



 **greeninventory**



**20
35°**

Energienutzungsplan Ingolstadt

Abschlussbericht

28. Mai 2024

Herausgeber

greenventory GmbH
Georges-Köhler-Allee 302
79110 Freiburg im Breisgau
Telefon: +49 (0)761 7699 4160

E-Mail: info@greenventory.de

Webseite: www.greenventory.de



Auftraggeber

Stadt Ingolstadt
Stabsstelle Klima, Biodiversität & Donau
Mauthstr. 4
85049 Ingolstadt



Stadt Ingolstadt

Autoren:

Stefan Beck
David Fischer
Jan Hertlein
Arne Groß

Bildnachweise

© greenventory GmbH

Stand

Diese Studie wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft,
Landesentwicklung und Energie gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	6
1 Einleitung	12
1.1 Motivation	13
1.2 Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext	13
1.3 Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung in Ingolstadt	13
1.4 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug	14
1.5 Aufbau des Berichts	14
2 Fragen und Antworten	15
2.1 Was ist ein Energienutzungsplan?	15
2.2 Was ist ein Wärmeplan?	15
2.3 Gibt es verpflichtende Ergebnisse?	16
2.4 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?	16
2.5 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?	17
2.6 In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?	17
2.7 Schaffen wir die Treibhausgasneutralität?	18
2.8 Was ist der Nutzen eines Energienutzungsplans und der Wärmeplanung?	18
2.8 Was bedeutet das für Anwohner und Anwohnerinnen?	18
3 Bestandsanalyse	20
3.1 Kurzcharakteristik der Stadt Ingolstadt	20
3.2 Datenerhebung	21
3.3 Gebäudebestand	22
3.4 Energieverbrauchsstruktur	24
3.4.1 Wärmebedarf	24
3.4.2 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger	26
3.4.3 Eingesetzte Energieträger für Wärme	26
3.4.4 Stromverbrauch	27
3.4.5 Eingesetzte Energieträger für Strom	27
3.5 Energieerzeugungs- und -verteilstruktur	29
3.5.1 Strominfrastruktur	29
3.5.2 Gasinfrastruktur	30
3.5.3 Wärmenetze	31
3.8 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung und des Stromsektors	33
3.9 Zusammenfassung und Fazit	35

4 Potenzialanalyse	37
4.1 Erfasste Potenziale	37
4.2 Methode: Indikatorenmodell	38
4.3 Potenziale zur Stromerzeugung	41
4.4 Potenziale zur Wärmeerzeugung	43
4.5 Potenziale für Sanierung	46
4.6 Potenziale für Stromeinsparungen	48
4.7 Substitution von Erdgas und sonstiger fossiler Energieträger	49
4.8 Zusammenfassung und Fazit	49
5 Eignungsgebiete für Wärmenetze	51
5.1 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungsgebiete und Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen:	52
5.2 Eignungsgebiete in Ingolstadt	53
5.3 Eignungsgebiet "Innenstadt"	55
5.5 Eignungsgebiet "Ingolstadt Nordost"	57
5.6 Eignungsgebiet "Ingolstadt Nordwest"	59
5.7 Eignungsgebiet "GVZ"	61
5.8 Eignungsgebiet "Friedrichshofen"	63
5.9 Eignungsgebiet "Monikaviertel / Manchinger Straße inkl. Borsigstraße"	65
5.10 Eignungsgebiet "Manchinger Straße / incampus"	67
5.11 Eignungsgebiet "Münchener Straße & Schulzentrum Südwest"	69
5.12 Eignungsgebiet "Brückenkopf"	71
5.13 Eignungsgebiet "INquartier"	73
5.14 Eignungsgebiet "Mailing"	75
6 Zielszenario	77
6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs	77
6.2 Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung	78
6.3 Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung	80
6.4 Entwicklung der eingesetzten Energieträger	81
6.5 Bestimmung der Treibhausgasemissionen	82
6.6 Zusammenfassung des Zielszenarios	83
7 Maßnahmen und Wärmewendestrategie	85
7.1 Erarbeitete Maßnahmen Ingolstadt	87
7.2 Maßnahme 1: BEW Transformationsplan Warmwassernetz Innenstadt	88
7.3 Maßnahme 2: BEW Transformationsplan Heißwassernetz	90
7.4 Maßnahme 3: BEW Machbarkeitsstudie / Transformationsplan Münchener Straße	92
7.5 Maßnahme 4: BEW Machbarkeitsstudie / Transformationsplan Brückenkopf	94
7.6 Maßnahme 5: Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen prüfen	96
7.7 Maßnahme 6: Treibhausgasneutrale Energieversorgungskonzepte für Neubaugebiete umsetzen	98
7.8 Maßnahme 7: Zukunftsplan Gasnetz	100
7.9 Maßnahme 8: Stromnetzplanung Ingolstadt	102

7.10 Maßnahme 9: Umsetzungsplanung der Potenzialflächen vorantreiben	104
7.11 Maßnahme 10: Flächenziel und Flächenausweisung für Freiflächen-PV	106
7.12 Maßnahme 11: Photovoltaik-Offensive starten	107
7.13 Maßnahme 12: Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmenetzeignungsgebiete etablieren	109
7.14 Maßnahme 13: Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmepumpen etablieren	111
7.15 Maßnahme 14: Energiewendemesse	113
7.16 Maßnahme 15: Umsetzung der Maßnahmen: Sanierung Gebäude Straßenverkehrsamt	114
7.17 Übergreifende Wärmewendestrategie für Ingolstadt	116
7.18 Finanzierung	118
7.19 Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende	119
7.20 Fördermöglichkeiten	119
8 Schwerpunktprojekt Bestandsgebäude: Sanierung Gebäude Straßenverkehrsamt - Zusammenfassung und Empfehlungen	121
8.1 Ziel der energetischen Sanierung	121
8.2 Zusammenfassende Darstellung	122
8.2.1 Empfohlene Reihenfolge der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan	122
8.2.2 Ziel der Sanierung - Kennwerte	123
8.2.3 Kennzahlen der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan	124
8.2.4 Fördermöglichkeiten für den ersten Sanierungsschritt` "Fensterdichtungen erneuern"	126
8.2.5 Fachplanung / Baubegleitung	126
8.2.6 Energiemanagementsystem - Vorteile	126
9 Fazit	128
10 Literaturverzeichnis	130
Anlage 1: Methodikparameter	132
Anlage 2: Energieberatung Gebäude Straßenverkehrsamt Ingolstadt	136

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

- [Abbildung 1: Erstellung des kommunalen Wärmeplans](#)
- [Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse](#)
- [Abbildung 3: Bevölkerungsentwicklung der Stadt Ingolstadt von 1970 bis 2020 \(LfStat, 2021\)](#)
- [Abbildung 4: Gebäudeanzahl nach Sektor im Projektgebiet](#)
- [Abbildung 5: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 6: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude](#)
- [Abbildung 7: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen \(Verbrauchswerte\)](#)
- [Abbildung 8: Wärmebedarf nach Sektor \(inkl. Audi\)](#)
- [Abbildung 9: Wärmebedarf nach Verwendungszweck \(inkl. Audi\)](#)
- [Abbildung 10: Verteilung des Wärmebedarfs je Baublock](#)
- [Abbildung 11: Endenergiebedarf nach Energieträger \(inkl. Audi\)](#)
- [Abbildung 12: Stromverbrauch nach Sektor \(ohne Audi AG\)](#)
- [Abbildung 13: Stromverbrauch nach Sektor \(inkl. Audi AG\)](#)
- [Abbildung 14: Strommix im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Ingolstadt](#)
- [Abbildung 15: Energieerzeuger in Ingolstadt \(MaStR\)](#)
- [Abbildung 16: Gasnetzinfrastruktur in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 17: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger](#)
- [Abbildung 18: Wärmenetzinfrastruktur in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 19: Treibhausgasemissionen für Wärme nach Sektoren in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 20: Treibhausgasemissionen für Wärme nach Energieträger in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 21: Treibhausgasemissionen für Strom nach Sektoren in Ingolstadt \(Bundesstrommix, inkl. Audi\)](#)
- [Abbildung 22: Verteilung der Treibhausgasemissionen durch Wärme in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 23: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen](#)
- [Abbildung 24: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse](#)
- [Abbildung 25: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen](#)
- [Abbildung 26: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete](#)
- [Abbildung 27: Übersicht über alle definierten Eignungsgebiete für Wärmenetze in Ingolstadt](#)
- [Abbildung 28: Simulation der Zielszenarios für 2035](#)
- [Abbildung 29: Wärmebedarf und Wärmebedarfs- reduktion im Ziel- und Zwischenjahr](#)
- [Abbildung 30: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2035](#)
- [Abbildung 31: Wärmebedarf nach Wärmeerzeugern im Jahr 2035](#)
- [Abbildung 32: Mögliches \(technisches\) Versorgungsszenario im Zieljahr 2035](#)
- [Abbildung 33: Beispielhafte Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Zieljahr 2035](#)
- [Abbildung 34: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf](#)
- [Abbildung 35: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf](#)
- [Abbildung 36: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2035](#)
- [Abbildung 37: Emissionsfaktoren in tCO₂e/MWh, 2035 linear interpoliert \(Quelle: KEA2023\)](#)
- [Abbildung 38: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios](#)
- [Abbildung 39: Empfohlene Reihenfolge der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan](#)

[Abbildung 40: Einzukaufende Energie vor und nach Maßnahmendurchführung](#)

[Abbildung 41: Mögliches \(technisches\) Versorgungsszenario im Zieljahr 2035](#)

[Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger \(KEA, 2023\)](#)

[Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien](#)

[Tabelle 3: Ziel der Sanierung - Kennwerte](#)

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
Agri-PV	Agri-Photovoltaik
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BayKlimaG	Bayerisches Klimaschutzgesetz
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen
BEG NWG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Nichtwohngebäude
BEG WG	Bundesförderung für effiziente Gebäude Wohngebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BBS	Biomassebeschaffungsstrategie
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWSB	Bundesministerium für Wirtschaft, Struktur und Bau
BW	Baden-Württemberg
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
EB	Energieberatung
EE	Erneuerbare Energien
EG	Eignungsgebiete
EM	Energiemanagement
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnMS	Energiemanagementsystem
ENP	Energienutzungsplan
FFH-Gebiete	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssysteme
GVZ	Güterverkehrszentrum Ingolstadt
GWh	Gigawattstunde
GWh/a	Gigawattstunde pro Jahr

ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
KEA-BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LPG	Flüssiggas
LNG	Flüssigerdgas
MaStR	Marktstammdatenregister
PPP	Public-Private-Partnership
PV	Photovoltaik
SQ	Sanierungsquote
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
tCO ₂ /MWh	Tonnen Kohlendioxid pro Megawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
WN	Wärmenetze
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz des Bundes
ZKA	Zentralkläranlage

Konsortium

Auftraggeber:



Ingolstadt ist eine kreisfreie Stadt im Regierungsbezirk Oberbayern und erstreckt sich über eine Fläche von 133,35 km². Zum 31. Dezember 2023 verzeichnete die Stadt 143.590 Einwohner, was einer Bevölkerungsdichte von 1.058 Einwohnern pro km² entspricht. Ingolstadt wird aktuell von Oberbürgermeister Christian Scharpf geleitet. Als Teil des Energienutzungsplans führt die Stadt Ingolstadt die kommunale Wärmeplanung durch.

Mitarbeitende in der Wärmeplanung: Stabsstelle Strategien Klima, Biodiversität & Donau, Stefan Schratzenstaller, Thomas Schneider

<https://www.ingolstadt.de/>

<https://2035.de/>

Auftragnehmer:



Die **greenventory GmbH** unterstützt Kommunen und Stadtwerke modular und zielgerichtet bei allen mit der kommunalen Wärmeplanung verbundenen Anforderungen und Herausforderungen. Zum Unternehmen gehören mehr als 45 MitarbeiterInnen mit einem starken Fokus im Energie- und Daten-Bereich und umfangreicher Fachexpertise im Kontext einer sektorübergreifenden Energie- und Infrastrukturplanung. greenventory bringt hierbei sowohl die Erfahrung aus der kommunalen Wärmeplanung in mehr als 130 Kommunen ein also auch den digitalen Wärmeplan als zentrales Werkzeug.

Mitarbeitende: Stefan Beck, David Fischer

www.greenventory.de/

Unterstützung im Projekt:

Das **Zentrum für digitale Entwicklung (ZDE)** führt das Beteiligungskonzept zur Einbindung des Stakeholderkreises durch. Als Experten in der Begleitung von Digitalisierungsprozessen und Smart-City-Strategien, kennen Sie die Herausforderungen, die mit der Einführung neuer Technologien und Planungsformen gerade in ländlichen Regionen einhergehen, und wissen die Akzeptanz neuer Konzepte zu fördern. Damit erhöhen sie das Eigenengagement in der Region und unterstützen so die Umsetzung des Wärmeplans.

Mitarbeitende: Carina Nitschke, Alexander Renz

<https://digitaleentwicklung.de/>



Smarte Energie berät Kommunen ganzheitlich in Sachen Energie- und Ressourcenverbrauch. Von der Energieberatung nach DIN V 18599 auf der Gebäudeebene ausgehend begleitet Smarte Energie Kommunen heute bei der Einführung von kommunalen Energiemanagementsystemen und der kommunalen Wärmenetzplanung. Wir sind Überzeugungstäter und tun alles für den Projekterfolg, um die Erreichung der deutschen Klimaziele sicherzustellen.

Mitarbeitende: Jürgen Feuerbacher, Tobias Keppeler

<https://www.smarteenergie.de/>

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren ist immer deutlicher geworden, dass Deutschland angesichts des fortschreitenden Klimawandels und internationaler Verwerfungen eine sichere, kostengünstige sowie treibhausgasneutrale Energieversorgung benötigt. Die Strom- und insbesondere Wärmeversorgung spielt hier eine zentrale Rolle. Hierfür stellen der Energienutzungsplan (ENP) und die Kommunale Wärmeplanung (KWP) strategische Planungsinstrumente dar. Der ENP analysiert die energetische Bestandssituation in einer Kommune und analysiert Potenziale zur Erzeugung von erneuerbaren Energien. Die KWP analysiert den energetischen Bestand, bestehende Potenziale sowie die treibhausgasneutralen Versorgungsoptionen für die Wärmewende und identifiziert Gebiete, welche sich für Wärmenetze oder dezentrale Heizungslösungen eignen. Die ersten beiden Phasen (s. Abbildung 1) der kommunalen Wärmeplanung sind somit ähnlich zu einem ENP, welcher diese noch um den Stromsektor erweitert. Die Stadt Ingolstadt führt die Erstellung des Energienutzungsplans durch. Die Erstellung der KWP in Ingolstadt ist ein Schwerpunktprojekt des ENP und nimmt aufgrund der Überschneidungen zum ENP den größten Teil des Projekts ein. Die KWP in Ingolstadt orientiert sich am KEA Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung, welcher auf dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) basiert. Zusätzliche Schwerpunktprojekte waren die Durchführung der Energieberatung eines Bestandsgebäudes der Stadt Ingolstadt sowie die Analyse des Ausbaupotenzials von Wärmepumpen.

