Angabe zum Baujahr, sodass diesen Gebäuden in der Gebäudedatenbank der LHM ein Jahr zugewiesen wurde. Nach den 1960ern tritt diese Unschärfe nicht mehr auf, sodass das Baujahr ein guter Indikator für die energetische Qualität der Gebäudehülle ist. Zudem werden im Modell München durchschnittliche Lebensdauern von Bauteilen (u. a. Dach, Fenster, Fassade, Heizungsanlage)

berücksichtigt. Das Baujahr ist auch hier ein wertvoller Indikator für Annahmen zu etwaigen Sanierungsaktivitäten. So ist beispielsweise davon auszugehen, dass bei Gebäuden aus den 1970ern mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits die Fenster getauscht wurden.

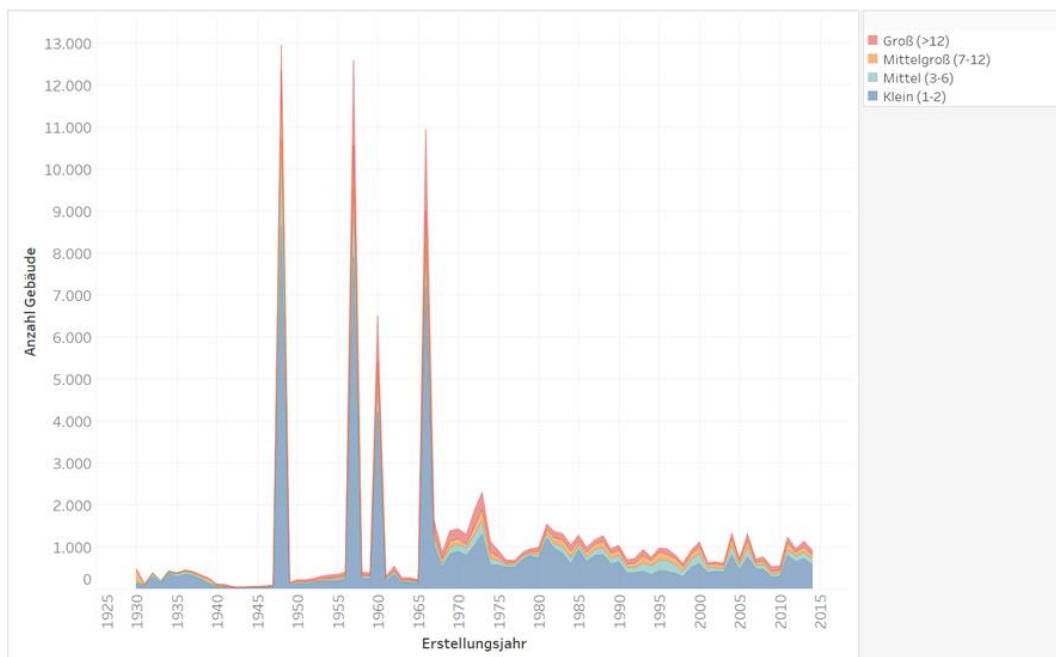


Abbildung 3-5: Anzahl Gebäude nach Baujahr und gruppiert nach Anzahl Wohneinheiten

Statt nach der Anzahl an Wohneinheiten werden in Abbildung 3-6 die Gebäude nach der Nutzungsart klassifiziert. Der Übersichtlichkeit halber wurde hier nach reinen Wohngebäuden, nach Gebäuden für Wirtschaft und Gewerbe (inkl. Mischnutzungen mit Wohneinheiten) sowie nach sonstigen Gebäuden (Bildungseinrichtungen, Kirchen, etc.) gruppiert.

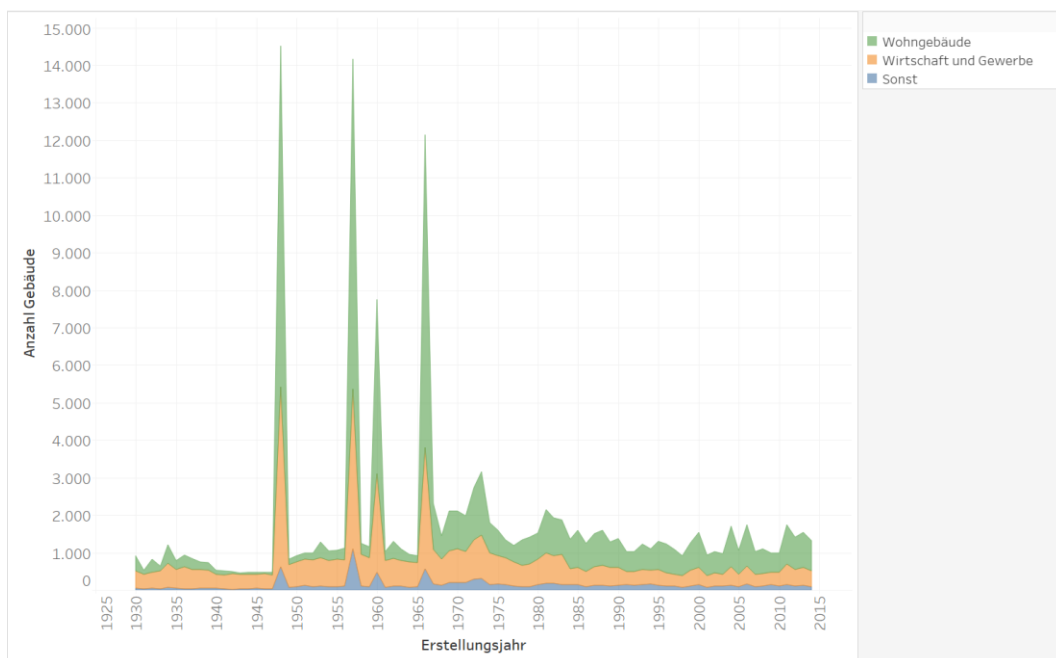


Abbildung 3-6: Anzahl Gebäude nach Baujahr und gruppiert nach der Nutzungsart

Eine regional nach Baublöcken aufgelöste Darstellung des Baujahres (hier der Median der Baujahre aller Gebäude in einem Baublock) ist in Abbildung 3-7 zu finden. Durch ein

Hineinzoomen im Modell München können derartige Betrachtungen auch gebäudescharf erfolgen.