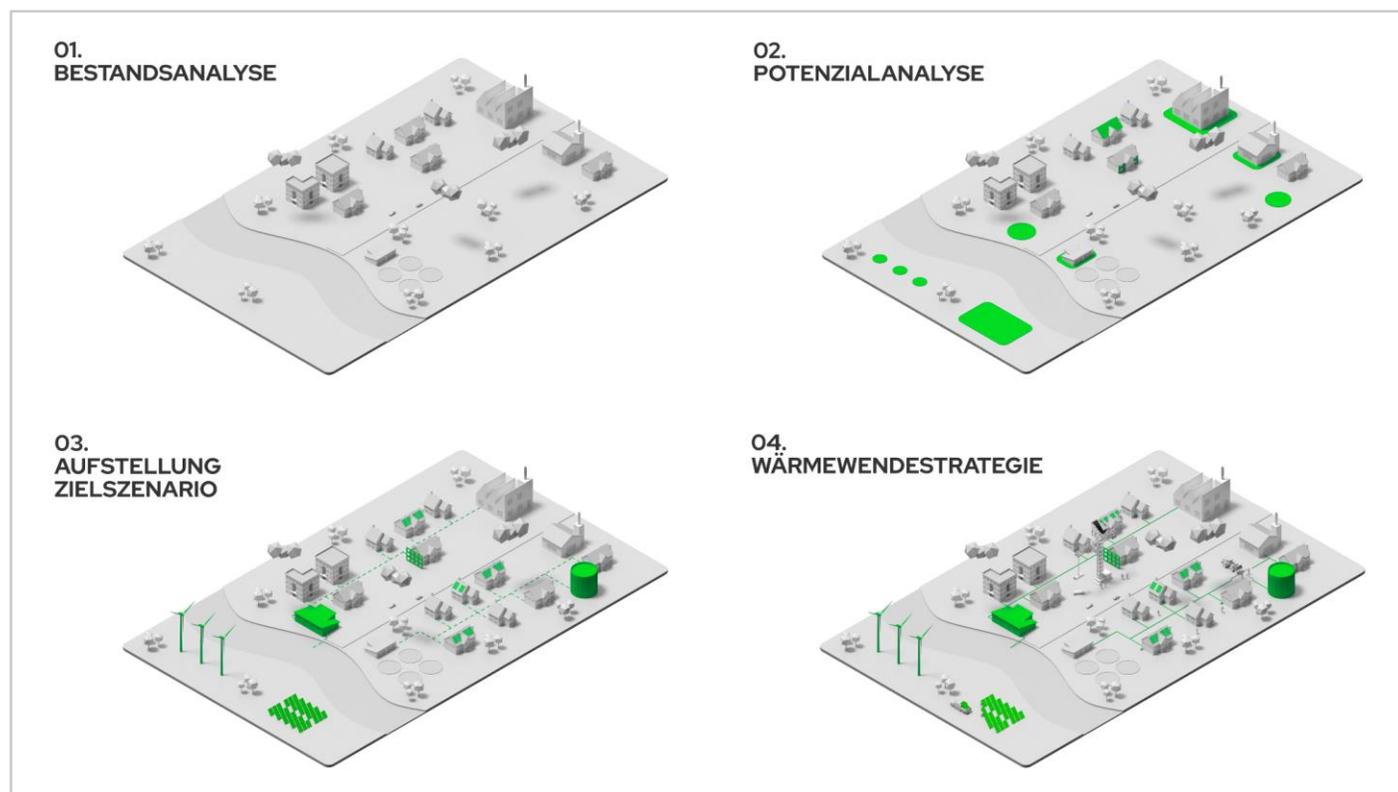


Abbildung 1: Erstellung des kommunalen Wärmeplans

1.1 Motivation

Angesichts der Bedrohung, die der voranschreitende Klimawandel darstellt, hat die Bundesrepublik im Klimaschutzgesetz des Bundes (KSG) die Treibhausgasneutralität zum Jahre 2045 verpflichtend festgeschrieben. Der Freistaat Bayern sieht das Erreichen der Treibhausgasneutralität bereits bis 2040 vor (BayKlimaG). Auch die Stadt Ingolstadt hat den Klimawandel als zentrale Herausforderung erkannt und trägt ihren Teil zur Zielerreichung bei. Als Ziel zur Treibhausgasneutralität hat Ingolstadt das Jahr 2035 mit dem Stadtratsbeschluss vom 2. Juni 2022 festgeschrieben. Hierbei fällt dem Wärmesektor eine zentrale Rolle zu, da in etwa die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs im Bereich der Wärme- und Kältebereitstellung anfallen (Umweltbundesamt, 2024a). Dazu zählen Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser sowie Kälteerzeugung. Weitere 20 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland fallen im Stromsektor an (Umweltbundesamt, 2024b). Im Stromsektor wird bereits über 50 % der Energie erneuerbar erzeugt, während es im Wärmesektor bislang nur 18,8 % sind (Umweltbundesamt, 2023). Eine große Verantwortung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors liegt bei Städten und Kommunen. Die kommunale Wärmeplanung stellt hierfür eine Planungsgrundlage dar. Als Grundlage des Planungsverfahrens erfolgt eine systematische Erhebung von Daten zu Strom- und Wärmeverbräuchen und der bestehenden Energieinfrastruktur in enger Zusammenarbeit mit der Stadt Ingolstadt und den Stadtwerken Ingolstadt (SWI).

1.2 Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext

Da der Aufbau der Energieinfrastruktur mit hohen Investitionskosten und langen Investitionszyklen verbunden ist, ist eine ganzheitliche Strategie wichtig, um die Grundlage für nachgelagerte Schritte zu legen. Die KWP ist ein strategisches Planungsinstrument, welche drei übergreifende Ziele verfolgt:

- Versorgungssicherheit
- Treibhausgasneutralität
- Wirtschaftlichkeit

Zudem ermöglicht sie eine verbesserte Orientierungshilfe für Investitionsentscheidungen in Heizungssysteme sowie die Eingrenzung des Such- und Optionenraums für städtische Energieprojekte.

Die KWP ist eng mit anderen planerischen Instrumenten wie dem Klimaschutzkonzept oder dem Flächennutzungsplan verknüpft. Durch die Integration der KWP in den planerischen Kontext wird eine ganzheitliche Betrachtung der Energieversorgung ermöglicht. Synergien können genutzt und Maßnahmen effizient koordiniert werden, um die Durchführung von Machbarkeitsstudien, die Planung und Realisierung von Quartierskonzepten sowie die Entwicklung und Ausführung von Bauprojekten erfolgreich zu gestalten.

1.3 Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung in Ingolstadt

Die Entwicklung eines kommunalen Wärmeplans war ein mehrstufiger Prozess, der vier Schritte umfasste (siehe Abbildung 2).

Im ersten Schritt der Bestandsanalyse wurde die Ist-Situation der Wärmeversorgung umfassend analysiert. Dazu gehörte die Erfassung von Daten zum damaligen Wärmebedarf und -verbrauch, den daraus resultierenden Treibhausgasemissionen, den existierenden Gebäudetypen sowie deren Baualtersklassen. Ebenso wurden die vorhandene Infrastruktur der Gas- und Wärmenetze, Heizzentralen und Speicher systematisch untersucht und die Beheizungsstrukturen in Wohn- und Nichtwohngebäuden detailliert erfasst.

Im zweiten Schritt, der Potenzialanalyse, wurden die Potenziale für Energieeinsparungen und den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärme- und Stromerzeugung ermittelt.

Im dritten Schritt nutzte man die gewonnenen Erkenntnisse, um Eignungsgebiete für zentralisierte Wärmenetze sowie zugehörige Energiequellen und Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgungsoptionen zu identifizieren. Basierend darauf entwickelte man ein Zielszenario für die zukünftige Wärmeversorgung, das eine räumlich aufgelöste Beschreibung einer möglichen künftigen Versorgungsstruktur für das Zieljahr umfasste.

Der vierte Schritt bestand in der Formulierung konkreter Maßnahmen zur Zielerreichung sowie einer übergreifenden Wärmewendestrategie. Während des Projekts wurden Vorschläge für konkrete Projekte entwickelt, die als Maßnahmen den Wärmeplan komplettierten. Diese Maßnahmen wurden priorisiert und sollten innerhalb der nächsten fünf Jahre angegangen werden. Bei der Erstellung dieser Maßnahmen kam der Kenntnis der lokalen Rahmenbedingungen durch die Stadtverwaltung sowie weiteren lokalen Akteuren eine wichtige Rolle zu. Fachakteure wurden in Workshops aktiv in die Erstellung des Wärmeplans einbezogen. Sie trugen durch Diskussionen und Validierung von Analysen zur Entwicklung von Wärmenetzeignungsgebieten und Maßnahmen bei. Hierzu wurden im Projektverlauf drei Workshops durchgeführt. Am Ende des Planungsprozesses steht der Beschluss des Wärmeplans im Stadtrat, anschließend beginnt die Umsetzung der Maßnahmen. Der Energienutzungsplan mit Wärmeplanung wird nach der Stadtratssitzung der Öffentlichkeit präsentiert.

Es gilt zu beachten, dass die kommunale Wärmeplanung in Ingolstadt ein kontinuierlicher Prozess ist, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und angepasst.

1.4 Digitaler Zwilling als zentrales Arbeitswerkzeug

Eine Besonderheit des Projektes ist die Nutzung eines digitalen Zwillings für die Planerstellung. Der digitale Zwilling der Firma greenventory diente als zentrales Arbeitswerkzeug für die Projektbeteiligten und erleichtert die Komplexität der Planungs- und Entscheidungsprozesse. Es handelt sich um ein spezialisiertes digitales Kartentool, welches ein virtuelles, gebäudescharfes Abbild des Projektgebiets darstellt. Dieser bildet die Grundlagen für die Analysen und ist zentraler Ort für die Datenhaltung im Projekt. Dies bietet mehrere Vorteile wie eine homogene Datenqualität, die für fundierte Analysen und Entscheidungen unabdingbar ist, ein gemeinschaftliches Arbeiten und eine effizientere Prozessgestaltung.

1.5 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht gliedert sich wie folgt: Im ersten Teil des Berichtes erfolgt ein Überblick über den Ablauf und die Phasen des Projekts. Der Abschnitt „Fragen und Antworten“ ergänzt diese Einführung und fasst die am häufigsten gestellten Fragen rund um den Energienutzungsplan und insbesondere die Wärmeplanung zusammen. In den anschließenden Kapiteln erfolgen die Bestands- (Kapitel 3) und Potenzialanalyse (Kapitel 4), die den Kern des ENP und die erste Hälfte der KWP ausmachen. Anschließend folgen die die Erarbeitung der weiteren zwei Phasen der KWP. Kapitel 5 enthält Steckbriefe der verschiedenen Wärmenetzeignungsgebiete welche die Grundlage des Zielszenarios (Kapitel 6) bilden. Kapitel 7 enthält die Steckbriefe zu den definierten Maßnahmen im Projekt, welche den Kern der Wärmewendestrategie darstellen. Das Schwerpunktprojekt „Bestandsgebäude“, in welchem eine Energieberatung des Gebäudes des Straßenverkehrsamt durchgeführt wurde, wird in Kapitel 8 zusammengefasst. Details sind im separaten Bericht aufgeführt. Das Schwerpunktprojekt „Ausbaupotenzial Wärmepumpen“ wird zur besseren Lesbarkeit neben den weiteren Potenzialen als Teil der Potenzialanalyse

zusammengefasst. Abschließend werden die Befunde der Energienutzungsplans zusammengefasst.

2 Fragen und Antworten

In diesem Abschnitt bieten wir eine zügige und unkomplizierte Einführung in die Thematik rund um Energienutzungspläne und insbesondere die kommunale Wärmeplanung in Ingolstadt. Hier finden Sie eine sorgfältig zusammengestellte Auswahl der wichtigsten und am häufigsten gestellten Fragen, um einen klaren und umfassenden Überblick über das Thema zu verschaffen.



Luftbild Ingolstadts mit Blick über die Innenstadt und Donau¹

2.1 Was ist ein Energienutzungsplan?

Ein Energienutzungsplan (ENP) ist ein strategisches Instrument und dient als Leitfaden für die langfristige Energiepolitik und -planung in der Region. Der ENP analysiert den aktuellen Energieverbrauch in der Kommune, identifiziert Potenziale zur Energieeinsparung und zur Nutzung erneuerbarer Energien. Ein ENP soll als strategische Grundlage dazu beitragen, die Energiewende voranzutreiben und die

regionale Energieversorgung nachhaltiger und umweltfreundlicher zu gestalten.

Der ENP analysiert die energetische Bestandssituation in einer Kommune und analysiert Potenziale zur Erzeugung von erneuerbaren Energien. Die ersten beiden Phasen (s. Abbildung 1) der kommunalen Wärmeplanung sind somit ähnlich zu einem ENP, welcher diese noch um den Stromsektor erweitert. Die

¹Bildnachweis: ©Stadt Ingolstadt/Schalles

Stadt Ingolstadt führt die Erstellung der KWP als Schwerpunktprojekt des ENP durch.

2.2 Was ist ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan ist ein strategischer Plan, mit dem Ziel, den Wärmebedarf und die Wärmeversorgung auf kommunaler Ebene ganzheitlich zu planen. Ziel ist die Gewährleistung einer treibhausgasneutralen, sicheren und kostengünstigen Wärmeversorgung. Der Plan umfasst die Analyse der aktuellen Situation der Wärmeversorgung, die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs sowie die Identifizierung von Potenzialen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Diese werden zu einem lokalen Zielbild (Zielszenario) zusammengefügt. Daneben beinhaltet er die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen als erste Schritte zur Zielerreichung. Der Wärmeplan ist spezifisch auf die Stadt zugeschnitten, um die lokalen Gegebenheiten und Bedürfnisse zu berücksichtigen.

2.3 Gibt es verpflichtende Ergebnisse?

Der **Energienutzungsplan** ist ein informelles Planungsinstrument, das der internen Entscheidungsvorbereitung dient. Durch konkrete Maßnahmenempfehlungen und energetische Ziele soll den bayerischen Kommunen ermöglicht werden, diese Ziele effektiv umzusetzen. Der ENP entfaltet keine Rechtswirkung nach außen.

Der **Wärmeplan** dient als informeller und strategischer Fahrplan, der erste Handlungsempfehlungen und Entscheidungsgrundlagen für die beteiligten Akteure liefert. Nach § 23 Abs. 4 WPG hat der Wärmeplan keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten. Die Ergebnisse der Analysen können genutzt werden, um die kommunalen Prioritäten und Richtlinien auf das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung auszurichten. Daneben werden auch konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, die die Entwicklung der Wärmeversorgungsinfrastruktur und die Integration erneuerbarer Energien betreffen. Die Ergebnisse und

Maßnahmenvorschläge des Wärmeplans dienen dem Stadtrat und den Verantwortlichen als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung.

Die kommunale Wärmeplanung ist ein kontinuierlicher Prozess, der regelmäßig und unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen überarbeitet und angepasst werden muss. Durch die Diskussion und Zusammenarbeit der Akteure wird der Wärmeplan fortlaufend verbessert und angepasst.

2.4 Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die kommunale Wärmeplanung nach dem Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG) ergänzen sich in vielfacher Hinsicht, obwohl sie auf verschiedenen Ebenen agieren. Das GEG regelt in erster Linie die energetischen Anforderungen von Einzelgebäuden, während das BEG, ein Förderprogramm des Bundes, die energetische Sanierung dieser Einzelgebäude finanziell unterstützt. Die kommunale Wärmeplanung fokussiert sich hingegen auf die übergeordnete, städtische oder regionale Ebene der Energieversorgung. Alle Ansätze haben jedoch gemeinsame übergeordnete Ziele: Sie zielen darauf ab, die CO₂-Emissionen des Gebäude- bzw. Wärmesektors zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern.

Die Standards und Vorgaben, die im GEG festgelegt sind, setzen auf Gebäudeebene den regulatorischen Rahmen, sollen jedoch mit der Wärmeplanung verzahnt werden.

Konkret soll gemäß § 71 Abs. 8 Satz 3 GEG in Neubauten in Neubaugebieten, für die der Bauantrag nach dem 01.01.2024 gestellt wurde, nur noch der Einbau von Heizsystemen mit einem Mindestanteil von 65 % erneuerbarer Energien erlaubt werden.

Für neu eingebaute Heizsysteme in Bestandsgebäuden oder Neubauten in Baulücken gibt es hiervon jedoch einige Ausnahmeregelungen und Übergangsfristen. Ab 2026 (Kommunen > 100.000 Einwohnern) bzw. ab

2028 (Kommunen < 100.000) müssen neu eingebaute Heizsysteme in Bestandsgebäuden oder Neubauten in Baulücken technisch in der Lage sein, ab 2029 zu 15 %, ab 2035 zu 30 % und ab 2040 zu 60 % mit erneuerbaren Energieträgern betrieben zu werden. Ab dem 01.01.2045 müssen sämtliche Heizsysteme zu 100 % mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden.

Zwischen WPG und GEG besteht in einem Punkt eine direkte Verzahnung. Für Gebäude, die sich in "Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffausbaugebieten", welche nach § 26 WPG durch den Gemeinde- oder Stadtrat in einem gesonderten Beschluss ausgewiesen wurden, befinden, greifen § 71 Abs 8 Satz 3 GEG bzw. § 71k Abs 1 Nummer 1 GEG. Diese bestimmen, dass in diesen entsprechenden Gebieten neue Heizanlagen nur eingebaut werden dürfen, wenn diese zu 65 % durch erneuerbare Energieträger betrieben werden. Bestehende Heizanlagen in den entsprechenden Gebieten, die diese Vorgabe nicht erfüllen, dürfen repariert und weiterhin betrieben werden. Es ist wichtig zu betonen, dass im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung keine Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder Wasserstoffausbaugebiete ausgewiesen werden, sondern dies ausschließlich durch einen gesonderten Beschluss des Gemeinde- oder Stadtrats erfolgen kann.

Gemäß § 23 Abs. 4 WPG hat der Wärmeplan keine rechtliche Außenwirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten.

Für bestehende Wärmepläne, die aus Länder- oder Bundesmitteln gefördert, oder nach anerkannten Praxisleitfäden erstellt wurden und im Wesentlichen den im WPG aufgeführten Anforderungen entsprechen, gilt gemäß § 5 WPG ein Bestandsschutz. Ein solcher Praxisleitfaden ist beispielsweise der Handlungsleitfaden "Kommunale Wärmeplanung" der KEA-BW auf dem dieser Wärmeplan basiert. Dies trifft darüber hinaus auf Wärmepläne zu, die im Einklang mit Landesrecht erstellt wurden.

Die BEG kann als Bindeglied zwischen dem GEG und der kommunalen Wärmeplanung gesehen werden. Während das GEG Mindestanforderungen an Gebäude stellt, bietet die BEG finanzielle Anreize für Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen, diese Anforderungen nicht nur zu erfüllen, sondern sogar zu übertreffen. Dies fördert die Umsetzung der Ziele der kommunalen Wärmeplanung, da durch die BEG mehr Ressourcen für die Integration von erneuerbaren Energiesystemen oder die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus steht es den Kommunen frei, gerade in Neubaugebieten ehrgeizigere Ziele und Standards als die des GEG zu definieren und diese in ihre lokale Wärmeplanung zu integrieren. Dies ermöglicht es den Kommunen, auf lokale Besonderheiten und Gegebenheiten einzugehen und so eine effektivere Umsetzung der im GEG festgelegten Ziele zu erreichen.

In der Praxis können also alle Ansätze ineinandergreifen und sich gegenseitig unterstützen, um eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung zu fördern.

2.5 Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?

Im Zuge der Wärmeplanung werden „Eignungsgebiete“ identifiziert: Dabei handelt es sich um Gebiete, die grundsätzlich für Wärmenetze gut geeignet sind. Faktoren, die diese Eignung beeinflussen, sind beispielsweise, die Bebauungsstruktur, Lage im Stadtgebiet und Nähe zu existierenden Wärmenetzen sowie der Wärmeliniendichte. In Kapitel 5 ist der Prozess der Bestimmung von Eignungsgebieten detailliert erklärt. In diesen Gebieten sind weitere Planungsschritte erforderlich.

2.6 In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?

Auf Grundlage der Eignungsgebiete werden in einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt Ausbaupläne für Wärmenetzausbaugebiete erstellt, die neben der Wärmebedarfsdichte weitere Kriterien, wie

die wirtschaftliche und ressourcenbedingte Umsetzbarkeit, mit einbeziehen. Diese sollen von der Stadt, Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern erstellt werden. Der Ausbau der Wärmenetze bis 2035 und darüber hinaus wird in mehreren Phasen erfolgen und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Ausbaupläne werden von der Stadt, sobald diese vorliegen, veröffentlicht.

2.7 Schaffen wir die Treibhausgasneutralität?

Das Zielszenario der KWP zeigt einen möglichen Weg zur Treibhausgasneutralität im Wärmesektor. Die tatsächliche Umsetzung dieses erfordert politischen Willen und hohe Investitionen unterschiedlicher Akteure um die dafür nötigen Technologie- und Infrastrukturerneuerungen auf den unterschiedlichen Ebenen (z.B. in Gebäuden, Netzen und Erzeugungsanlagen) zu tätigen. Durch die Realisierung des Wärmeplans ist die Erreichung der Treibhausgasneutralität im Wärmesektor bis zum Zieljahr 2035 theoretisch möglich. In der Praxis spielen zum Erreichen des Ziels jedoch viele Einflussfaktoren eine Rolle. Darunter beispielsweise gesetzliche Vorgaben auf EU-, Bundes- und Landesebene aber auch die Akzeptanz und Investitionsbereitschaft der Bevölkerung. Die Umsetzung der Maßnahmen sowie die Energiewende ist mit einem erheblichen Investitionsbedarf verbunden. Die erforderlichen Investitionssummen sind in den Maßnahmen im Kapitel 7 skizziert. Die Bereitstellung der Finanzierung für notwendige große Infrastrukturprojekte zur Erreichung der Treibhausgasneutralität muss im Anschluss an die Wärmeplanung im Detail geklärt werden.

2.8 Was ist der Nutzen eines Energienutzungsplans und der Wärmeplanung?

Die Umsetzung sowohl eines ENPs als auch der kommunalen Wärmeplanung bietet zahlreiche Vorteile. Durch ein koordiniertes Zusammenspiel von Wärmeplanung, Quartierskonzepten und privaten Initiativen lässt sich eine kosteneffiziente Wärmewende

realisieren, die Fehlinvestitionen vorbeugt und das Investitionsrisiko senkt.

2.8 Was bedeutet das für Anwohner und Anwohnerinnen?

Der kommunale Wärmeplan dient in erster Linie als strategische Planungsbasis und identifiziert mögliche Handlungsfelder für die Kommune. Dabei sind die im Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder Einzelversorgungen sowie spezifische Maßnahmen als Orientierung und nicht als verpflichtende Anweisungen zu verstehen. Vielmehr dienen sie als Ausgangspunkt für weiterführende Überlegungen in der städtischen und energetischen Planung und sollten daher an den relevanten kommunalen Schnittstellen berücksichtigt werden.

Insbesondere bei der Entwicklung von Wärmenetzen, aber auch in Gebieten, die perspektivisch nicht für Wärmenetze geeignet sind, werden Anwohnerinnen und Anwohner frühzeitig informiert und eingebunden. So kann sichergestellt werden, dass die individuellen Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung eines Gebäudes im Einklang mit der kommunalen Planung getroffen werden (BMWK, 2023).

Ich miete ein Haus/eine Wohnung: Informieren Sie sich über etwaige geplante Maßnahmen und sprechen Sie mit Ihrem Vermieter oder Ihrer Vermieterin über mögliche Änderungen. Beim einem Heizungstausch, der den Anforderungen des GEG entspricht, wird die Modernisierungumlage auf 50 Cent je Quadratmeter Wohnfläche gedeckelt. Mehr dazu finden Sie hier: [Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Gebäudeenergiegesetz \(GEG\) \(energiewechsel.de\)](https://www.energiewechsel.de/Haefig-gestellte-Fragen-und-Antworten-zum-Gebaeudeenergiegesetz-(GEG))

Ich vermiete ein Haus/eine Wohnung: Berücksichtigen Sie die Empfehlungen des kommunalen Wärmeplans bei Sanierungen oder Neubauten. Analysieren Sie die Rentabilität der möglichen Handlungsoptionen auf Gebäudeebene, wie Sanierungen, die Installation einer Wärmepumpe, Biomasseheizung oder der Anschluss an ein Wärmenetz im Hinblick auf die langfristige Wertsteigerung der Immobilie und mögliche

Mietanpassungen. Achten Sie bei der Umsetzung von Sanierungen auf eine transparente Kommunikation und Absprache mit den Mietparteien, da diese mit temporären Unannehmlichkeiten und Kostensteigerungen einhergehen können.

Ich bin Gebäudeeigentümer oder Gebäudeeigentümerin:

Prüfen Sie, ob sich Ihr Gebäude in einem Eignungsgebiet für Wärmenetze befindet. Falls ja, kontaktieren Sie die Stadtwerke oder andere potentielle Wärmenetzbetreiber. Diese können Ihnen Auskunft darüber geben, ob der Ausbau des Wärmenetzes in Ihrem Gebiet bereits geplant ist. Sollte ihre Immobilie außerhalb eines der in diesem Wärmeplan aufgeführten Wärmenetzeignungsgebietes liegen, ist ein zeitnaher Anschluss an ein Wärmenetz eher unwahrscheinlich. Es gibt zahlreiche alternative Maßnahmen, die Sie zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung Ihrer CO₂-Emissionen ergreifen können. Durch erneuerbare Energien betriebene Heiztechnologien können dabei helfen, den Wärme- und Strombedarf Ihrer Immobilie nachhaltiger zu decken. Dazu gehören beispielsweise die Installation einer Wärmepumpe, die mit Luft, Erdwärmesonden oder -kollektoren betrieben wird, oder die Umstellung auf eine Biomasseheizung. Ebenso könnten Sie die Installation von Photovoltaik-Anlagen zur Deckung des Strombedarfs in Betracht ziehen. Prüfen Sie, welche energetischen Sanierungen zu einer besseren Energieeffizienz Ihres Gebäudes beitragen können. Dabei kann die Erstellung eines Sanierungsfahrplans sinnvoll sein, der Maßnahmen wie die Dämmung von Dach und Fassade, den Austausch der Fenster oder den hydraulischen Abgleich des Heizungssystems beinhalten kann. Moderne Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind eine weitere Option, die Energieeffizienz und den Wohnkomfort zu steigern.

Darüber hinaus gibt es verschiedene Förderprogramme, die Sie in Anspruch nehmen können. Diese reichen von der Bundesförderung für effiziente Gebäude bis hin zu möglichen kommunalen

Programmen. Eine individuelle Energieberatung kann Ihnen darüber hinaus weitere, auf Ihre speziellen Bedürfnisse zugeschnittene Empfehlungen geben.

3 Bestandsanalyse

Die Grundlage von ENP und KWP ist ein Verständnis der Ist-Situation sowie eine umfassende Datenbasis. Letztere wurde digital aufbereitet und zur Analyse des Bestands genutzt. Hierfür wurden zahlreiche Datenquellen aufbereitet, integriert und für Beteiligte an der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung zugänglich gemacht. Die Bestandsanalyse bietet einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Energiebedarf, die Energieverbräuche, die Treibhausgasemissionen sowie die existierende Infrastruktur.

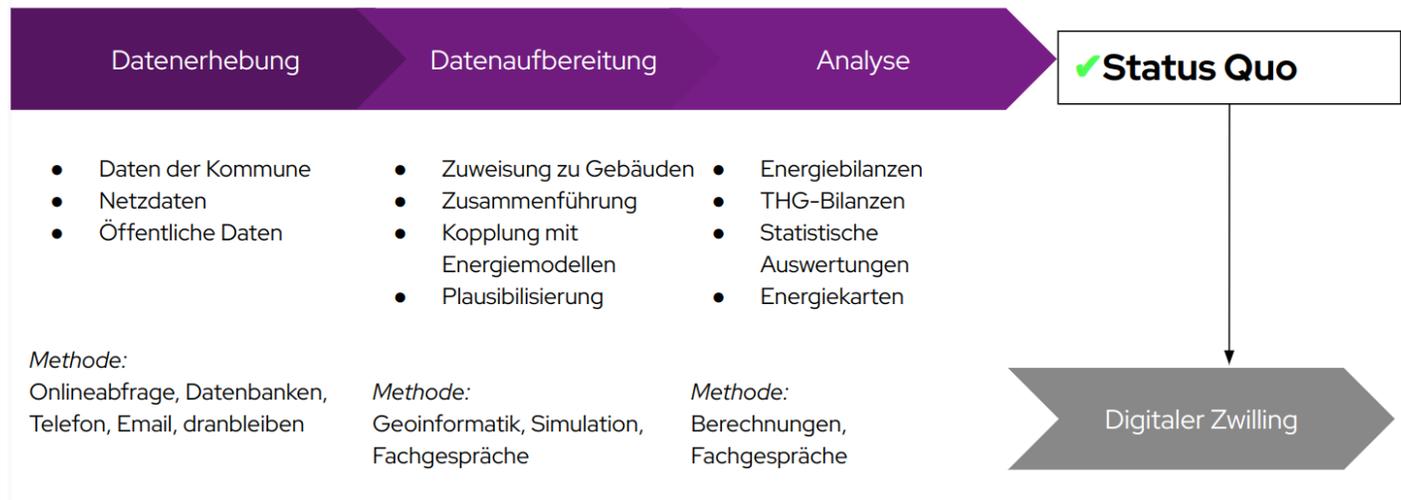


Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse

3.1 Kurzcharakteristik der Stadt Ingolstadt

Die kreisfreie Großstadt Ingolstadt befindet sich an der Donau in Oberbayern, ungefähr 80 Kilometer nördlich von München und 100 Kilometer südlich von Nürnberg. Sie bietet Lebensraum für derzeit rund 142.000 Einwohner und Einwohnerinnen, schließt mehr als 27.000 Gebäude ein und ist damit die fünftgrößte Stadt Bayerns. Das Stadtgebiet umfasst eine Fläche von 133,35 km² und ist in insgesamt 12 Stadtbezirke bzw. 61 Unterbezirke gegliedert.

Ingolstadt ist eines der drei Regionalzentren in Bayern und gehört zur Europäischen Metropolregion München. Ingolstadt befindet sich in zentraler Lage und ist verkehrstechnisch günstig an der Autobahn 9 gelegen und verfügt über einen ICE-Halt. Die zentrale Lage sowie die ausgezeichnete Infrastruktur und Anbindung an weitere Großstädte legen die Grundlage für einen leistungsfähigen Wirtschaftsstandort. Diesen charakterisiert ein starker Automobilsektor, der viele

Arbeitsplätze schafft und sich in den letzten Jahren äußerst positiv auf das Wirtschaftswachstum auswirkte. Neben dem größten Arbeitgeber der Stadt, der AUDI AG, sind viele Zulieferer aus der Branche in und um Ingolstadt ansässig, beispielsweise die EDAG, Schaeffler oder Dräxlmaier Gruppe. Darüber hinaus sind weitere große und international agierende Firmen, wie die Media-Saturn-Holding oder die Conti Temic Microelectronic GmbH, aber auch viele ausgezeichnete Handwerksbetriebe in der Stadt tätig. Zahlreiche der lokalen Firmen streben die Erschließung regenerativer Energiequellen oder eine CO₂-neutrale Produktion an, was positive Impulse und Synergien für die Energiewende vor Ort geben wird. Neben der starken Wirtschaft tragen sowohl die Technische Hochschule Ingolstadt als auch die katholische Hochschule Eichstätt-Ingolstadt dazu bei, dass die Stadt auch als namhafter Bildungsstandort angesehen ist.

Die 133,35km² des Stadtgebietes verteilen sich zu 39,4 % auf landwirtschaftliche Nutzung und zu 27,6 % auf Siedlungsflächen. Danach folgen Wald- (13,5 %) und Verkehrsflächen (9,3 %). Die verbleibende Fläche teilt sich in Wasser-, Erholungs- und Betriebsflächen sowie Flächen anderer Nutzung auf (LfStat, 2021). Im Hinblick auf die energetische Nutzung sind vor allem Waldflächen und landwirtschaftlich genutzte Flächen (Anbau von Energiepflanzen) oder Gebäudeflächen (Nutzung von Photovoltaik (PV)) von Interesse.

In Bezug auf die Bevölkerungsstruktur konnte im Jahr 1989 die Einwohnerzahl von 100.000 überschritten und Ingolstadt folglich als Großstadt bezeichnet werden. Insgesamt ist ein kontinuierliches Wachstum in der Einwohnerentwicklung festzustellen, mit einem minimalen Rückgang im Jahr 2020.

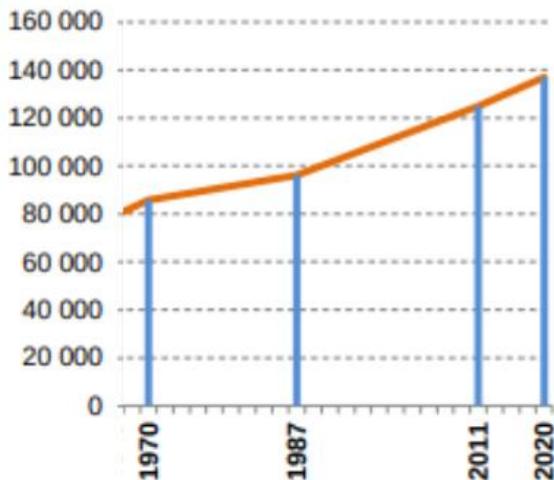


Abbildung 3: Bevölkerungsentwicklung der Stadt Ingolstadt von 1970 bis 2020 (LfStat, 2021)

Die demografische Struktur Ingolstadts ist von einem hohen Anteil junger Menschen unter 25 Jahren charakterisiert (ca. 24 %). Der Anteil der über 65-Jährigen an der Gesamtbevölkerung beträgt rund 21%.

Die Anzahl der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Arbeitnehmer (Beschäftigte am Arbeitsort) in Ingolstadt ergab im Jahr 2020 rund

104.500. Nach Abzug aller Beschäftigten am Wohnort ergibt sich ein positiver Pendlersaldo in Ingolstadt von 41.900.

Die starke Prägung Ingolstadts vom produzierenden Gewerbe spiegelt sich auch in der hohen Anzahl an Beschäftigten in diesem Wirtschaftszweig wider. Mehr als 50 % aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Ingolstadt sind im produzierenden Gewerbe tätig.

Dies lässt sich unter anderem auf die große Bedeutung Ingolstadts als Standort für die Automobil- sowie die Erdölindustrie zurückführen. Die geringste Anzahl an Beschäftigten entfällt auf den land- und forstwirtschaftlichen Zweig, während die Beschäftigungsstruktur in den verbleibenden Wirtschaftszweigen gleichmäßig verteilt ist.