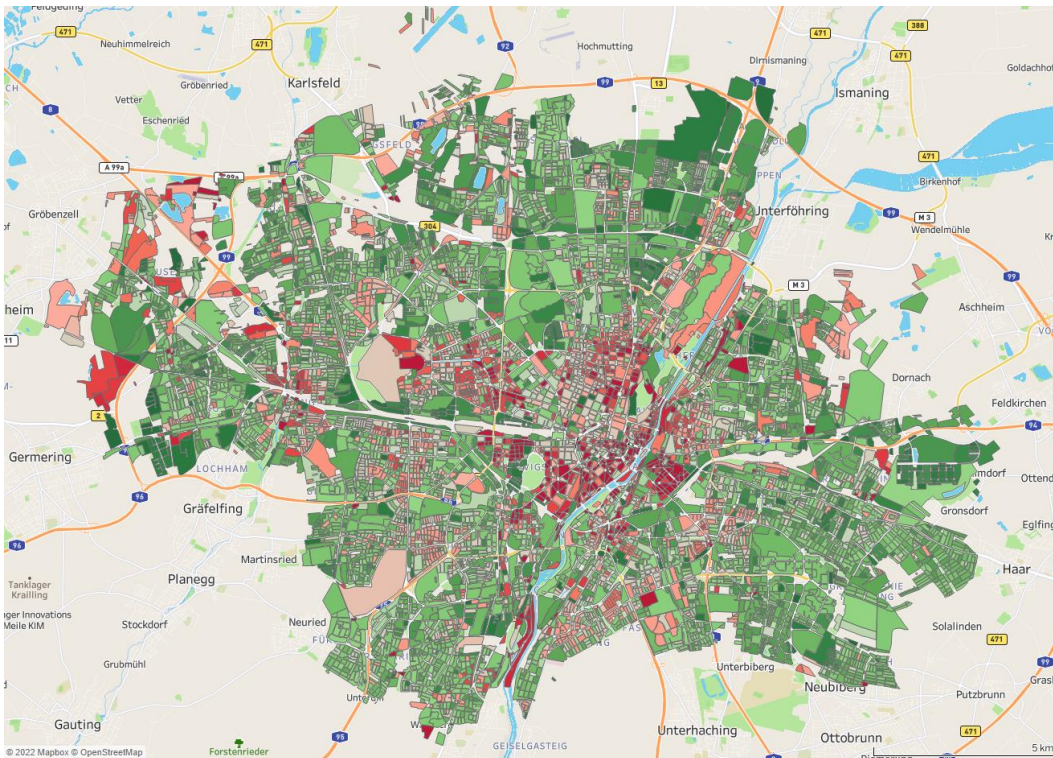


Abbildung 3-7: Baublöcke mit dem Median der Baujahre

3.3 Analyse der Wärmeversorgung

Wie eingangs erläutert, dürfen u. a. aus Gründen des Datenschutzes derzeit keine gemessenen Verbräuche für die kommunale Wärmeplanung durch die LHM genutzt werden. Für die zielgerichtete Ableitung konkreter Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele ist es jedoch wichtig, möglichst genaue und somit nach Möglichkeit gebäudescharfe Daten zu verwenden. Aus diesem Grund haben die SWM das in das Modell München integrierte Gebäudesimulationsmodell Invert/EE-Lab der TU Wien eingesetzt, um auf Basis der individuellen Gebäudemerkmale wie opake Fläche, Ausrichtung, Gebäudealter, Nutzungsart, Rauminnentemperatur, beheizte Fläche, etc. einen gebäudescharfen Wärmebedarf zu errechnen, der möglichst nahe an gemessenen Werten liegt, ohne dabei individuelle Nutzerprofile zu erstellen (Details siehe /WSEAS-01 22/).

Bei der initialen Berechnung unter der Annahme von Standardparametern aus der Literatur inkl. einer zusätzlich unterstellten Minderbeheizung bei älteren Gebäuden und höheren Rauminnentemperaturen bei neueren Gebäuden, kam es vor allem bei älteren Gebäuden und bei neuen Gebäuden zu signifikanten Unterschieden. Die gemessenen Werte der älteren Gebäude waren deutlich geringer als die errechneten Werte, die gemessene Werte neuer Gebäude waren deutlich höher als die errechneten Werte. Vor diesem Hintergrund wurden einige Gebäudeparameter bei den einzelnen Gebäudealtersklassen angepasst (z. B. Rauminnentemperatur, beheizte Fläche, U-Werte der Bauteile, wie z. B. die Dämmung der oberen Geschossdecke bei Altbauten). Hierdurch konnten die errechneten gebäudescharfen Verbräuche den gemessenen Verbräuchen angenähert werden. Abbildung 3-8 zeigt den Vergleich beider Werte, wobei auf der x-Achse die beheizte Fläche und auf der y-Achse die

spezifische Lieferenergie abgetragen ist. Erwähnenswert ist, dass das Angleichen der errechneten Werte an die gemessenen Werte bei Gebäuden mit einer größeren beheizten Flächen, meist folglich mehr Bewohner:innen und mehr Wohneinheiten, sehr viel besser funktioniert als bei Flächen bis 100 m². Denn bei größeren Flächen mit typischerweise mehr Wohneinheiten und Personen, gleicht sich das individuelle Nutzerverhalten einzelner Personen aus.

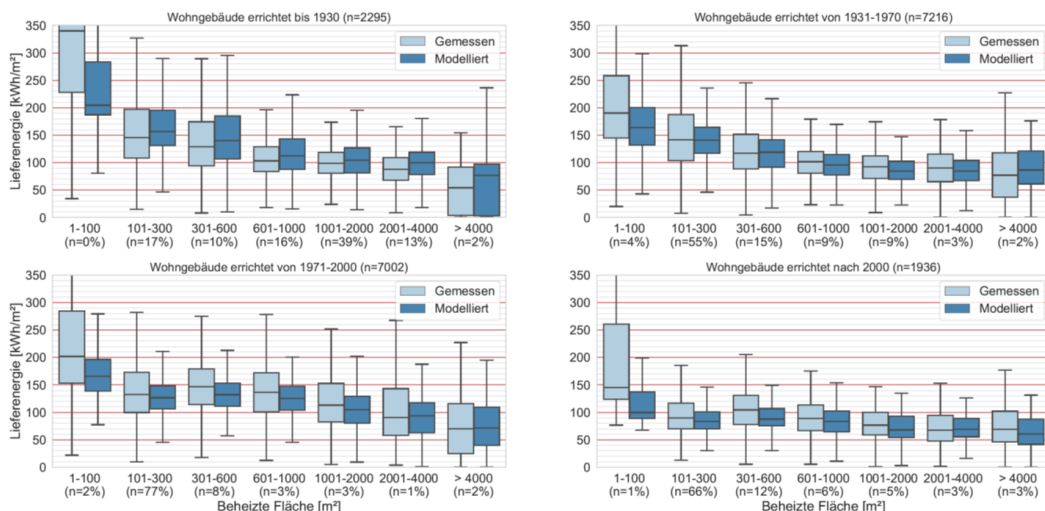


Abbildung 3-8: Vergleich von berechnetem und gemessenem Lieferenergiebedarf für Wohngebäude in verschiedenen Altersklassen mit Fernwärme und Erdgasversorgung nach beheizter Fläche (n=18.449)

Die beiden derzeit am häufigsten genutzten Energieträger in München sind Erdgas und Fernwärme. Betrachtet man die Gebäudestruktur hinsichtlich der Anzahl an Wohneinheiten für Erdgas und Fernwärme in Abbildung 3-9, so fällt auf, dass die Fernwärme häufig in Gebäuden mit einer Vielzahl an Wohneinheiten eingesetzt wird, weil dort die Wärmebedarfsdichte entsprechend hoch ist. Zu beachten ist, dass es sich bei der Abbildung um eine Analyse bzgl. der Wohneinheiten handelt – es gibt zusätzlich zahlreiche beheizte Gebäude ohne Wohnnutzung. Zudem ist die konkrete Abgrenzung sich berührender Gebäude gerade bei dicht besiedelten Strukturen nicht immer eindeutig möglich.