3.2 Datenerhebung

Am Anfang der Bestandsanalyse erfolgte die systematische Erfassung von Verbrauchsdaten für Wärme, einschließlich Fernwärme, Gas- und Stromverbrauch sowie dem Stromverbrauch speziell für Heizzwecke. Zusätzlich wurden ortsspezifische Daten aus Plan- und Geoinformationssystemen (GIS) der städtischen Ämter bezogen, die ausschließlich für die Erstellung des Energienutzungsplans freigegeben und verwendet wurden. Die primären Datenquellen für die Bestandsanalyse sind folgendermaßen:

- Statistik und Katasterdaten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS)
- Daten zu Fernwärme-, Strom- und Gasverbräuchen der Stadtwerke Ingolstadt (SWI)
- Verlauf der Strom-, Gas- und Wärmenetze der Stadtwerke Ingolstadt (SWI)
- Daten über Abwärmequellen, welche durch Befragungen bei Betrieben erfasst wurden

Die Verbrauchsdaten wurden für die Jahre 2019 bis 2021 ermittelt. Zum Abfangen von Ausreißern wurde für jede Verbrauchsstelle der Median der Verbrauchsdaten verwendet. Die vor Ort bereitgestellten Daten wurden

durch externe Datenquellen sowie durch energietechnische Modelle, Statistiken und Kennzahlen ergänzt. Aufgrund der Vielfalt und Heterogenität der Datenquellen und -anbieter war eine umfassende manuelle Aufbereitung und Harmonisierung der Datensätze notwendig.

3.3 Gebäudebestand

Durch die Zusammenführung von offenem Kartenmaterial sowie dem amtlichen Liegenschaftskataster ergaben sich 27.863 analysierte Gebäude in Ingolstadt. Wie in Abbildung 4 zu sehen, besteht der überwiegende Anteil der Gebäude aus Wohngebäuden, gefolgt von Industrie und Produktion sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) und öffentlichen Bauten. Hieraus wird ersichtlich, dass die Wärmewende eine kleinteilige Aufgabe ist und sich – basierend auf der Anzahl an Gebäuden und Akteuren – zu großen Stücken im Wohnbereich abspielen muss.

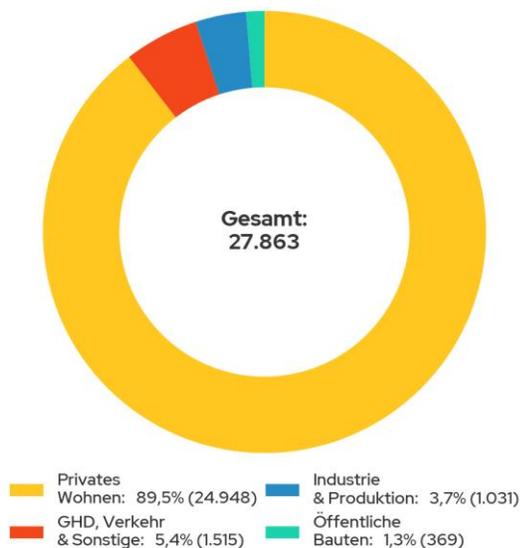


Abbildung 4: Gebäudeanzahl nach Sektor im Projektgebiet

Die Analyse der Baualtersklassen (siehe Abbildung 5) zeigt, dass mehr als 60 % der Gebäude vor 1979 errichtet wurden, also bevor die erste Wärmeschutzverordnung mit ihren Anforderungen an die Dämmung in Kraft trat. Insbesondere Gebäude, die zwischen 1949 und 1978 erbaut wurden, stellen mit 49,9 % den größten Anteil am Gebäudebestand dar und bieten somit das umfangreichste Sanierungspotenzial. Altbauten, die vor 1919 errichtet wurden, zeigen, sofern sie bislang wenig oder nicht saniert wurden, den höchsten spezifischen Wärmebedarf. Diese Gebäude sind wegen ihrer oft robusten Bauweise interessant für eine Sanierung, allerdings können denkmalschutzrechtliche Auflagen Einschränkungen mit sich bringen. Um das Sanierungspotenzial jedes Gebäudes vollständig ausschöpfen zu können, sind gezielte Energieberatungen und angepasste Sanierungskonzepte erforderlich.

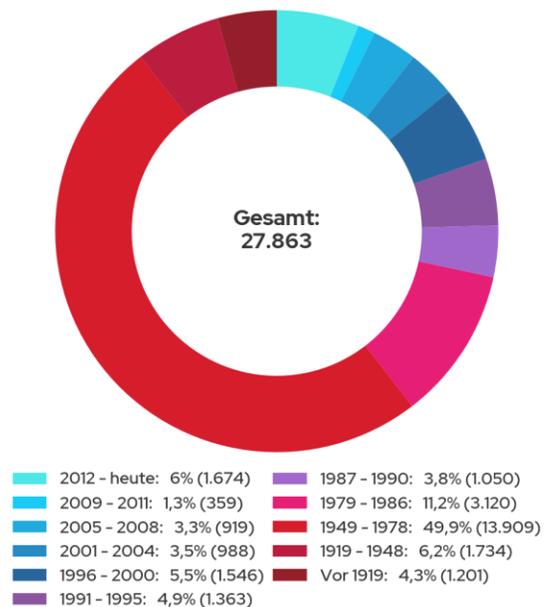


Abbildung 5: Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Ingolstadt

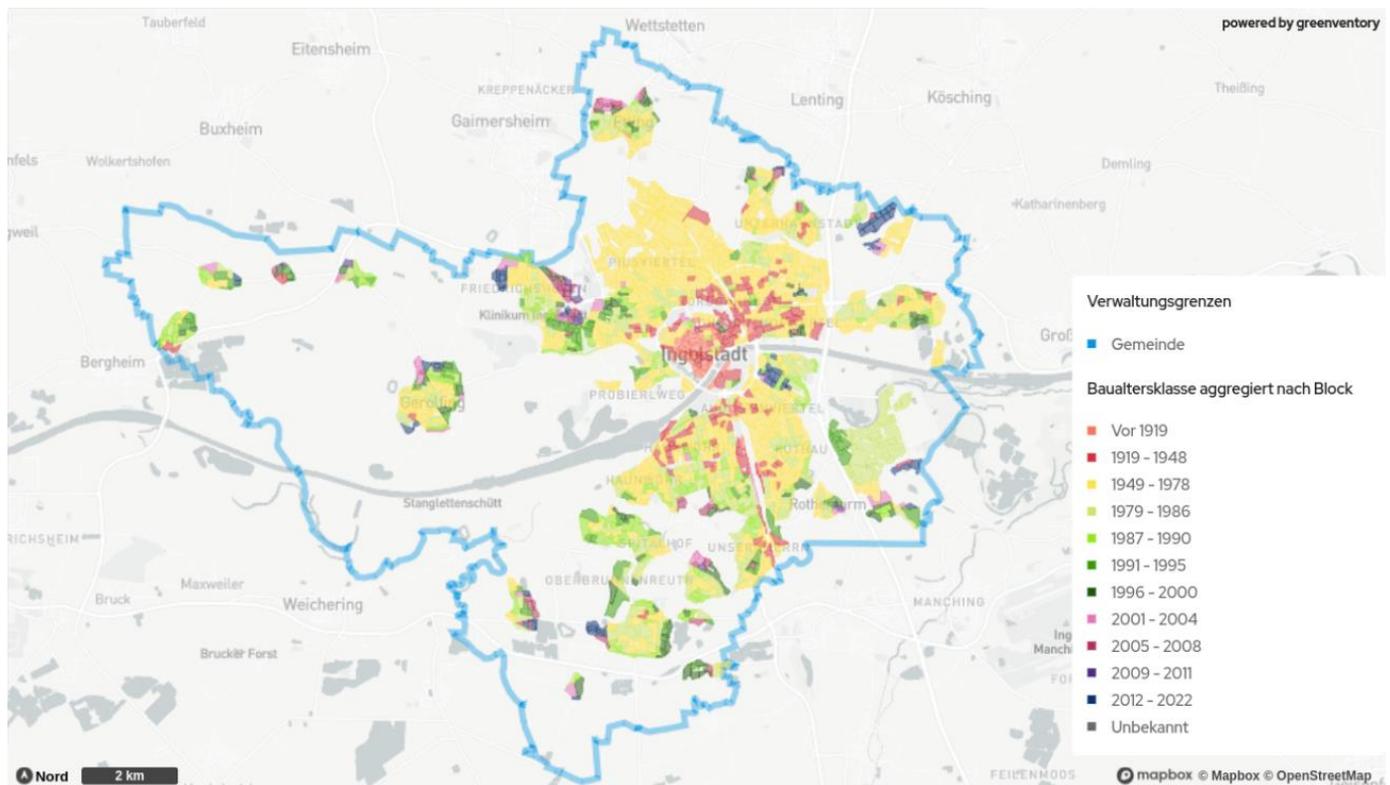


Abbildung 6: Verteilung der Baualtersklassen für Gebäude

Abbildung 6 zeigt eine räumliche Analyse der Baualtersklassen in Ingolstadt. Es wird deutlich, dass Gebäude, die vor 1948 erbaut wurden, hauptsächlich im Stadtzentrum angesiedelt sind, während jüngere Bauten eher an den Außengrenzen Ingolstadts zu finden sind. Die Identifizierung von Sanierungsgebieten erweist sich insbesondere in den Bereichen mit älteren Gebäuden als besonders relevant. Zudem spielt die Verteilung der Gebäudealtersklassen eine entscheidende Rolle bei der Planung von Wärmenetzen. Dies ist vor allem in den dicht bebauten Altstadtkernen von Bedeutung, wo sowohl die Aufstellflächen für Wärmepumpen begrenzt sind, als auch die Möglichkeiten für energetische Sanierungen durch strukturelle Gegebenheiten eingeschränkt sein können.

Anhand des Baujahres, des Verbrauchs und der Grundfläche wurde eine überschlägige Einteilung der Wohngebäude in die GEG-Energieeffizienzklassen vorgenommen, um den Sanierungsstand abzuschätzen.

Bei der Analyse der GEG-Energieeffizienzklassen fällt auf, dass Ingolstadt vergleichsweise wenige Gebäude aufweist, die auf Basis des Gebäudealters vollumfänglich saniert werden müssten. Der Großteil der Gebäude befindet sich im unteren Mittelfeld der Energieeffizienz (siehe Abbildung 7). Von den Gebäuden, denen ein Wärmebedarf zugeordnet werden konnte, sind 13,3 % den Effizienzklassen G und H zuzuordnen, was unsanierten oder nur sehr wenig sanierten Altbauten entspricht. 9 % der Gebäude sind der Effizienzklasse F zuzuordnen und entsprechen überwiegend Altbauten, die nach den Richtlinien der Energieeinsparverordnung (EnEV) modernisiert wurden. Durch weitere energetische Sanierungen kann der Anteil der Gebäude in den unteren Effizienzklassen zugunsten der mittleren Effizienzklassen reduziert werden.

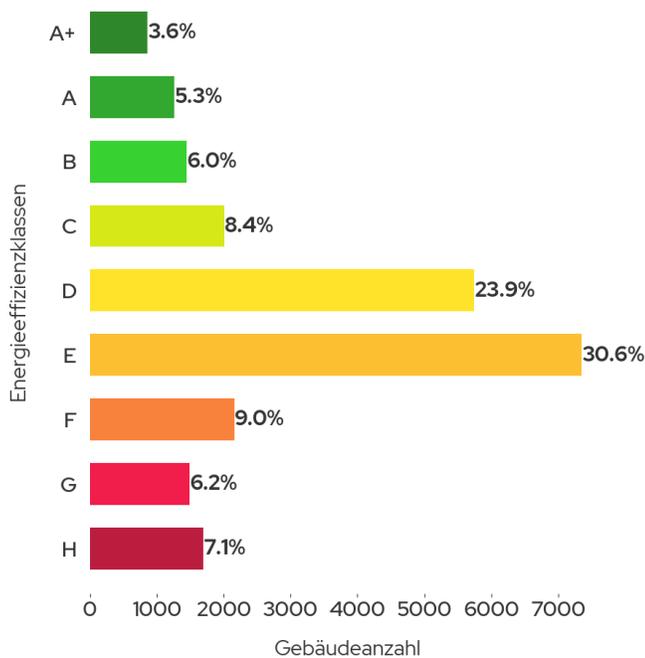


Abbildung 7: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte)

3.4 Energieverbrauchsstruktur

3.4.1 Wärmebedarf

Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Wärmenetz, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die gemessenen Verbrauchsdaten² (Endenergieverbräuche), sofern diese verfügbar waren. Mit den Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien konnte so der Wärmebedarf (=Nutzenergie) ermittelt werden. Bei nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (Öl, Holz, Kohle) und bei beheizten Gebäuden mit fehlenden Informationen zum verwendeten Heizsystem wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkte berechnet. Für die Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen konnte unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade auf die Endenergieverbräuche geschlossen werden.

² Grundlage waren die gelieferten Verbrauchswerte der SWI. Zum Abfangen von Ausreißern wurde für jeden

Aktuell beträgt der Wärmebedarf in Ingolstadt 1.700 GWh jährlich (siehe Abbildung 8). Hierbei fällt jeweils knapp die Hälfte des Wärmebedarfs auf den Wohnsektor und den Wirtschaftssektor bestehend aus Industrie und Produktion, sowie Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor. 47,4 % des Wärmebedarfs stammen aus dem Wohnsektor, während auf die Industrie 31,4 % und auf den GHD Sektor 17,8 % des Gesamtwärmebedarfs entfällt. Auf öffentlich genutzte Gebäude, die ebenfalls kommunale Liegenschaften beinhalten, entfällt ein Anteil von 3,3 % des Wärmebedarfs.

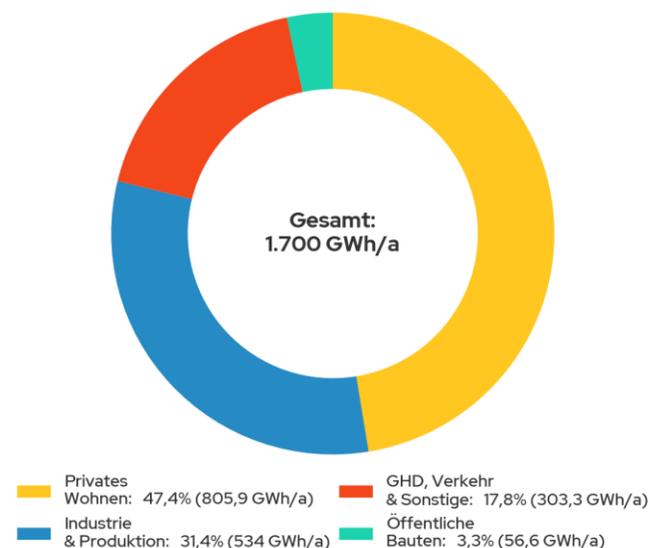
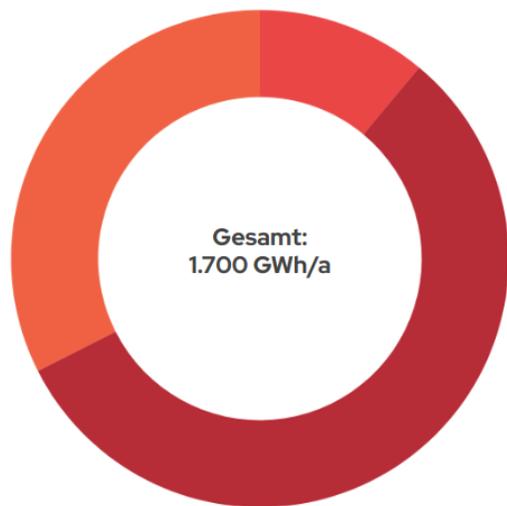


Abbildung 8: Wärmebedarf nach Sektor (inkl. Audi)

In Abbildung 9 ist der Wärmebedarf nach den Verwendungszwecken Warmwasser, Raumwärme und Prozesswärme dargestellt. Dabei wurde jedem Gebäude basierend auf dem ermittelten Gebäudesektor eine typische Verteilung des Wärmebedarfs nach Verwendungszweck zugeteilt. Insgesamt zeigt sich ein großer Bedarf an Raumwärme (56,5 %), gefolgt von Prozesswärme (32,5 %) und Warmwasser (11,1 %).

Anschluss der Median der Jahre 2019 bis 2021 verwendet.



- Warmwasser 11,1% (188 GWh/a)
- Raumwärme 56,5% (960 GWh/a)
- Prozesswärme 32,5% (552 GWh/a)

Die räumliche Verteilung der spezifischen Wärmebedarfsdichten auf Baublockebene ist in Abbildung 10 dargestellt.

Abbildung 9: Wärmebedarf nach Verwendungszweck (inkl. Audi)

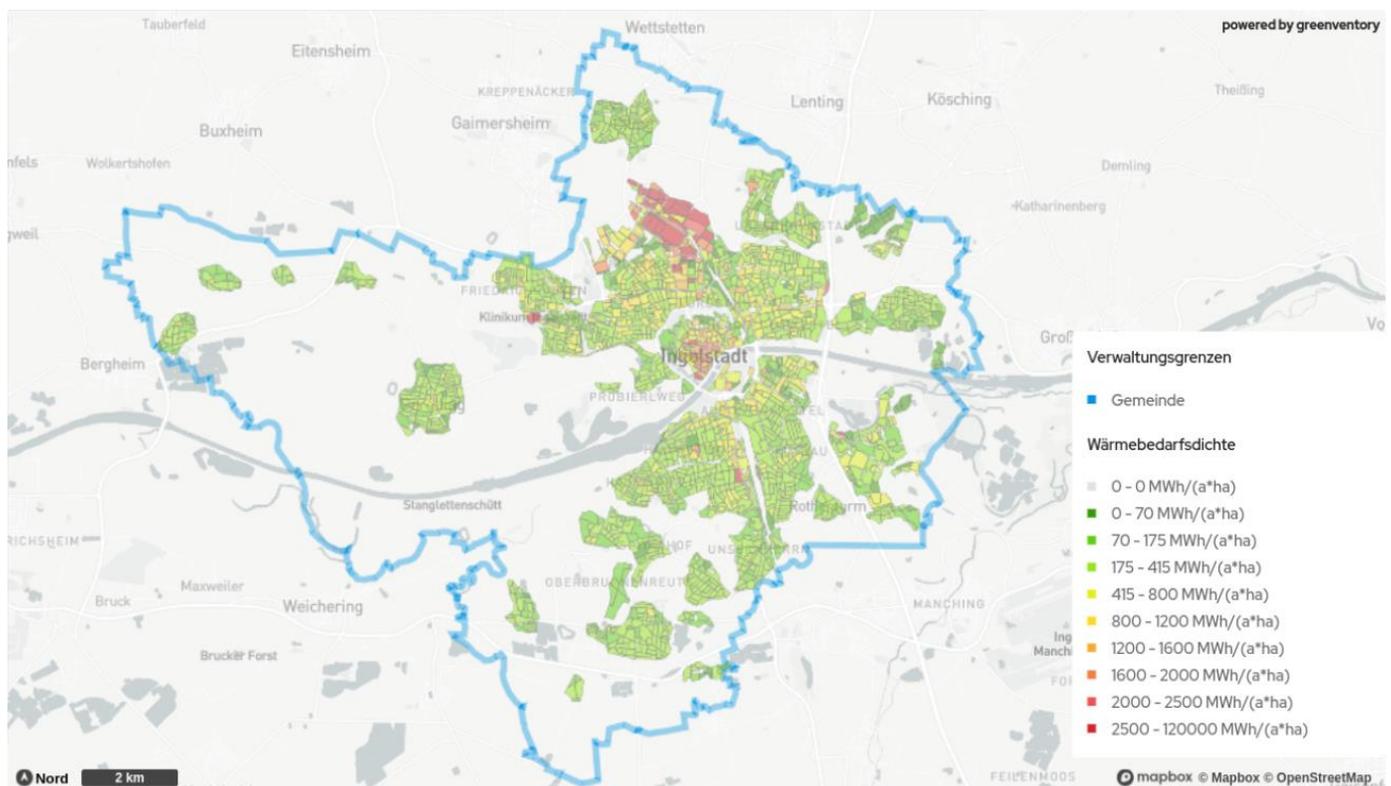


Abbildung 10: Verteilung des Wärmebedarfs je Baublock

3.4.2 Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger

Eine Herausforderung im Projekt war die fehlende gesetzliche Grundlage zum Zeitpunkt der Datenerhebung und der noch nicht existierenden Schnittstellen zum Datenaustausch der Schornsteinfegerdaten in Bayern. Daher konnte keine Detailanalyse der dezentralen Energieversorgung im Projekt durchgeführt werden. Die elektronischen Kheftbücher sind eine wichtige Datenquelle, da sie wichtige Informationen zum verwendeten Brennstoff, sowie zur Art und zum Alter der jeweiligen Feuerungsanlage enthalten. In einer Fortschreibung des KWP's sollte dies – unter der Voraussetzung, dass sowohl die gesetzliche Grundlage als auch technischen Möglichkeiten bestehen – durchgeführt werden.

Gemäß § 72 GEG dürfen Heizkessel, die flüssigen oder gasförmigen Brennstoff verbrauchen und vor dem 01.01.1991 aufgestellt wurden, nicht mehr betrieben werden. Das Gleiche gilt für später in Betrieb genommene Heizkessel, sobald sie 30 Jahre in Betrieb waren. Ausnahmen gelten für Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel, Heizungen mit einer Leistung unter 4 Kilowatt oder über 400 Kilowatt, sowie heizungstechnische Anlagen mit Gas-, Biomasse- oder Flüssigbrennstofffeuerung als Bestandteil einer Wärmepumpen-Hybridheizung, soweit diese nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Ausgenommen sind ebenfalls Hauseigentümer in Ein- oder Zweifamilienhäusern, die ihr Gebäude zum 01.02.2002 bereits selbst bewohnt haben. Heizkessel mit fossilen Brennstoffen dürfen jedoch längstens bis zum Ablauf des 31.12.2044 betrieben werden (GEG, 2024).

In der Neuerung des GEG, die ab dem 01.01.2024 in Kraft getreten ist, müssen Heizsysteme, die in Kommunen mit mindestens 10.000 bis maximal 100.000 Einwohnern nach dem 30.06.2028 neu eingebaut werden, zukünftig mit mindestens 65 %

³ Nicht hierin enthalten ist der Verbrauch des Raffineriegases, das in der Gunvor-Raffinerie produziert

erneuerbaren Energien betrieben werden. In Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern gilt bereits der 30.06.2026 als Frist. Wird in der Kommune auf Grundlage eines erstellten Wärmeplans nach § 26 WPG ein Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärme- oder Wasserstoffnetzen in Form einer gesonderten Satzung ausgewiesen, gilt die 65 %-Regelung des GEG in diesem Gebiet entsprechend früher.

Es ist somit ersichtlich, dass in den kommenden Jahren ein erheblicher Handlungsdruck auf Immobilienbesitzer zukommt. Dies betrifft v.a. die Punkte eines Systemaustauschs gemäß § 72 GEG. Für die Heizsysteme, die eine Betriebsdauer von mehr als 30 Jahren aufweisen, muss demnach geprüft werden, ob eine Verpflichtung zum Austausch des Heizsystems besteht. Zudem sollte eine technische Modernisierung der Heizsysteme mit einer Betriebsdauer zwischen 20 und 30 Jahren erfolgen oder es wird zumindest eine technische Überprüfung empfohlen. Diese sollte um die Komponente einer ganzheitlichen Energieberatung ergänzt werden.

3.4.3 Eingesetzte Energieträger für Wärme

Für die Bereitstellung der Wärme in den Gebäuden werden 1.986 GWh Endenergie pro Jahr benötigt³. Die Zusammensetzung der Energiebereitstellung verdeutlicht die Dominanz fossiler Brennstoffe im aktuellen Energiemix (siehe Abbildung 11). Erdgas trägt mit 1.408 GWh/a (70,9%) maßgeblich zur Wärmeerzeugung bei, gefolgt von Heizöl mit 295 GWh/a (ca. 14,9 %). 11,4 % (ca. 226,1 GWh/a) des Endenergiebedarfs werden durch Wärmenetze versorgt. Biomasse trägt mit 46,5 GWh/a (ca. 2,3 %) zum bereits erneuerbaren Anteil der Wärmeversorgung bei. Ein weiterer Anteil von 10,1 GWh/a (0,5 %) des Endenergiebedarfs wird durch Strom gedeckt, der in Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird. Die aktuelle Zusammensetzung der Endenergie verdeutlicht die Dimension der Herausforderungen auf

und verbraucht wird und nicht über das Gasnetz transportiert wird.

dem Weg zur Dekarbonisierung. Die Verringerung der fossilen Abhängigkeit erfordert die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien, den Bau von Wärmenetzen und die Integration verschiedener Technologien in bestehende Systeme. Technische Innovationen tragen zur ständigen Effizienzsteigerung bei. Eine zielgerichtete, technische Strategie ist unerlässlich, um die Wärmeversorgung zukunftssicher und treibhausgasneutral zu gestalten.

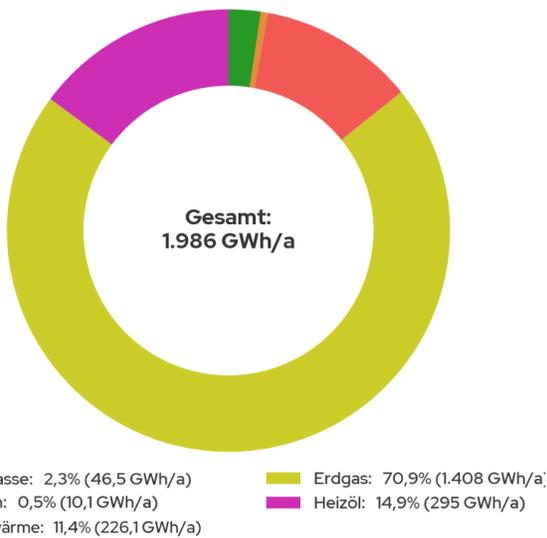


Abbildung 11: Endenergiebedarf nach Energieträger (inkl. Audi)

3.4.4 Stromverbrauch

Aktuell beträgt der Stromverbrauch in Ingolstadt (ohne die Berücksichtigung der Audi AG) ca. 501 GWh jährlich (siehe Abbildung 12). Davon entfallen ca. 40,1% auf den Wohnsektor. 39,1% stammen aus dem GHD Sektor und weitere 15,8% aus der Industrie- und Produktion. Die restlichen 5% des Stromverbrauchs entfallen auf öffentlich genutzte Gebäude und kommunale Liegenschaften. Zusammen mit dem Stromverbrauch der Audi AG in Höhe von ca. 506 GWh⁴ (Audi, 2023), ergibt sich für ganz Ingolstadt ein kumulierter

⁴ wie auch bei den gebäudescharfen Verbrauchswerten der SWI wird hierfür der Median der Jahre 2019 bis 2021 angesetzt.

Strombedarf von etwa 1.007 GWh pro Jahr. Dies wird in Abbildung 13 dargestellt.

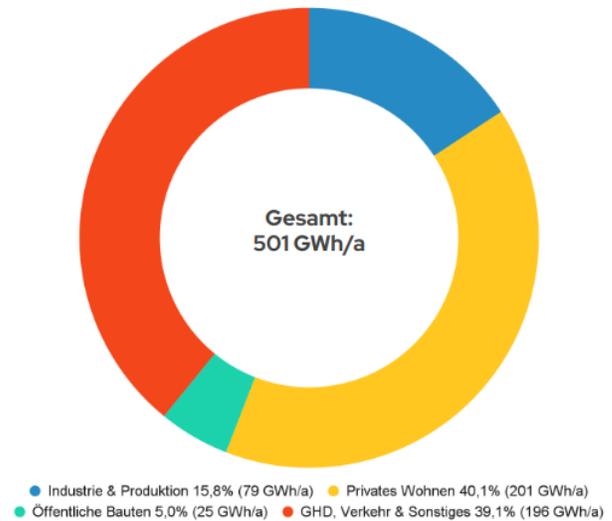


Abbildung 12: Stromverbrauch nach Sektor (ohne Audi AG)

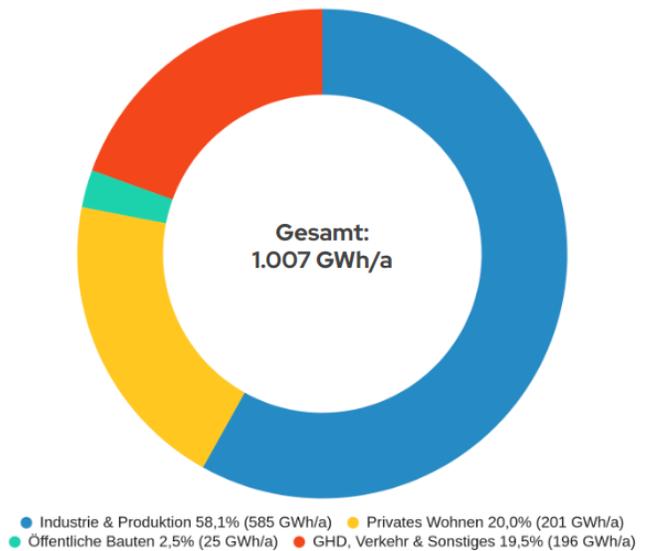


Abbildung 13: Stromverbrauch nach Sektor (inkl. Audi AG)

3.4.5 Eingesetzte Energieträger für Strom

Im Jahr 2022 entfielen rund 61,8 % der Stromlieferung der SWI im Versorgungsgebiet auf erneuerbare Energien, die nach dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG) gefördert werden. An zweiter Stelle folgt mit 27,3 % Anteil Kohlestrom. Anschließend folgen Erdgas (5,6 %), Kernenergie (4,6 %, seit 2024 abgeschaltet) und sonstige fossile Energieträger mit 0,7 % (SWI, 2023). Abbildung 14 stellt den Strommix im Versorgungsgebiet der SWI grafisch dar.

Der lokale CO₂-Mix beträgt in Ingolstadt im Jahr 2022 297 g/kWh. (SWI, 2023).

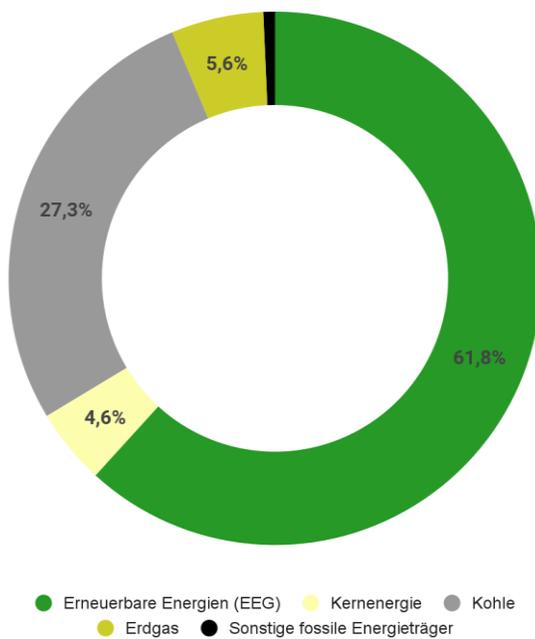


Abbildung 14: Strommix im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Ingolstadt

3.5 Energieerzeugungs- und -verteilstruktur

Im Stadtgebiet Ingolstadt sind mehrere Kraftwerke zur Strom- und Wärmeerzeugung angesiedelt. Abbildung 15 stellt die im Marktstammdatenregister (MaStR) gelisteten Anlagen geographisch verteilt dar. In der Abbildung sind nur Photovoltaikanlagen mit einer

Leistung größer 30 kWp dargestellt, die im MaStR georeferenziert sind. Die Stromerzeugungsanlagen werden in Kapitel 3.5.1 beschrieben, die Wärmeerzeugungsanlagen, welche in das Fernwärmenetz einspeisen, sind in Kapitel 3.5.3 beschrieben.