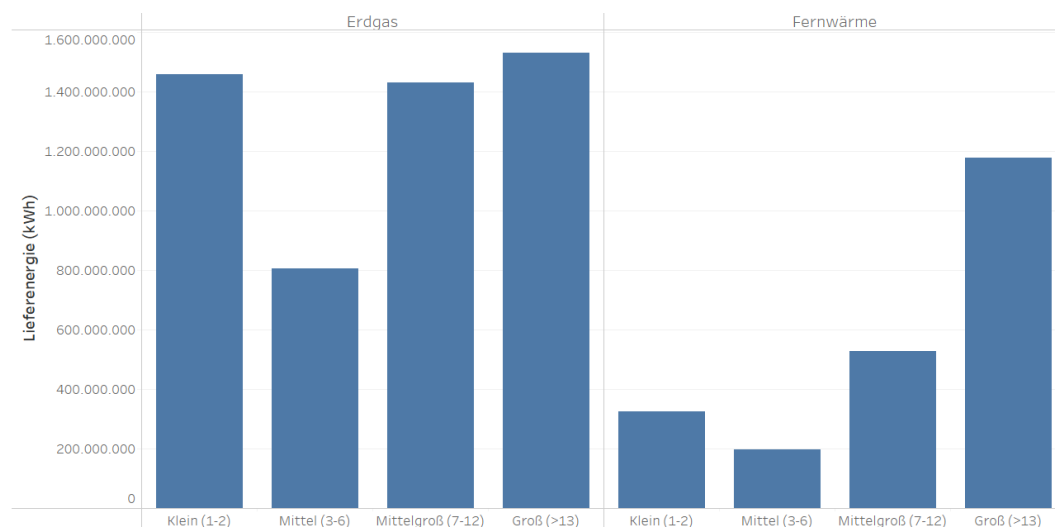


Abbildung 3-9: Aufteilung der Lieferenergie von Erdgas und Fernwärme und gruppiert nach der Anzahl an Wohneinheiten

Aufgeteilt nach den Baujahren (siehe Abbildung 3-10) zeigt sich im Vergleich der Lieferenergie für Erdgas und Fernwärme, dass noch zahlreiche ältere Gebäude mit einer tendenziell weniger guten energetischen Qualität der Gebäudehülle signifikante Mengen an Erdgas nutzen.

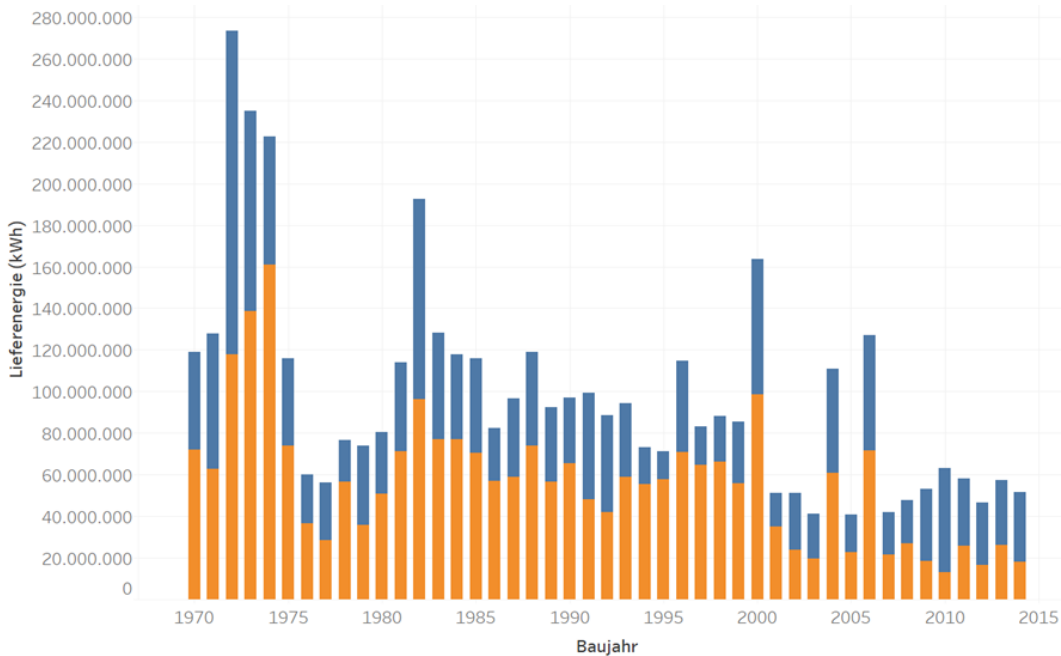


Abbildung 3-10: Aufteilung der Lieferenergie von Erdgas (orange) und Fernwärme (blau) nach Baujahren

Das gesamte Fernwärmegebiet ist in Abbildung 3-11 mit seinem Dampfnetz und den Heizwassernetzen abgebildet. Zudem sind die Standorte der Heizkraftwerke und Geothermie-Anlagen dargestellt.

Die Analyse des Endenergiebedarfes zeigt die in München bereits vorhandene funktionsfähige Infrastruktur und Technik zur Bereitstellung der Wärme an den Verbrauchsstellen auf. Diese Auswertungen finden somit Eingang bei der Identifikation von möglichen regionalisierten Lösungen inklusive geeigneter Sanierungsmaßnahmen.

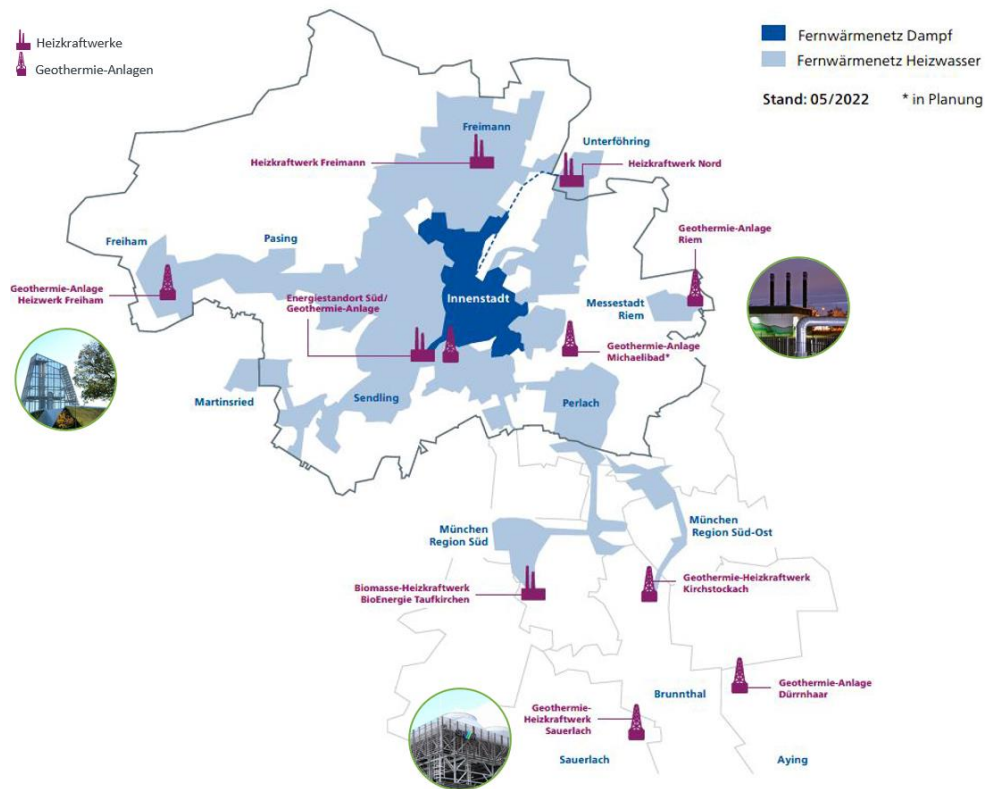


Abbildung 3-11: Dampfnetz und Heizwassernetze sowie Standorte der Heizkraftwerke und Geothermieanlagen

3.4 Emissionsbilanz

Zur Identifikation von Bereichen mit besonderer Hebelwirkung für die Emissionsreduktion, sind natürlich insbesondere der aus der Wärmeversorgung resultierenden CO₂-Emissionen von Bedeutung.

Abbildung 3-12 zeigt die Lieferenergie (für Wärmepumpen nur Strom, keine Umweltwärme) für die verschiedenen Energieträger, wobei diese zusätzlich nach den Gebäudenutzungsarten aufgeteilt sind. Wie bereits erläutert, stellen Erdgas und Fernwärme die beiden dominierenden Energieträger in München dar. Demgegenüber sind die Anteile von Strom bei Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen sehr gering. Während davon auszugehen ist, dass der Anteil der Wärmepumpen in Zukunft stark steigt, ist bei Nachtspeicherheizungen ein kontinuierlicher Rückgang in historischen Daten zu beobachten.

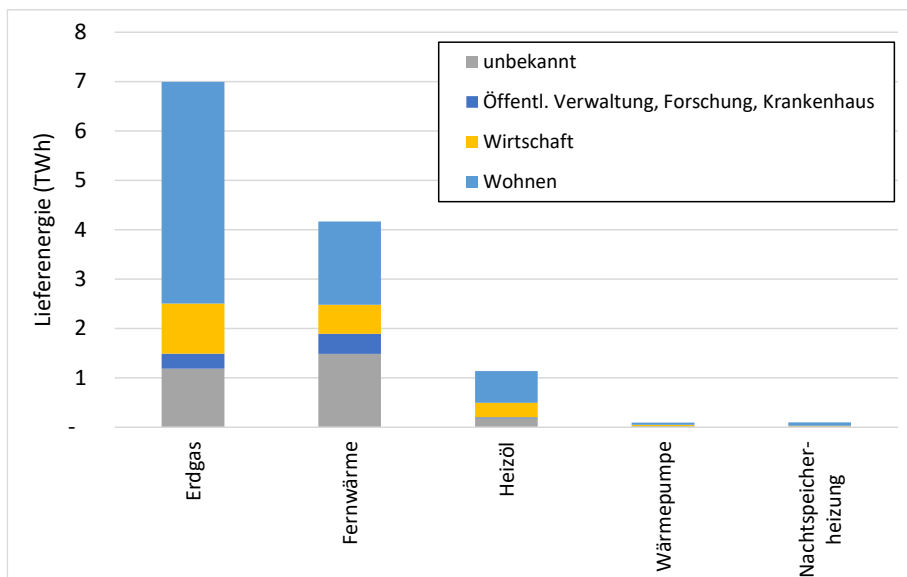


Abbildung 3-12: Lieferenergie aufgeteilt nach Gebäudenutzungsart und Endenergieträger

Auf Basis der vorherigen Abbildung wurden die Lieferenergiemengen mit den jeweiligen CO₂-Emissionsfaktoren bewertet (siehe Ergebnis in Abbildung 3-13). Für die Fernwärme existieren verschiedene Bewertungsmöglichkeiten – in der folgenden Abbildung sind die offiziellen CO₂-Emissionsfaktoren der SWM dargestellt². Hierbei wird individuell nach dem Wärmeverbundnetz München und dem Wärmenetz München Gebiet Messestadt Riem unterschieden. In Summe ergeben sich für München Emissionen in Höhe von ca. 1,9 Mio. t CO₂ pro Jahr für die Wärmeversorgung.

² <https://www.swm.de/geschaeftskunden/fernwaerme>

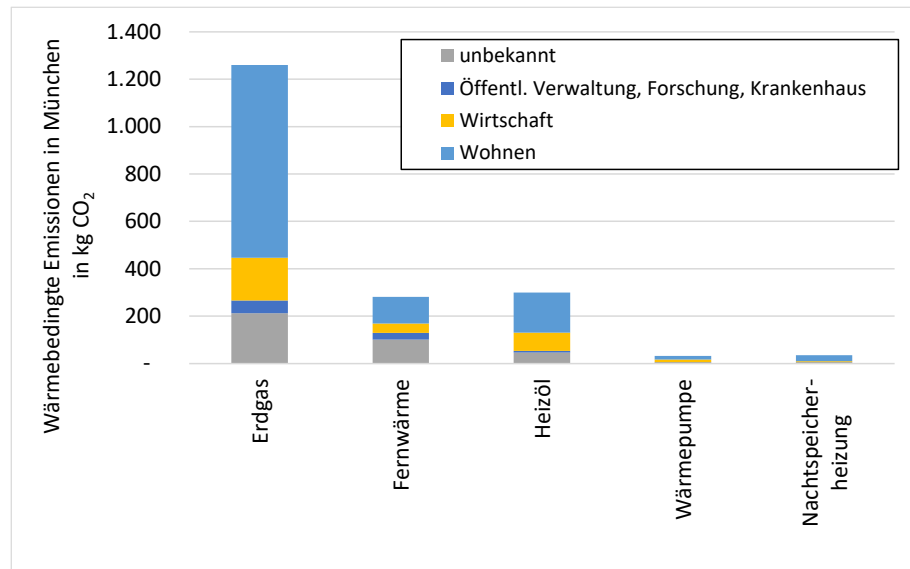


Abbildung 3-13: Emissionen der Wärmeerzeugung aufgeteilt nach Gebäudenutzungsart und Endenergieträger

4 Potenzial klimaneutraler Wärmequellen

Neben der Bedarfsanalyse ist in der kommunalen Wärmeplanung eine detaillierte und weitblickende Potenzialanalyse nötig, um räumlich aufgelöste Informationen über potenzielle Wärmequellen zu erhalten. Von besonderer Relevanz ist hierbei die lokale Verortung der Wärmequellen. Da die genaue Analyse der Wärmequellen häufig ein langwieriger Prozess ist, sollten diese Daten rollierend angepasst werden können.

In der Studie „Klimaneutrale Wärme München 2035“ /FFE-79 21/ wurden bereits Steckbriefe der verschiedenen klimaneutralen Wärmequellen erarbeitet und, wo möglich, zu dem dann bekannten Wissensstand als Potenzial-Bausteine aufbereitet. Größtenteils besitzen die damals genannten Daten weiterhin ihre Gültigkeit, weshalb im nachfolgenden Kapitel darauf aufgebaut wird. Ebenfalls wurden in /FFE-79 21/ bereits verschiedene Potenzialbegriffe eingeführt und erläutert, weshalb auch in dieser Studie das langfristig praktische Potenzial untersucht wird.

In den folgenden Kapiteln wird auf die einzelnen Potenziale der Wärmequellen eingegangen, sofern diese zum aktuellen Zwischenstand der Studiererstellung bereits verfügbar sind. Im Rahmen dieser Studie werden insbesondere in Kapitel 4.2 die Abwärmequellen aus Industrieunternehmen beleuchtet.

4.1 Ausstehende Aktualisierungen und nicht betrachtete Wärmequellen

Zu folgenden Potenzialdaten gibt es zum derzeitigen Zwischenstand keine Aktualisierungen gegenüber den Darstellungen in /FFE-79 21/, es finden aber teilweise noch Abstimmungen statt. Diese sind teilweise schon mit dem bestehenden Stand in das Modell München bzw. die Fernwärme-Modellierungstools der SWM integriert.