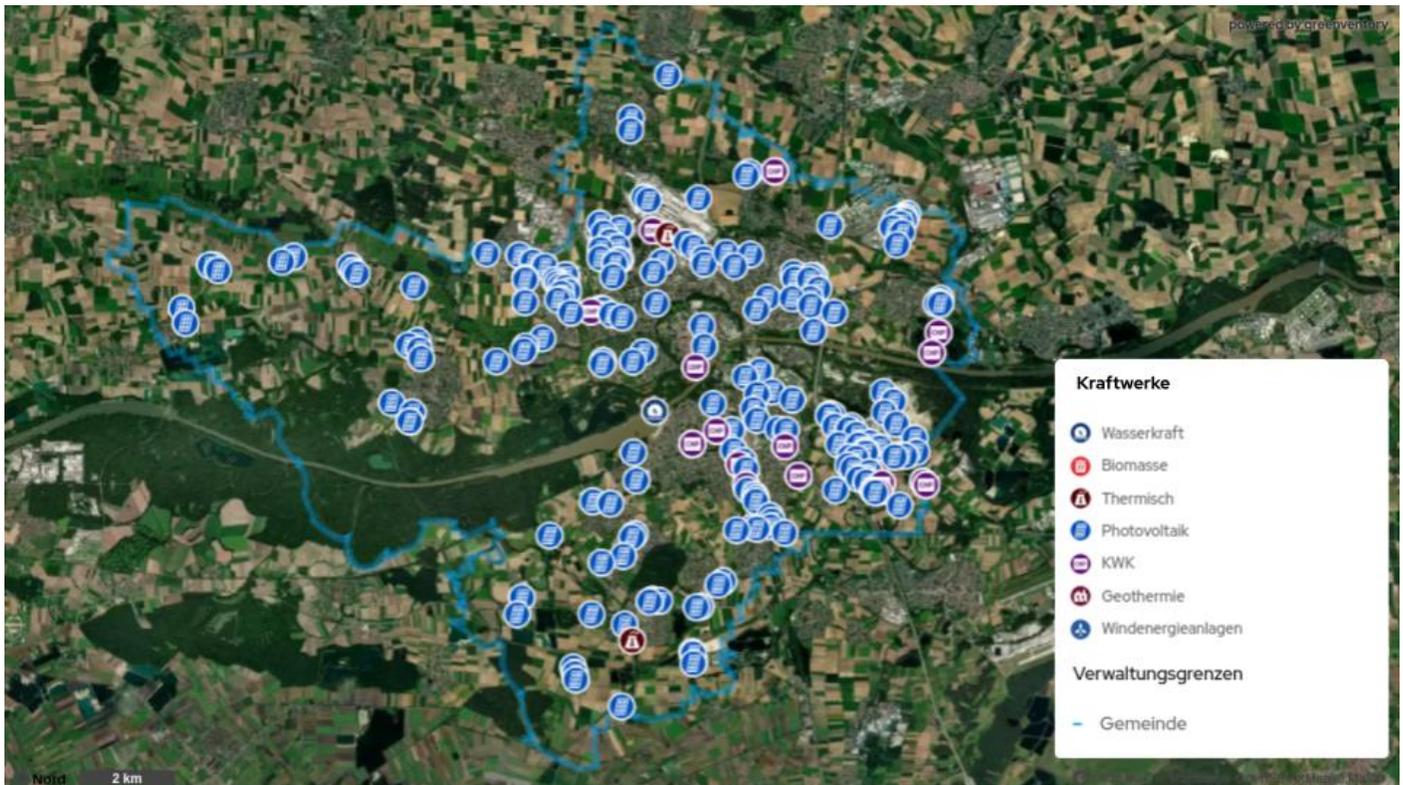


Abbildung 15: Energieerzeuger in Ingolstadt (MaStR)

3.5.1 Strominfrastruktur

Alle Bezirke Ingolstadts sind über das Stromnetz erschlossen. Das Stromnetz wird von den Stadtwerken Ingolstadt (SWI) betrieben. Der vorgelagerte Netzbetreiber ist die Bayernwerk Netz GmbH. Die Verbindung zum Bayernwerk-Netz erfolgt über vier Umspannwerke (Hochspannung/Mittelspannung). Die Umspannwerke Mitte, Etting und Kothau gehören der Bayernwerk Netz GmbH. Das Umspannwerk Richard-Wagner-Straße hingegen gehört den SWI, die es auch betreibt. Darüber hinaus wird die Audi AG über zwei weitere Umspannwerke direkt versorgt, die nicht im Besitz der SWI sind. (SWI, 2024a)

Im Bereich der Wasserkraft ist das Laufwasserkraftwerk Ingolstadt, welches von Uniper betrieben wird und eine elektrische Nennleistung von 19,8 MW besitzt, das relevanteste. Außerdem sind zwei kleinere Kleinwasserkraftwerke in Ingolstadt in Betrieb (< 10 kW Nennleistung). In Ingolstadt gibt es keine Windkraftanlagen und auch keine Anlagen zur Nutzung von Tiefengeothermie. In Ingolstadt existieren zudem zahlreiche Dach- und Freiflächen-Photovoltaikanlagen. Die kumulierte installierte Leistung dieser beträgt ca. 74 MW (Stand Januar 2024).

Die MVA Ingolstadt ist einer der größten Energieerzeuger in der Region. Sie hat eine elektrische

Netto-Nennleistung von 25,6 MW und erzeugte 2019 durch die thermische Behandlung von Restmüll 81,5 GWh elektrische Energie (MVA, 2020).

Auch Biogasanlagen gibt es in Ingolstadt. Südlich der Manchinger Straße steht beispielsweise eine Biogasanlage mit einer Kapazität von 500 kW elektrischer Leistung (Betreiber: Energiehof Mezger). In Gerolfing wird ein Biomassekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 5 kW betrieben, das 2012 etwa 1.700 kWh Strom erzeugte. Auf der Zentralkläranlage in Ingolstadt wird das anfallende Klärgas aus der Schlammfäulung mittels Kraft-Wärmekopplung in BHKWs (960 kW Nennleistung) zur Strom- und Wärmeabgewinnung genutzt. Der erzeugte Strom wird für die Abwasserreinigung verwendet und nicht in das öffentliche Netz eingespeist.

3.5.2 Gasinfrastruktur

In Ingolstadt ist die Gasinfrastruktur flächendeckend etabliert (siehe Abbildung 16). Mit Ausnahme von Winden und Oberbrunnendorf im Süden Ingolstadts

sind alle Ortsteile Ingolstadts durch das Gasnetz mindestens teilerschlossen. Betrieben wird das Gasnetz von den SWI. Der vorgelagerte Gasnetzbetreiber ist die bayernets GmbH. Im Gasbereich werden zusätzlich zu Ingolstadt noch 16 weitere Umlandgemeinden in der Region versorgt. Das sind die Städte Vohburg und Geisenfeld, sowie die Gemeinden Baar-Ebenhausen, Buxheim, Eitensheim, Gaimersheim, Großmehring, Hepberg, Karlskron, Kösching, Lenting, Manching, Pförring, Reichertshofen, Stammham und Wettstetten. Die Verbindung zum bayernets-Netz erfolgt über sieben Übergabestationen in Denkendorf, Steinheilstraße, Zuchering, Karlskroner Straße, Geisenfeld, Vohburg und Pförring. (SWI, 2024b)

Die Eignung für die Nutzung von Wasserstoff im Gasnetz ist gegenwärtig noch Gegenstand von Prüfungen. Die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserstoff hinsichtlich Menge und Preis ist allgemein noch nicht abzusehen. Als Teil der Maßnahme "Zukunftsplan Gasnetz" (s. Kapitel 7) soll dies genauer untersucht werden.

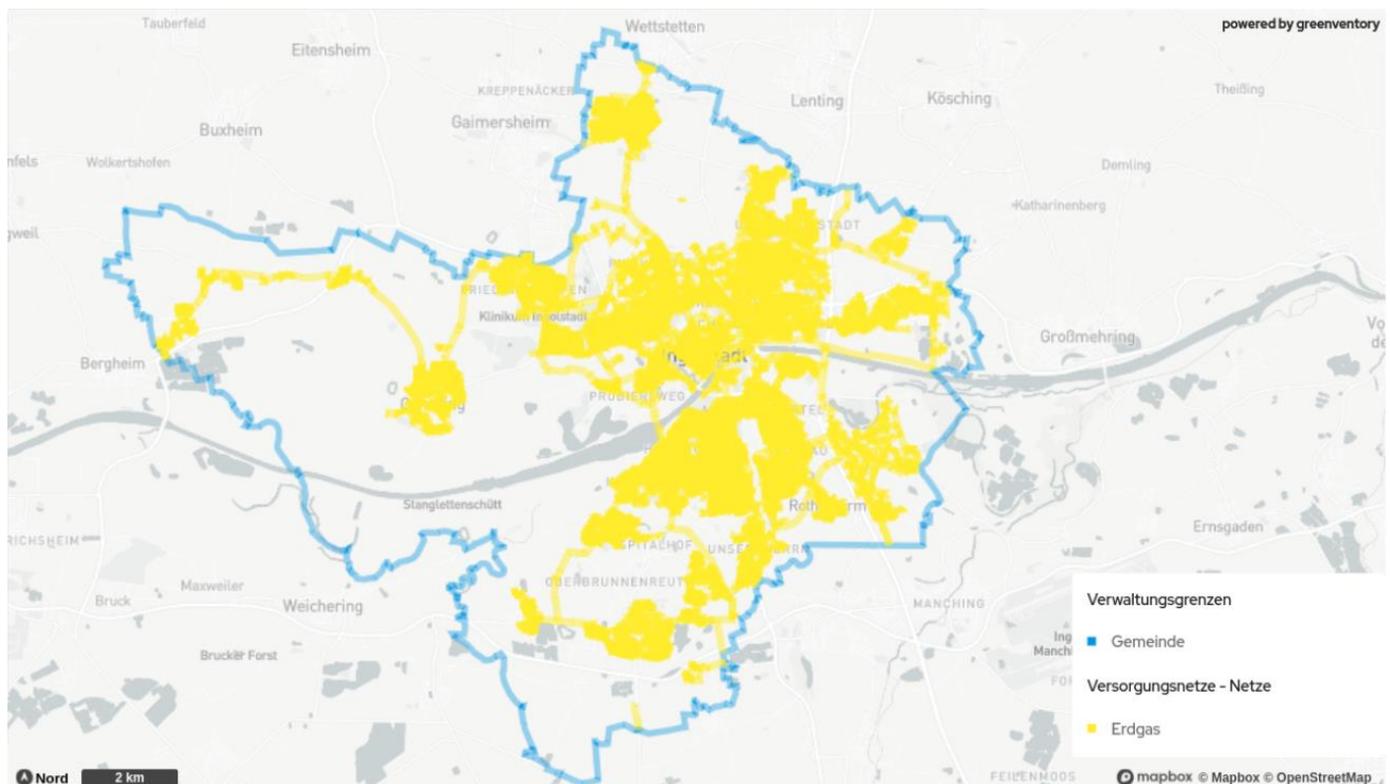


Abbildung 16: Gasnetzinfrastruktur in Ingolstadt

3.5.3 Wärmenetze

Aktuell gibt es in Ingolstadt ein großes Fernwärmeversorgungsgebiet (s. Abbildung 18). Das Versorgungsnetz wird durch die Stadtwerke Ingolstadt betrieben. Die Anschlussquote im Versorgungsgebiet beträgt bezogen auf die Gebäudeanzahl ca. 20-25 %. Zur Wärmeeinspeisung werden primär die industrielle Abwärme der Gunvor Raffinerie (Gunvor) und der Müllverwertungsanlage (MVA) verwendet.

Die Versorgung konzentriert sich dabei auf das Stadtzentrum (Innenstadt), sowie auf die Stadtbezirke Nordwest (insb. Piusviertel und Richard-Wagner-Straße), Nordost (insb. Nürnberger Straße und Teile des Konradviertels und Schuber&Salzer Bezirks), Friedrichshofen-Hollerstauden (insbesondere im Gebiet um den AUDI Kreisel) inkl. dem Klinikum Ingolstadt. Auch die Audi AG und das Güterverkehrszentrum (GVZ) sind an das Netz angeschlossen. Zudem ist ein kleiner Teil Mailings nördlich der MVA an das Fernwärmenetz angeschlossen. Südlich der Donau sind im Stadtbezirk Südost Teile des Monikaviertels und Augustinviertels angeschlossen. Zudem ist das Gewerbegebiet Südost inkl. des Sportparks und des IN-Campus erschlossen.

Ca. 140 GWh Fernwärme werden jährlich von der MVA bereitgestellt und in etwa 130 GWh durch die Gunvor Raffinerie. Dazu existieren weitere Gas-Heizzentralen, die ebenfalls in das Wärmenetz einspeisen und teils zur Absicherung der Spitzenlast dienen.

- Am Mailinger Bach (18 MW)
- "Von-der-Tann-Straße (4 MW)
- Ringlerstraße (18 MW)
- Flandernkaserne/Jesuitenstraße (5,4 MW)
- Hollerstauden/Friedrichshofener Straße (23,8 MW)
- Äußerer Buxheimer Weg (7,2 MW)
- Heizhaus an der Esplanade (8 MW)

Eine weitere Heizzentrale mit einer Nennleistung von 11 MW befindet sich im GVZ. Diese Heizzentralen erzeugen jährlich rund 30 GWh Wärme. Die Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung ist in Abbildung 15 dargestellt. Insgesamt werden über 90 % der Fernwärme durch Abwärme aus der Industrie bzw. Müllverwertung bereitgestellt. Die restliche Wärme stammt aus Gas-Heizzentralen.

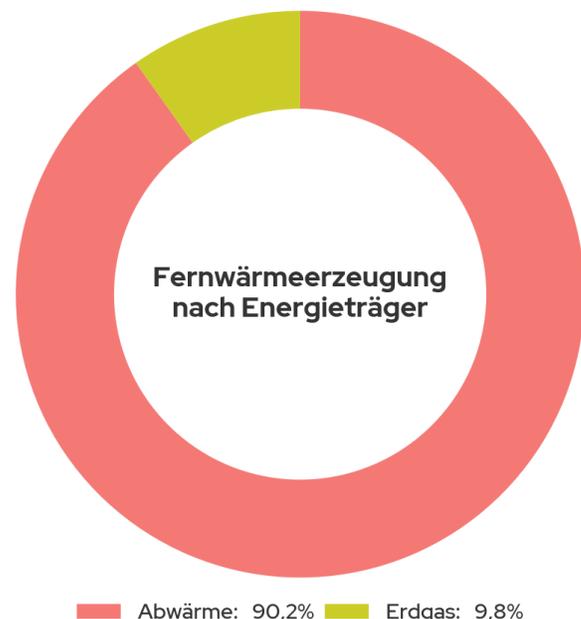


Abbildung 17: Fernwärmeerzeugung nach Energieträger

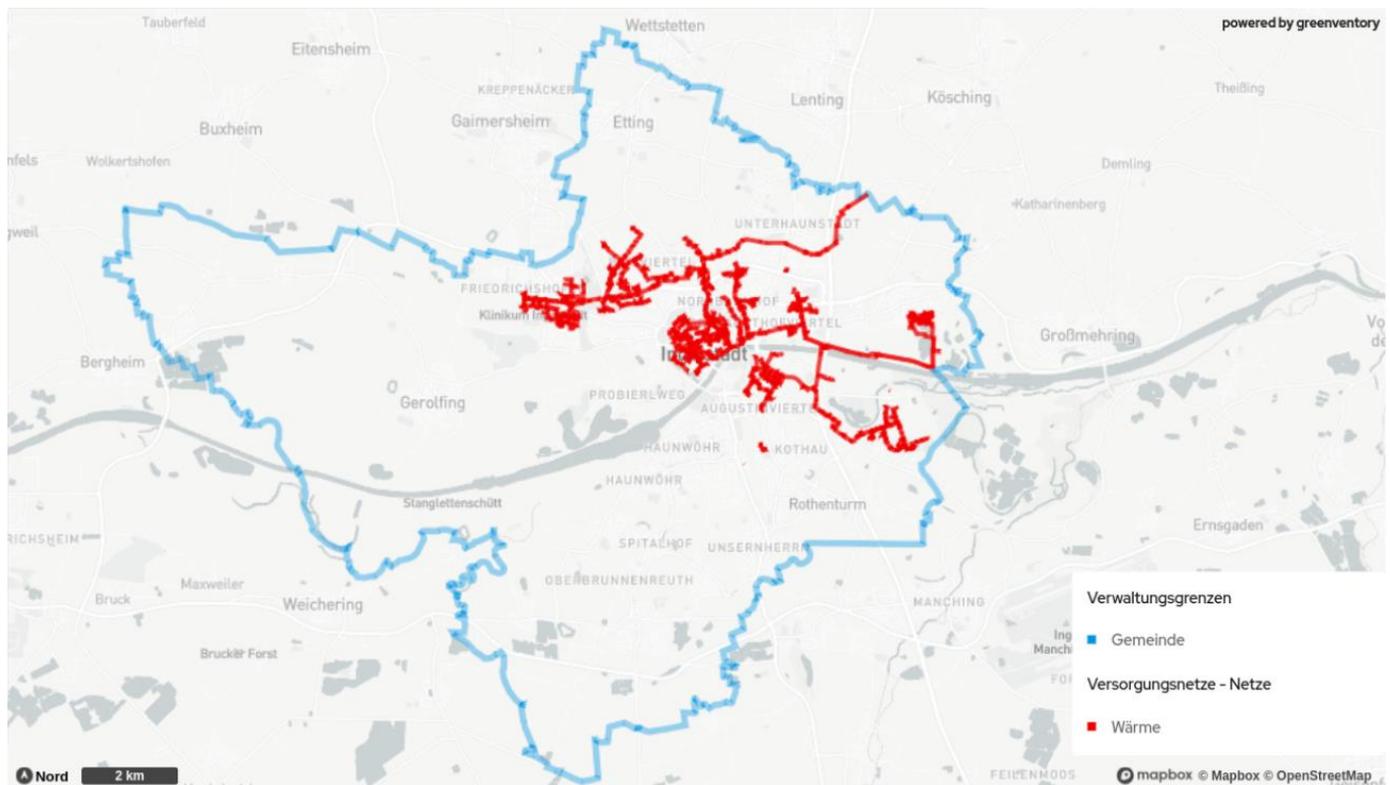


Abbildung 18: Wärmenetzinfrastruktur in Ingolstadt

3.8 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung und des Stromsektors

In Ingolstadt betragen aktuell die gesamten Treibhausgasemissionen im Wärmebereich 442.009 Tonnen CO₂e pro Jahr. Sie entfallen zu 49,7 % auf den Wohnsektor, zu 17,1 % auf den Gewerbe-, Handels und Dienstleistungssektor (GHD), zu 30,4 % auf die Industrie, und zu 2,8 % auf öffentlich genutzte Gebäude (siehe Abbildung 19). Damit sind die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen in etwa proportional zu deren Anteilen am Wärmebedarf (siehe Abbildung 8). Jeder Sektor emittiert also pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme ähnlich viel Treibhausgas, wodurch eine Priorisierung einzelner Sektoren auf Basis der spezifischen Emissionen nicht erfolgen muss. Zusammenfassend zeigt sich, dass in Ingolstadt sowohl die Wirtschaft als auch private Haushalte Schlüsselrollen bei der Wärmewende einnehmen.