- Tiefen-Geothermie
- Solarthermie – aktuell erfolgt noch ein Abgleich zwischen /LHM-03 22/ und vorliegenden Daten der FFE
- Biomasse
- Biogas
- Müllverbrennung
- Abwärme aus weiteren GHD-Betrieben (Großverbraucher in separatem Kapitel bereits berücksichtigt), u.a. Supermärkten
- Flusswasser, aktuell erfolgt noch eine Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt
- Gereinigtes und ungereinigtes Abwasser sowie Klärschlammverbrennung, hierzu erfolgt noch eine Abstimmung
- Abwärme aus Kälteanlagen
- Tunnelthermie

4.2 Abwärme-Potenziale von Großverbrauchern – Zwischenstand

Im Rahmen der Potenzialanalyse sollte im Projekt insbesondere die Erhebung der Abwärmepotenziale von Großverbrauchern, somit Industriebetrieben, in den Fokus genommen werden, da hierzu weder bei LHM noch SWM Daten vorliegen. Es ist vorab zu

unterstreichen, dass zum aktuellen Zeitpunkt noch einige der angesetzten Termine mit den Unternehmen ausstehen.

Methodische Vorgehensweise

Zwar gibt es Portale, die abgeschätzte Potenziale industrieller Abwärme ausgeben. Diese Daten basieren jedoch meist auf theoretischen Werten, so dass die Genauigkeit nicht dem aktuell angestrebten Detailniveau der kommunalen Wärmeplanung für München entspricht. Daher sollte für eine individuelle und praxisnahe Bestimmung der Abwärmepotenziale, bezogen auf Wärmeleistungen, Temperaturen und Kontinuität, Befragungen von Industriebetrieben in München (insbesondere der dortigen Energieverantwortlichen) durchgeführt werden.

Die Identifikation relevanter Standorte erfolgte zunächst basierend auf den im Energienutzungsplan der LHM vorliegenden Informationen über potenzielle Abwärmelieferanten im Stadtgebiet. Dies wurde ergänzt durch eine manuelle Recherche zu weiteren potenziell einträglichen Betrieben, aufgrund der frei verfügbaren Informationsquellen, wie Luftbildaufnahmen und Erfahrungen der FfE in der Energieberatung diverser Industrieunternehmen in München.

Zur Abfrage der Daten bei den identifizierten Betrieben konnte der im Rahmen eines Projektes für die Stadtwerke Leipzig im Sommer dieses Jahres von der FfE erarbeitete Fragebogen für die Erhebung von Abwärmepotenzialen von Industriebetrieben als Grundlage genutzt werden. In Anlehnung daran wurde ein projektspezifischer Fragebogen erstellt und als Grundlage für die Abfrage von Potenzialdaten bei den ausgewählten Unternehmen im Münchener Stadtgebiet genutzt.

Mit den relevantesten Betrieben wurde zunächst telefonisch in Kontakt getreten und per E-Mail die wichtigsten Informationen weitergegeben. Bei Zustimmung und Interesse durch die entsprechende Ansprechperson wurde eine individuelle, zweistündige Webkonferenz zur Erhebung bzw. Validierung der Potenziale zur Abwärmebereitstellung durchgeführt. Im Rahmen des Termins wurden die Prozesse am Standort analysiert und mit Hilfe des zuvor durch das Unternehmen ausgefüllten Fragebogens mögliche Abwärmequellen identifiziert. Daraus resultierten Ergebnisse in Form von Kenndaten je Abwärmequelle, wie z. B. Temperaturen und Betriebszeiten, Abwärmeleistung, Medium, Volumenstrom etc., anhand derer eine Abschätzung der Potenziale abgeleitet werden kann.

Für die Möglichkeit einer Integration der Abwärmeströme in die Fernwärme folgt eine Abstimmung mit den SWM, um die Bedingungen vor Ort (Möglichkeit der Netzeinbindung, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit etc.) zu eruieren. Zur Ermittlung des ökonomischen Potenzials werden die benötigten technischen Komponenten und die hiermit einhergehenden Kosten in enger Absprache mit den SWM erhoben.

Basierend auf den bei der Abfrage gemachten Erfahrungen wird der Fragebogen gegebenenfalls weiter optimiert und im Anschluss den Ansprechpartner:innen seitens LHM zur Verfügung gestellt, um eigenständig weitere Potenzialdaten abzufragen.

Im Rahmen der im Endbericht geplanten Veröffentlichung der Endergebnisse wird eine Diskussion der Einschränkungen der Verlässlichkeit der Daten durch das Erhebungsverfahren durchgeführt.

Aktueller Stand

Im Juli und August wurden über 15 Unternehmen mit teilweise mehreren Unternehmensstandorten in München angefragt, ob Interesse an der Unterstützung des Projekts besteht. Aufgrund der Urlaubszeit, aber auch von krankheitsbedingten Ausfällen, verlief die Kommunikation teilweise verzögert ab. Mit Unternehmen der folgenden Branchen fand bereits ein detaillierteres Gespräch mit der entsprechenden Ansprechperson für Energie und Abwärme statt:

- zwei Unternehmen der Luft und Raumfahrttechnik
- drei Unternehmen von Fahrzeugherstellern bzw. Zulieferern mit insgesamt 5 Standorten
- ein Krankenhaus
- eine Metzgerei
- zwei Brauereien
- eine Bäckerei
- ein Unternehmen der Chip/Halbleiterbranche

Die geplanten zweistündigen Termine wurden bereits mit dem Krankenhaus, den zwei Unternehmen der Luft- und Raumfahrttechnik und einer Brauerei durchgeführt, wobei bei Letzterer betriebsbedingt ein Folgetermin im Dezember terminiert ist. Vom Krankenhaus liegen bereits die Abwärmepotenziale vor, bei den anderen beiden Unternehmen (Luft- und Raumfahrttechnik) erst teilweise, so dass diese hier noch nicht visualisiert werden können.

Der Automobilzulieferer betreibt bereits intern eine effiziente Wärme-Rückgewinnung, über welche auch geringere Temperaturen über ein Niedertemperatur-Netz verwertet werden können. Es liegen nach Aussage des Leiters des Facility Managements keine relevanten Abwärmepotenziale vor, welche an Extern abgegeben werden könnten. Auch bei der Metzgerei wird intern bereits ein Großteil der Wärme genutzt, daher liegen laut Aussagen der Energieverantwortlichen keine relevanten Abwärmepotenziale für eine externe Nutzung vor.

Bei den anderen Unternehmen stehen die gemeinsamen Termine noch aus, die Fragebögen wurden jedoch bereits vorab zugesendet, um den Termin effizient gestalten zu können.

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Motivation der Kontaktpersonen bei der Unterstützung für die Erstellung einer Strategie für eine klimaneutrale Wärmeversorgung hoch ist, jedoch aufgrund der aktuellen Energie-Situation aktuell nicht die höchste Priorität hat. Anhand der bisherigen Gespräche ist bereits jetzt zu vermuten, dass vor allem Potenziale im Niedertemperaturbereich (unter 50 °C) vorliegen.

Die finalen Ergebnisse werden mit dem Endbericht nachgeliefert.

4.3 Umweltwärme für Wärmepumpen

Während die Tools zur Ermittlung der Potenziale für die Nutzung von Grundwasser und Luft zuvor bereits im Detail beschrieben wurden, wird im Folgenden nur auf die insgesamt für München resultierenden Potenziale eingegangen.

4.3.1 Luft, Erdwärme und Solarwärme

Anhand der Wärmepumpen-Ampel wird für München untersucht, welche Wohngebäude durch die verschiedenen untersuchten Wärmepumpen-Technologien (Luftwärme, Erdwärme-Sonden und -Kollektor, Solarwärme) versorgt werden könnten. Dabei muss berücksichtigt

werden, dass nicht für alle Wohngebäude in München anhand der zugrunde gelegten Daten eine Potenzialüberprüfung möglich ist und das hier nur die Ergebnisse aus einer Verschneidung des aktuellen Wärmebedarfes mit den Potenzialen stattfindet. Wenn Gebäude in der Realität, und auch in den Simulationen im Projekt, saniert werden, so reichen die auf dem Grundstück vorhandenen Potenziale zur Nutzung von Wärmepumpen ggf. doch aus um der Bedarf zu decken.

In Abbildung 4-1 wird der Anteil des Wärmebedarfs gezeigt, welcher durch jeweils eine der vier Technologien gedeckt werden kann. Dabei zeigt sich, dass das größte Potenzial zur Nutzung von Wärmepumpen in Ein- und Zweifamilienhäusern auftritt, gefolgt von den kleineren Mehrfamilienhäusern mit 3 - 6 Wohneinheiten. In Doppel- und Reihenhäusern führt der geringe Abstand zu den Nachbargebäuden dazu, dass sich das Potenzial für Luft-Wärmepumpen reduziert. Zusätzlich verfügen diese Gebäudetypen meist über kleine Grundstücksflächen, was das Potenzial der Erdwärme-Wärmepumpen einschränkt.

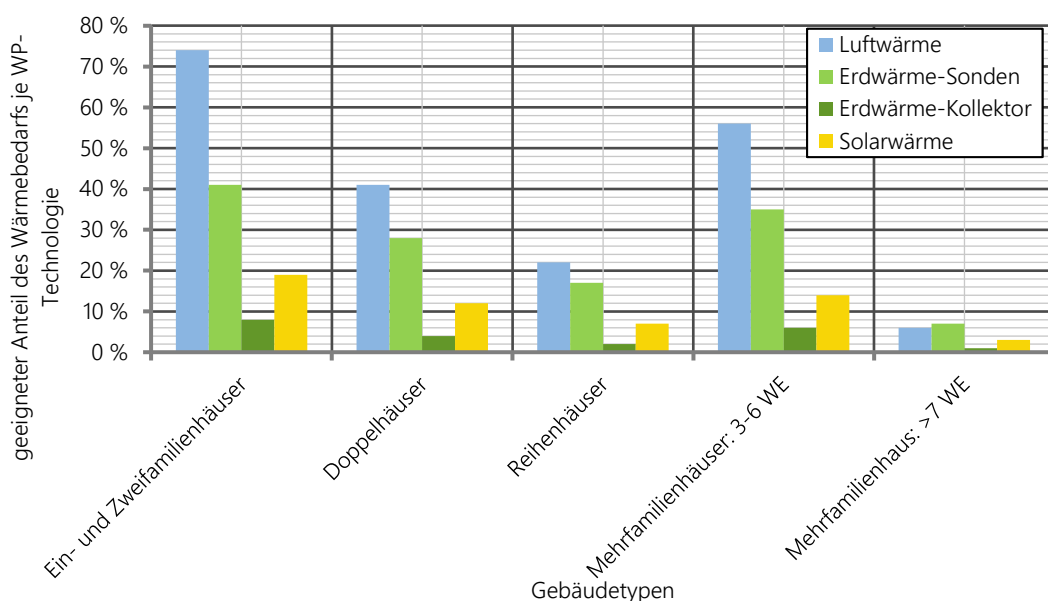


Abbildung 4-1: Anteil des Wärmebedarfs je Gebäudetyp für verschiedene Wärmepumpen-Technologien geeigneter, untersuchter Wohngebäude, aufgeteilt nach Gebäudetypen – Quelle: Wärmepumpen-Ampel /FFE-67 22/

Große Mehrfamilienhäuser sind gekennzeichnet durch einen hohen Wärmebedarf bei geringem freiem Platz und haben daher im Status quo der jeweiligen energetischen Qualität ein niedriges Potenzial. Insgesamt ist Luftwärme durch den geringen Platzbedarf die deutlich verfügbare Wärmequelle, gefolgt von den Erd- und Solarwärmequellen. Hierbei sind Sonden und Solar-Eisspeicher-Wärmepumpen breiter einsetzbar als Kollektorfelder. Da Kollektorfelder größere Flächen im Außenbereich benötigen, ist ihr Potenzial am geringsten. Hierbei ist zu beachten, dass in München der Grundwasserspiegel so hoch ist, dass Sonden für Erdwärme wahrscheinlich nur selten bis gar nicht eingesetzt werden können. Ebenso können Kollektorfelder in der Stadt aufgrund des hohen Platzbedarfs nur selten realisiert werden. Daher werden die Potenzialdaten von Sonden und ggf. Kollektorfeldern nicht in die Modellierung im Projekt einbezogen, weiteres ist noch final zu prüfen.

In Abbildung 4-2 werden die Potenzialdaten der einzelnen Technologien gemeinsam betrachtet und untersucht, welcher Anteil des Wärmebedarfs durch mindestens eine der

Techniken gedeckt werden kann. Dies wird zum absoluten Wärmebedarf der untersuchten Wohngebäude in Relation gesetzt. Laut der Datenbasis benötigen die größten Gebäude mit Abstand die meiste Wärme, welche jedoch mit dem geringsten Anteil gedeckt werden kann. Wie auch in der technologiescharfen Bewertung liegen die Anteile der Ein- und Zweifamilienhäuser und der Mehrfamilienhäuser mit 3 - 6 Wohneinheiten mit 82 % bzw. 69 % am höchsten.

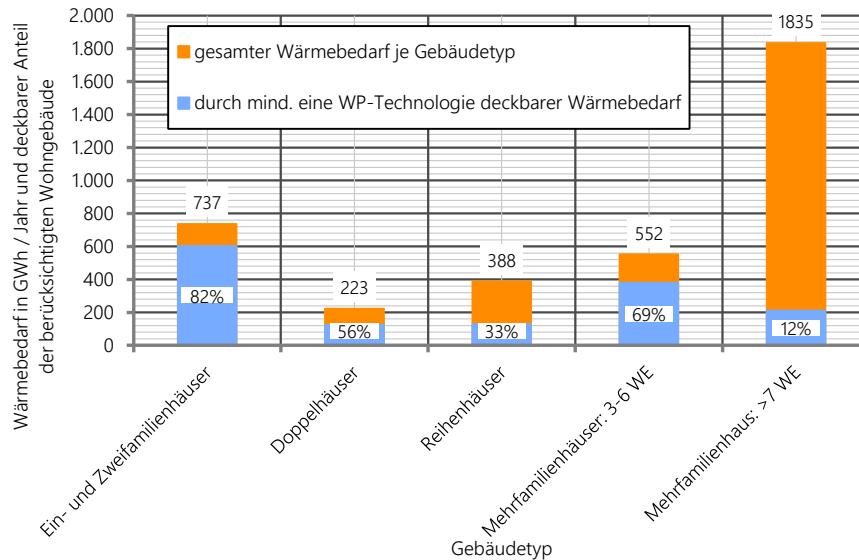


Abbildung 4-2: Wärmebedarf der Wohngebäude je Gebäudetyp und durch mindestens eine Wärmepumpen-Technologie deckbarer Anteil des Wärmebedarfs - Quelle: Wärmepumpen-Ampel /FFE-67 22/