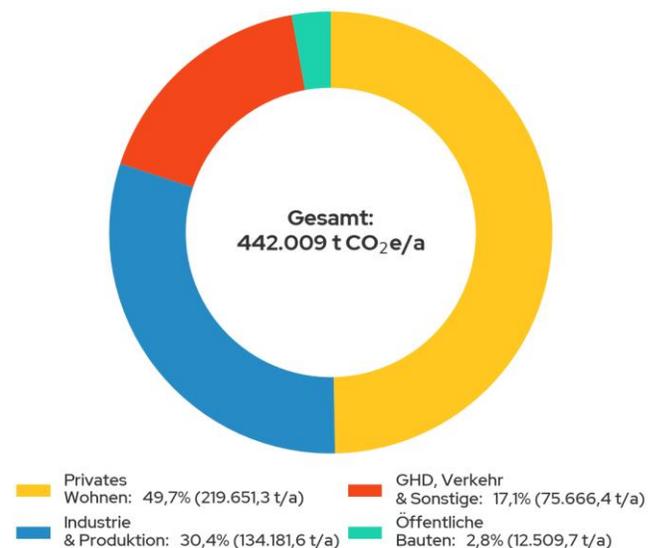


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen für Wärme nach Sektoren in Ingolstadt

Erdgas ist mit 75,8 % der Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen, gefolgt von Heizöl mit 20,8%. Damit verursachen die beiden fossilen Wärmeerzeuger

Erdgas und Heizöl über 96 % der Emissionen im Wärmesektor in Ingolstadt. Der Anteil verursacht durch Abwärme (der MVA und Gunvor Raffinerie) ist mit ca. 2,2 % deutlich geringer. Der Anteil von Strom ist mit ca. 1% ebenfalls deutlich geringer und stammt von der nach wie vor hohen Emissionsintensität des Bundesstrommixes. Biomasse (0,2 %) macht nur einen Bruchteil der Treibhausgas-Emissionen aus (siehe Abbildung 20). An diesen Zahlen wird deutlich, dass der Schlüssel für die Reduktion der Treibhausgase in der Abkehr von Erdgas und Heizöl liegt, aber eben auch in der erneuerbaren Stromerzeugung, zumal dem Strom durch die vorhersehbar starke Zunahme von Wärmepumpen zukünftig eine zentrale Rolle zufallen wird.

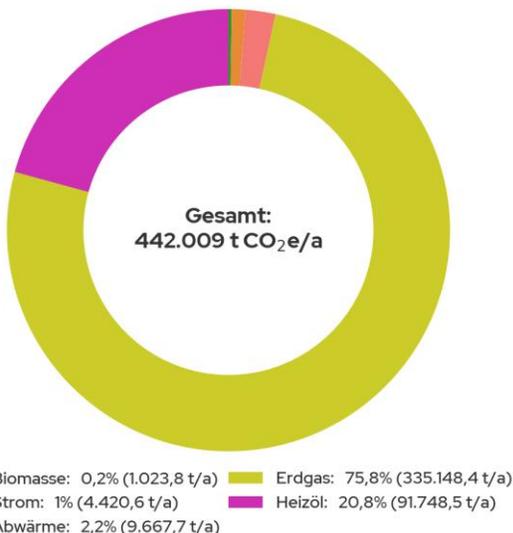


Abbildung 20: Treibhausgasemissionen für Wärme nach Energieträger in Ingolstadt

Die Treibhausgasemissionen des Stromsektors betragen bezogen auf den Bundesstrommix ca. 219.438 Tonnen CO₂e pro Jahr. Die sektorale Aufteilung ist identisch mit der des Stromverbrauchs aus Abbildung 12. Zusammen mit dem Stromverbrauch der Audi AG ergeben sich Emissionen in Höhe von 441.016 Tonnen CO₂e bezogen auf den Bundesstrommix (s. Abbildung 21).

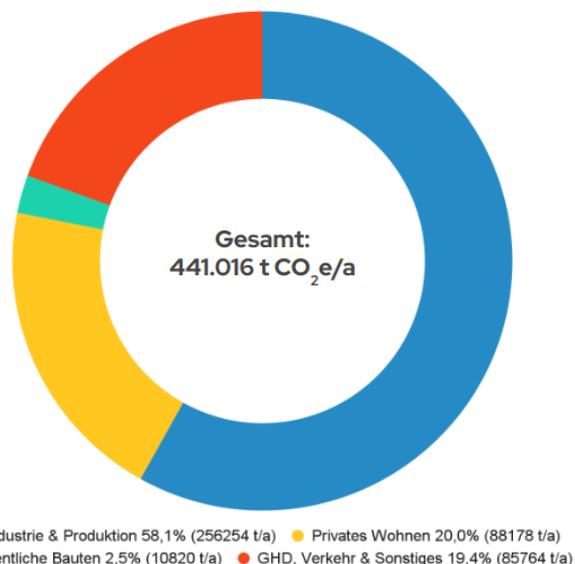


Abbildung 21: Treibhausgasemissionen für Strom nach Sektoren in Ingolstadt (Bundesstrommix, inkl. Audi)

Die verwendeten Emissionsfaktoren lassen sich Tabelle 1 entnehmen. Bei der Betrachtung der Emissionsfaktoren wird der Einfluss der Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß deutlich. Zudem spiegelt sich die erwartete Dekarbonisierung des Stromsektors in den Emissionsfaktoren wider. Dieser entwickelt sich für den deutschen Strommix von heute 0,438 tCO₂/MWh auf zukünftig 0,032 tCO₂/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte. Der zukünftige stark reduzierte Emissionsfaktor des Strommixes spiegelt die erwartete Entwicklung einer fast vollständigen Dekarbonisierung des Stromsektors wider.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträger (KEA, 2023)

Energieträger	Emissionsfaktoren (tCO ₂ /MWh)		
	2021	2030	2040
Strom	0,438	0,270	0,032
Heizöl	0,311	0,311	0,311
Erdgas	0,233	0,233	0,233
Steinkohle	0,431	0,431	0,431
Gase aus regenerativen Quellen	0,090	0,086	0,081
Biomasse (Holz)	0,022	0,022	0,022

Solarthermie	0,013	0,013	0,013
Abwärme	0,040	0,038	0,036
Abfall	0,121	0,121	0,121

Eine örtliche Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen für Wärme auf Baublockebene ist in Abbildung 22 dargestellt. Insbesondere in den Industriegebieten sind die Emissionen besonders hoch. Gründe für hohe lokale Treibhausgasemissionen können große Industriebetriebe oder eine Häufung besonders schlecht sanierter Gebäude gepaart mit dichter Besiedelung sein. Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bedeutet auch eine Verbesserung der Luftqualität, was besonders in den Wohnvierteln eine erhöhte Lebensqualität mit sich bringt.

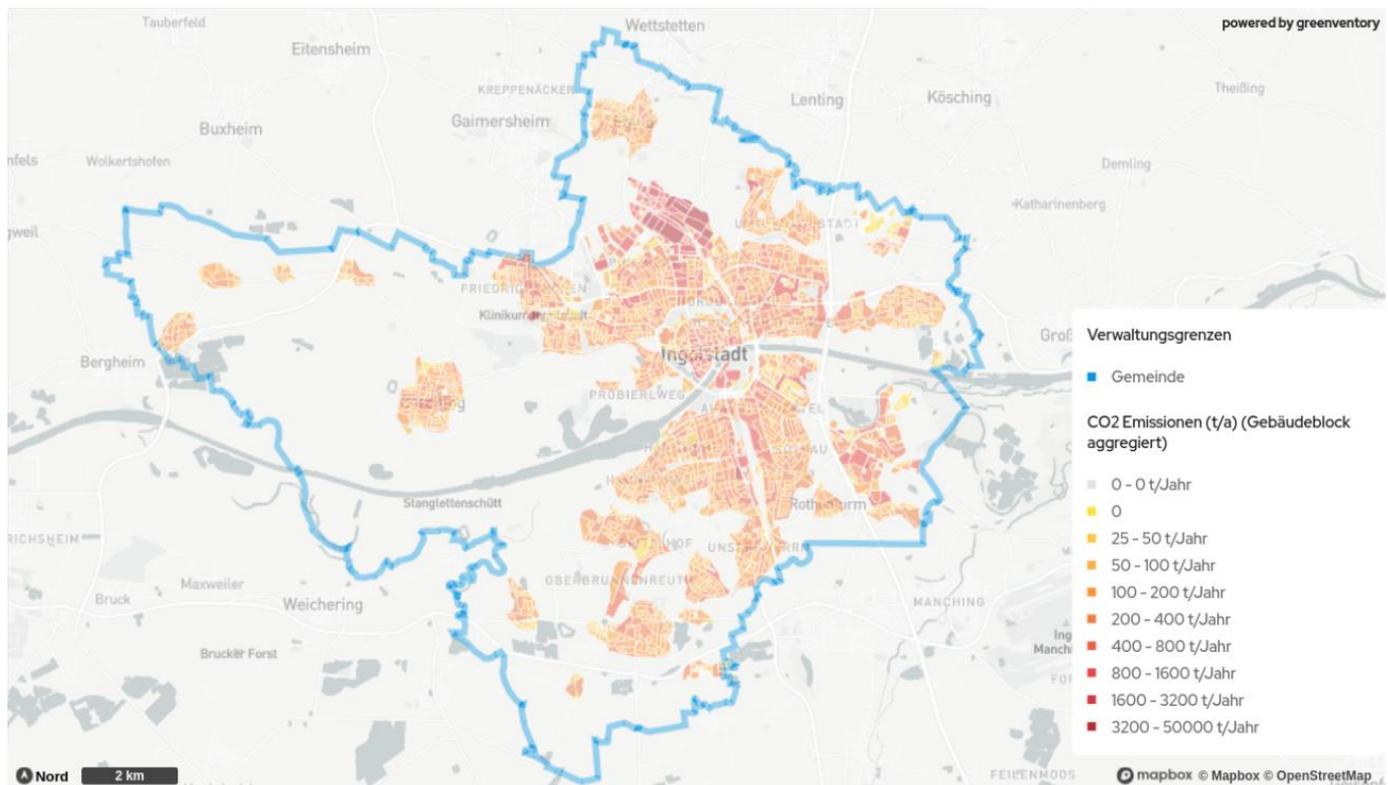


Abbildung 22: Verteilung der Treibhausgasemissionen durch Wärme in Ingolstadt

3.9 Zusammenfassung und Fazit

Die Bestandsanalyse verdeutlicht die zentrale Rolle fossiler Energieträger in der aktuellen Wärmeversorgungsstruktur. Der Großteil der Gebäude ist im Wohnsektor angesiedelt, weshalb Sanierungen von Gebäuden aus den Jahren 1949 bis 1978 beträchtliches Einsparpotenzial bieten. Die Wärmeversorgung in Ingolstadt wird hauptsächlich durch fossile Energieträger, insbesondere Erdgas, dominiert. In den dezentral beheizten Gebäuden ist Heizöl noch sehr relevant. Das bestehende Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt versorgt ein großes Gebiet mit klimaschonender Wärme, hat jedoch eine teilweise niedrige Anschlussquote. Die Emissionen aus dem Wohnsektor und der Wirtschaft sind nahezu gleich verteilt, was verdeutlicht, dass in Ingolstadt beide Akteure Schlüsselrollen in der Wärmewende haben.

Die Analyse betont den dringenden Bedarf an technischer Erneuerung und Umstellung auf erneuerbare Energieträger, um den hohen Anteil

fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung zu reduzieren. Trotz der herausfordernden Ausgangslage zeigen die Daten auch positive Aspekte auf: Ein ausgeprägtes Engagement der Stadt und Stadtwerke, sowie großen Industrieunternehmen, ein großes Fernwärmenetz deuten auf ein solides Fundament für die Gestaltung der Wärmewende hin. Dieses Engagement ist essenziell für die Realisierung einer nachhaltigen, effizienten und letztendlich treibhausgasneutralen Wärmeversorgung.

Im Stromsektor fällt die Hälfte des Strombedarfs aktuell auf einen Akteur. Der restliche Strombedarf und die damit verbundenen Emissionen werden zu etwa ähnlichen Teilen aus dem Wirtschaftssektor und Haushalten verursacht. Insbesondere die installierte Kapazität an Photovoltaik hat sich in den letzten Jahren im Stromsektor stark erhöht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bestandsanalyse nicht nur die Notwendigkeit für einen systematischen und technisch fundierten Ansatz zur

Modernisierung der Wärmeinfrastruktur aufzeigt, sondern auch konkrete Ansatzpunkte und Chancen für die zukünftige Gestaltung der Wärmeversorgung bietet. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger und die Sanierung bzw. der Austausch veralteter Heizsysteme sind dabei zentrale Maßnahmen, die unterstützt durch das Engagement der Stadt und die Nutzung bestehender Erfahrungen mit Wärmenetzen, eine effektive Reduktion der Treibhausgasemissionen und eine nachhaltige Verbesserung der Wärmeversorgung ermöglichen.

4 Potenzialanalyse

Zur Identifizierung der technischen Potenziale wurde eine umfassende Flächenanalyse durchgeführt, bei der sowohl übergeordnete Ausschlusskriterien als auch Eignungskriterien berücksichtigt wurden. Diese Methode ermöglicht für das gesamte Projektgebiet eine robuste, quantitative und räumlich spezifische Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energieressourcen. Die endgültige Nutzbarkeit der erhobenen technischen Potenziale hängt von weiteren Faktoren, wie der Wirtschaftlichkeit, Eigentumsverhältnissen und eventuellen zusätzlich zu beachtenden spezifischen Restriktionen ab, welche Teil von weiterführenden Untersuchungen sind.