4.3.2 Grundwasser

Für die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle haben die SWM dem Hydrogeologielehrstuhl der TU München die Shapes (= geografisch exakt verortete Formen) der Baublöcke, Flurstücke und Gebäude übermittelt. Mit Hilfe dieser Daten hat der Hydrogeologielehrstuhl die in Kapitel 2.1.2 beschriebene Optimierungsrechnung durchgeführt und die optimalen Positionen für Brunnenstandorte je Flurstück bestimmt (je ein Förder- und ein Schluckbrunnen). Auf Basis aller vorliegenden Daten konnte der Hydrogeologielehrstuhl anschließend die Leistung ermitteln, die pro Flurstück aus dem Grundwasser, beispielsweise in einer Wärmepumpe, genutzt werden kann. Hierbei wurden, die unter dem Punkt „Teilfunktionalitäten des Tools“ im Kapitel 2.1.2 beschrieben, messtechnisch erfassten und errechneten Daten berücksichtigt. Die Grundwassertemperaturen je Baublock werden exemplarisch in Abbildung 4-3 visualisiert. Die etwas höheren Temperaturen in der Innenstadt resultieren vor allem aus der Flächenversiegelung und der somit eingeschränkten Regeneration durch Niederschläge.

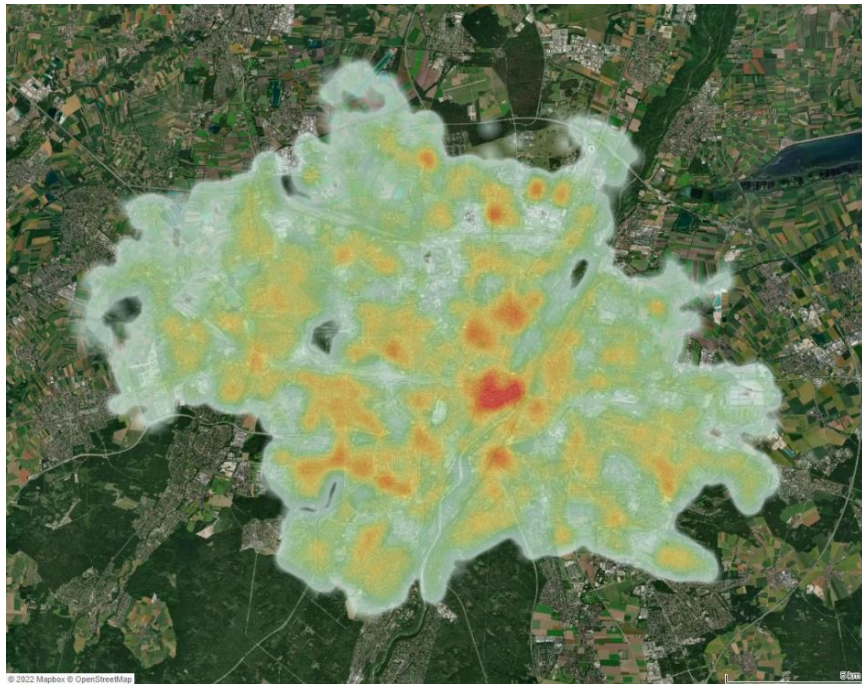


Abbildung 4-3: Heatmap der Grundwassertemperatur pro Baublock

In Abbildung 4-4 aus dem Modell München ist eine Heatmap der verfügbaren Leistung beispielhaft pro Baublock dargestellt, wobei eine Temperaturspreizung zwischen Förder- und Schluckbrunnen von 5 K unterstellt ist. Man erkennt deutlich, dass das Potenzial im Bereich des Stadtzentrums und in Bereichen westlich der Isar weniger stark ausgeprägt ist. Dies hat vielfältige Ursachen, u. a.:

- Zu dichte Bebauung, so dass keine Brunnen gebohrt werden können bzw. zu geringe Abstände zwischen den Brunnenpaaren, wodurch bei zu großen Entnahmemengen ein hydraulischer Kurzschluss zwischen Förder- und Schluckbrunnen auftreten würde.
- Begrenzungen bei der maximalen Wasserentnahmemenge, da das Grundwasser durch den Förderbrunnen sonst zu stark abgesenkt bzw. beim Schluckbrunnen zu stark angehoben wird.
- Lokal geringere Durchflussmengen durch den Grundwasserkörper sowie geringere Grundwassertemperaturen.

Grundsätzlich sei angemerkt, dass sich die hinsichtlich der Grundwassernutzung weniger potenzialbehafteten Baublöcke bzw. Flurstücke zum Großteil im Fernwärmegebiet befinden bzw. in dessen Nähe liegen. Auf der anderen Seite sind in perspektivisch nicht fernwärmeversorgten Gebieten häufig attraktive Grundwasserpotenziale vorhanden. Allein vor diesem Hintergrund wird der Nutzen der kommunalen Wärmeplanung deutlich, da sie die Grundwasserpotenziale und die Ausbauplanung der Fernwärme ganzheitlich betrachtet, um Ineffizienzen bei der Transformation des Wärmesektors in München zu vermeiden.

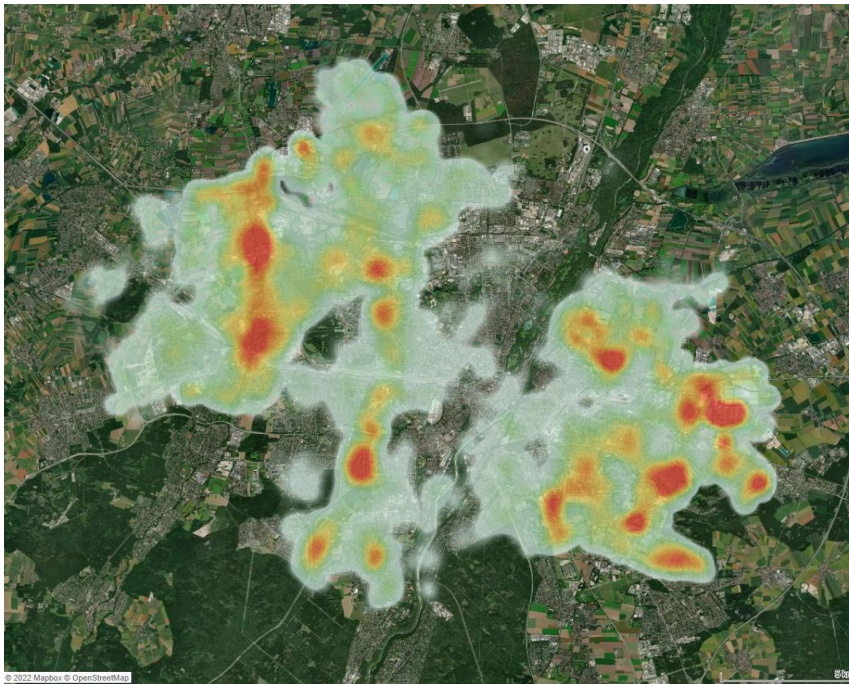


Abbildung 4-4: Heatmap der verfügbaren Leistung pro Baublock bei 5K-Spreizung zwischen Förder- und Schluckbrunnen

Zum jetzigen Zeitpunkt wurden die statische Potenziale pro Flurstück und Baublock ermittelt, die maximal zur Verfügung stehen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung steht der zweite Schritt, die Optimierungsrechnung (vgl. Kapitel 2.1.2), jedoch noch aus, in der die Potenzialgrenzen durch die etwaige gegenseitige Beeinflussung einzelner Wärmepumpen berücksichtigt werden. Derartige Untersuchungen wurden bereits im Forschungsprojekt „Geo.KW“ durchgeführt – sie werden auf die kommunale Wärmeplanung adaptiert.

Weiterhin wird in einem eigenen Forschungsprojekt „Grid4Electrification“ analysiert, welchen Einfluss Wärmepumpen auf das Stromnetz haben und wo wann welcher Ausbaubedarf besteht, um hier Potenzialgrenzen vorausschauend zu vermeiden. Am Projekt ist neben den SWM die Hochschule Augsburg beteiligt.

5 Geplantes weiteres Vorgehen

Es ist geplant die Bestandsanalyse (Kapitel 3) und die Potenzialanalyse (Kapitel 4) bis zum Jahresende abzuschließen. Dabei ist zu beachten, dass Zuarbeiten und Abstimmungen mit verschiedenen externen Kontaktpersonen erforderlich ist, was zu zeitlichen Verzögerungen führen kann. In der Potenzialanalyse werden insbesondere noch die zur Aktualisierung ausstehenden Potenziale (vgl. Kapitel 4.1) diskutiert und final festgelegt. Die Potenziale der Bedarfssenkung (z. B. durch Sanierung) tragen ebenfalls dazu bei, den Wärmebedarf zu reduzieren, daher werden entsprechende Szenarien und Kostendaten genauer beleuchtet.

Als ersten Schritt der Entwicklung von Versorgungsszenarien werden basierend auf der vorliegenden Wärmebedarfsstruktur, den Möglichkeiten der Sanierung im jeweiligen Gebiet und den lokalen Potenzialen klimaneutraler Wärmequellen circa 10 Eignungsgebiete für verschiedene Arten der Wärmeversorgung abgeleitet. Die Eignungsgebiete bilden wiederum die Grundlage für die im November / Dezember 2022 startende Studie zur Wärmewendestrategie und das geplante Rechtsgutachten, da hier nach Eignungsgebieten ggf. differenzierte Instrumente und Maßnahmen ausgearbeitet werden und damit verbundene rechtliche Möglichkeiten einer Kommune beleuchtet werden sollen. Für die beiden Studien ist bereits Ende Dezember ein Zwischenbericht vorgesehen, der es erlauben soll, Eignungsgebiete näher zu charakterisieren bzw. die Möglichkeiten des Satzungsrechts aufzuzeigen (Rechtsgutachten).

Somit ist angestrebt im ersten Quartal 2023, im Abgleich mit den Ergebnissen aus den angelehnten Studien zur möglichen Nutzung des aktuellen juristischen Rahmens der Wärmewende, abzuleiten, welche Maßnahmen in den einzelnen Eignungsgebieten in welcher Geschwindigkeit umgesetzt werden können. Diese Parameter werden dann in das Modell München gegossen, woraus die techno-ökonomischen Ergebnisse berechnet werden können, welche dann analysiert und auch mit den anderen Teilprojekten reflektiert werden.

Die weiteren Ergebnisse der beiden Studien zu Rechtsrahmen und Wärmewendestrategie fußen auch auf den Simulationsergebnissen aus dem Modell München und werden somit geplant im Laufe des ersten Halbjahrs 2023 vorliegen. Dabei findet eine verstärkte Einbindung von Akteuren aus der Stadtverwaltung, den Eigenbetrieben und den Beteiligungsgesellschaften statt. Vor allem im Zusammenhang mit dem Rechtsgutachten ist hier auf die enge Zusammenarbeit mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung (PLAN) hinzuweisen.

Im Frühjahr soll der erwähnte Beteiligungsprozess mit interessierten Stakeholdern aus der Stadtgesellschaft stattfinden, der wiederum Eingang in die Studienergebnisse und eine weitere Beschlussvorlage im ersten Halbjahr 2023 finden soll. Diese Beschlussvorlage wird dann – voraussichtlich in Form einer Satzung – einen räumlich ausdifferenzierten Wärmeplan und eine darauf basierende Wärmewendestrategie beschließen.

Ein weiteres Arbeitspaket in diesem Projekt bildet die Einordnung des anstehenden Fachkräftebedarfs je Kompetenzbereich im Handwerk und in Genehmigungsbehörden zur Umsetzung der Wärmewende. Hierzu werden Experteninterviews geführt, um entsprechende spezifische Kennwerte zu bilden. Die LHM organisiert zur Zeit einen Runden Tisch zum Thema Fachkräftemenge.

6 Literatur

- CAS-01 20 Castell, Charlotte et al.: Vergleich von Machine Learning Ansätzen zur Ermittlung des Alters der Gebäude in München. In: Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften; Düren: Wittmann, Jochen, 2020.
- FFE-67 22 Greif, Simon et al.: Wärmepumpen-Ampel - Räumlich hochaufgelöstes Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpen in Deutschland zur Erreichung der Klimaziele. In <https://www.ffe.de/projekte/waermepumpen-ampel/>. (Abruf am 2022-10-27); München: FfE eV, 2022.
- FFE-69 22 Dossow, Patrick et. al.: European Application-oriented Energy and Emission Balances: <https://opendata.ffe.de/european-application-oriented-energy-and-emission-balances/>; München: FfE, 2022.
- FFE-79 21 Kleinertz, Britta et al.: Klimaneutrale Wärme München 2035 - Ermittlung der Möglichkeiten zur Umsetzung von Lösungspfaden für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in der Landeshauptstadt München. München & Freiburg: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH & Öko-Institut e.V., 2021.
- GEOKW-01 22 Zosseder, Kai: Geo.KW. In <http://www.geo-kw.de>. (Abruf am 2022-10-27); München: Technische Universität München, 2022.
- LHM-01 22 Sitzungsvorlage 20-26/ V 05040. In <https://risi.muenchen.de/risi/sitzungsvorlage/detail/6635836>. (Abruf am 2022-10-24); München: Landeshauptstadt München, 2022.
- LHM-03 22 Die aktuelle Solarpotenzialkarte für alle Gebäude in der Stadt. In <https://stadt.muenchen.de/infos/solarpotenzialkarte-muenchen.html>. (Abruf am 2022-10-26); München: Landeshauptstadt München, 2022.
- TUMT-01 22 Smajil, Halilovic et al.: GEO.KW – Effiziente thermische Nutzung des Grundwassers für die städtische Wärme- und Kälteversorgung. In <https://www.epe.ed.tum.de/ens/research/projects/current-projects/geokw/>. (Abruf am 2022-10-27); München: Technische Universität München (TUM), 2022.
- UBW-01 20 KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW): Kommunale Wärmeplanung Handlungsleitfaden. Stuttgart: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2020.
- WSEAS-01 22 Günther, Maik: Datenanalyse und Simulation zur gebäudescharfen Prognose von Wärmebedarfen und Heizungstechnologien in einer Großstadt. In: Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften; Düren: Wittmann, Jochen, 2022.