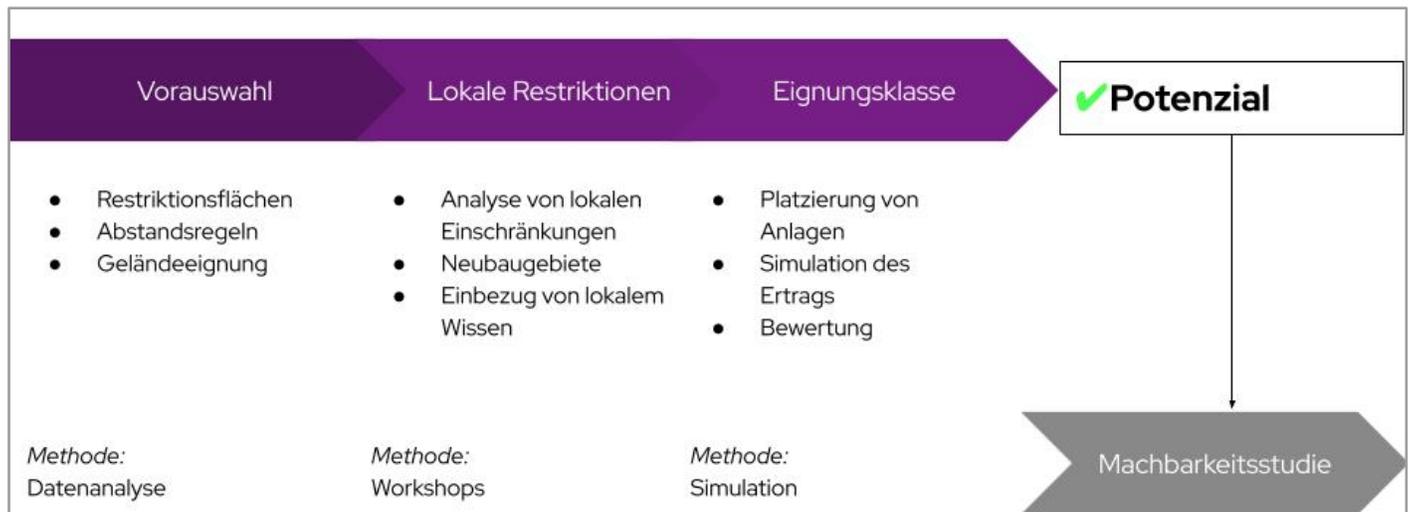


Abbildung 23: Vorgehen bei der Ermittlung von erneuerbaren Potenzialen

4.1 Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse fokussiert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Strom- und Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Sie basiert auf umfassenden Datensätzen aus öffentlichen Quellen und führt zu einer räumlichen Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale. Neben der Bewertung erneuerbarer Strom- und Wärmequellen wurde ebenfalls das Potenzial zur Strom- und Wärmeeinsparung ermittelt. Im Einzelnen wurden folgende Energiepotenziale erfasst:

- Biomasse: Erschließbare Energie aus organischen Materialien
- Windkraft: Stromerzeugungspotenzial aus Windenergie
- Solarthermie (Freifläche & Aufdach): Nutzbare Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung

- Photovoltaik (Freifläche & Aufdach): Stromerzeugung durch Sonneneinstrahlung
- Oberflächennahe Geothermie: Nutzung des Wärmepotenzials der oberen Erdschichten
- Tiefengeothermie: Nutzung von Wärme in tieferen Erdschichten zur Wärme- und Stromgewinnung
- Luftwärmepumpe: Nutzung der Umweltwärme der Umgebungsluft (Schwerpunktprojekt)
- Gewässerwärmepumpe (Flüsse und Seen): Nutzung der Umweltwärme der Gewässer
- Abwärme aus Klärwerken: Nutzbare Restwärme aus Abwasserbehandlungsanlagen
- Industrielle Abwärme: Erschließbare Restwärme aus industriellen Prozessen.

Diese Erfassung ist eine Basis für die Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur

Energiegewinnung und -versorgung. Ergänzt wurde diese u.A. durch die Befragungen relevanter Unternehmen, wie z.B. Wasserkraftwerks-, Biogasanlagen- und Klärwerksbetreiber, um zusätzliche

Ausbaupotenziale bestehender Anlagen zu ermitteln. Das Ausbaupotenzial der Fernwärme wurde detailliert als Teil der kommunalen Wärmeplanung in den Kapiteln 5 bis 7 untersucht.



Abbildung 24: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

4.2 Methode: Indikatorenmodell

Als Basis für die Potenzialanalyse wird eine stufenweise Eingrenzung der Potenziale vorgenommen. Hierfür kommt ein Indikatorenmodell zum Einsatz. In diesem werden alle Flächen in Ingolstadt analysiert und mit spezifischen Indikatoren (z.B. Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung) versehen und bewertet. Die Schritte zur Erhebung des Potenzials sind folgende:

1. Erfassung von strukturellen Merkmalen aller Flächen des Untersuchungsgebietes.
2. Eingrenzung der Flächen anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie weiterer technologiespezifischer Einschränkungen (beispielsweise Mindestgrößen von Flächen für PV-Freiflächen). Die technologiespezifischen Restriktionskriterien sind in Anhang 1 dargestellt.
3. Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials der jeweiligen Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien.

In Tabelle 2 ist eine Auswahl der wichtigsten für die Analyse herangezogenen Flächenkriterien aufgeführt. Anhang 1 stellt diese detaillierter dar. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Richtlinien nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zielt die Potenzialanalyse darauf ab, die Optionen für die Wärmeversorgung, insbesondere bezüglich der Fernwärme in den Eignungsgebieten, zu präzisieren und zu bewerten. Gemäß den Richtlinien des Handlungsleitfadens zur kommunalen Wärmeplanung der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW, 2020) fokussiert sich diese Analyse primär auf die Identifikation des technischen Potenzials (siehe Infobox - Definition von Potenzialen). Neben der technischen Realisierbarkeit sind auch ökonomische und soziale Faktoren bei der späteren Entwicklung spezifischer Flächen zu berücksichtigen. Es ist zu beachten, dass sowohl ENP als auch KWP nicht den Anspruch erheben, eine detaillierte Potenzialstudie

zu sein. Tatsächlich realisierbare Potenziale werden in nachgelagerten kommunalen Prozessen ermittelt.

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial	Wichtigste Kriterien (Auswahl)
Elektrische Potenziale	
Windkraft	Abstand zu Siedlungsflächen, Flächenneigung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Flächengüte
PV Freiflächen	Siedlungsflächen (inkl. Abstand 100m), Flächenneigung, Infrastruktur, Naturschutz, rechtlich festgesetzte Ausgleichs- und Ersatzflächen (Ökoflächenkataster), Wasserschutzgebiete, hochwertige landwirtschaftliche nutzbare Flächen, Flächengüte
PV Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Thermische Potenziale	
Abwärme aus Klärwerken	Klärwerk-Standorte, Anzahl versorgter Haushalte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Industrielle Abwärme	Wärmemengen, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit
Biomasse	Landnutzung, Naturschutz, Hektarerträge von Energiepflanzen, Heizwerte, techno-ökonomische Anlagenparameter
Solarthermie Freiflächen	Siedlungsflächen (inkl. Abstand 100m), Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, rechtlich festgesetzte Ausgleichs- und Ersatzflächen (Ökoflächenkataster), Wasserschutzgebiete, hochwertige landwirtschaftliche nutzbare Flächen, Nähe zu Wärmeverbrauchern (< 1000 m geeignet, < 200 m gut geeignet)
Solarthermie Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Oberflächennahe Geothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Nähe zu Wärmeverbrauchern (< 1000 m geeignet, < 200 m gut geeignet)
Tiefengeothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Potenzial, Gesteinstypen
Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, Gebäudealter, techno-ökonomische Anlagenparameter, gesetzliche Vorgaben zu Abständen

Großwärmepumpen Flüsse und Seen	Landnutzung, Naturschutz, Temperatur- und Abflussdaten der Gewässer, Nähe zu Wärmeverbrauchern, techno-ökonomische Anlagenparameter, Nähe zu Wärmeverbrauchern (< 1000 m geeignet, < 200 m gut geeignet)
---------------------------------	--

Infobox - Definition von Potenzialen

Infobox: Potenzialbegriffe

Theoretisches Potenzial:

Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

Technisches Potenzial:

Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten. Das technische Potenzial ist somit als Obergrenze anzusehen. Differenzierung in:

- *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter und weicher Kriterien. Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang“ eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.
- *Bedingt geeignetes Potenzial* (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert eingeräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieranlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

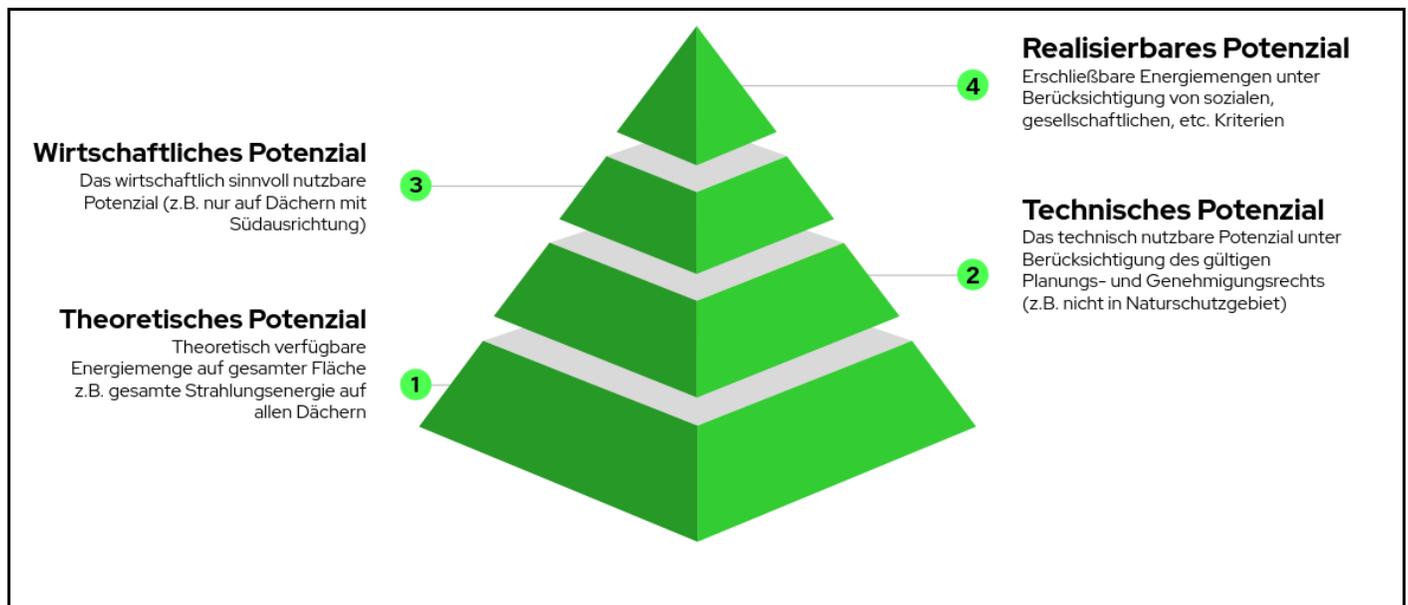
→ **Das technische Potenzial wird im Rahmen des ENPs und der kommunalen Wärmeplanung ermittelt und analysiert.**

Wirtschaftliches Potenzial:

Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Bau- und Erschließungs- sowie Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise).

Realisierbares Potenzial:

Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. „praktisch nutzbaren Potenzial“.



4.3 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale in Ingolstadt zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom. Es gilt zu beachten, dass einige der Potenziale zur Stromerzeugung wie z.B. Freiflächen-PV mit Potenzialen zur Wärmeerzeugung, in diesem Fall Freiflächen Solarthermie, stehen. Die nachfolgende Potenzialuntersuchung zeigt je Energieträger das maximale Erzeugungspotenzial ohne Berücksichtigung der Flächenkonkurrenz.

Biomasse wird für Wärme oder Strom entweder direkt verbrannt oder zu Biogas vergoren. Für die Biomassenutzung geeignete Gebiete schließen Naturschutzgebiete aus und berücksichtigen landwirtschaftliche Flächen (Mais, Stroh), Waldflächen (Restholz), Reben und Gras (Reb- und Grünschnitt) und Wohngebiete (städtischen Haus- und Biomüll). Die Potenzialberechnung basiert auf Durchschnittserträgen und der Einwohnerzahl für städtische Biomasse, wobei wirtschaftliche Faktoren wie die Nutzungseffizienz von Mais und die Verwertbarkeit von Gras und Stroh berücksichtigt werden. Es zeigt sich, dass die Nutzung von ausschließlich in Ingolstadt vorhandener Biomasse nur einen geringen Beitrag zur Stromerzeugung leisten

könnte. Der Einsatz von Biomasse sollte daher eher für die Wärmeerzeugung genutzt werden. Zusätzlich zum rechnerisch ermittelten technischen Potenzial wurden Betreiber bestehender Biogasanlagen auf freiwilliger Basis u.A. nach möglichen Ausbauplänen und -potenzialen befragt. Die Antworten waren hier gemischt, während einige Biogasanlagenbetreiber einen Ausbau anstreben, gehen andere eher von einem Rückbau aufgrund der aus Sicht der Biogasanlagenbetreiber schwierigen rechtlichen Rahmenbedingungen aus. Im Vergleich zu heute kann auf Basis der Befragungen insgesamt von einer niedrigen Steigung der Nennleistung in der Größenordnung < 1 MW ausgegangen werden.

Windkraftanlagen nutzen Wind zur Stromerzeugung und sind eine zentrale Form der **Windenergienutzung**. Potenzialflächen werden nach technischen und ökologischen Kriterien sowie Abstandsregelungen selektiert, wobei Gebiete mit mindestens 1.900 Volllaststunden als gut geeignet gelten. Die Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt lokale Windverhältnisse, Anlagentypen und erwartete Energieerträge, wobei Flächen unter 1.900 Volllaststunden ausgeschlossen werden. In Ingolstadt liegt aufgrund der vorhandenen Flächenrestriktionen

durch die umliegenden Flughäfen Manching und Neuburg an der Donau kein Windkraft Potenzial vor. Eine gute Übersicht bietet hierzu auch der Energie-Atlas Bayern.

Photovoltaik auf Freiflächen stellt mit 3.104 GWh/a das größte erneuerbare Potenzial dar, wobei Flächen als grundsätzlich geeignet ausgewiesen werden, die keinen Restriktionen unterliegen und die technischen Anforderungen erfüllen; besonders beachtet werden dabei Naturschutz, Hangneigungen, Überschwemmungsgebiete und gesetzliche Abstandsregeln. Die verwendeten Restriktionen basieren hierbei zusätzlich auf dem PV-Freiflächen Kriterienkatalog der Stadt Ingolstadt und enthalten damit auch Kriterien wie das Ökoflächenkataster und die Bodenfruchtbarkeit. Bei der Potenzialberechnung werden Module optimal platziert und unter Berücksichtigung von Verschattung und Sonneneinstrahlung werden jährliche Volllaststunden und der Jahresenergieertrag pro Gebiet errechnet. Die wirtschaftliche Nutzbarkeit wird basierend auf Mindestvolllaststunden und dem Neigungswinkel des Geländes bewertet, um nur die rentabelsten Flächen einzubeziehen. Zusätzlich zum ermittelten technischen Potenzial sind für die tatsächliche Umsetzbarkeit auch Flächenkonflikte, beispielsweise mit landwirtschaftlichen Nutzflächen sowie die Netzanschlussmöglichkeiten abzuwägen. Das gilt es im Anschluss an den ENP tiefergehend zu untersuchen.

Agri-Photovoltaik als Teilmenge des Freiflächen-PV-Potenzials stellt ein Potenzial von etwa 2.173 GWh/a auf. Dabei werden die landwirtschaftlichen Flächen des Freiflächenpotenzials sowie der erhöhte Flächenbedarf von hoch aufgeständerte Agri-PV-Systemen im Vergleich herkömmliche Freiflächensystemen dargestellt (ISE, 2022). Das Potenzial der Agri-PV steht im Wettbewerb mit dem von Freiflächen-PV. Im Gegensatz zu konventionellen Freiflächen-PV-Anlagen

ermöglicht Agri-PV teilweise eine kombinierte Nutzung mit der Landwirtschaft.

Das Potenzial für **Photovoltaikanlagen auf Dachflächen** fällt mit 667 GWh/a geringer aus als in der Freifläche, bietet jedoch den Vorteil, dass es ohne zusätzlichen Flächenbedarf oder größere Flächenkonflikte ausgeschöpft werden kann. Eine Ausnahme stellt dabei der Flächenkonflikt zwischen Solarthermie auf Dachflächen. Berücksichtigt wurden wie auch im Solarpotenzialkataster der Stadt Ingolstadt⁵ die denkmalgeschützten Gebäude. Auf diesen gilt die Regelung, dass für von außen nicht einsehbare Dachflächen nach Einzelfallprüfung eine Genehmigung erteilt und eine PV-Anlage installiert werden kann. Dies beinhaltet ebenfalls das Ensemble der Altstadt. In der aktuellen Analyse wird davon ausgegangen (siehe KEA-BW), dass das Stromerzeugungspotenzial von Photovoltaik auf 50 % der Dachflächen von Gebäuden über 50 m² möglich ist. Die jährliche Stromproduktion wird durch flächenspezifische Leistung (160 kWh/m²a) berechnet. Im Vergleich zu Freiflächenanlagen ist allerdings mit höheren spezifischen Kosten zu kalkulieren. In Kombination mit Wärmepumpen ist das Potenzial von PV auf Dachflächen gerade für die Warmwasserbereitstellung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten interessant. Zusammenfassend bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur erneuerbaren Stromerzeugung in Ingolstadt, wobei jede Technologie ihre eigenen Herausforderungen und Kostenstrukturen mit sich bringt. Bei der Umsetzung von Projekten sollten daher sowohl die technischen als auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig abgewogen werden. Es ist jedoch hervorzuheben, dass die Nutzung der Dachflächen der Erschließung von Freiflächen vorzuziehen ist. Es stellt sich die Frage, wie der erzeugte Strom von Photovoltaik-Anlagen bestmöglich vor Ort genutzt werden kann und inwiefern die Entwicklung der Elektromobilität sowie die Nutzung von **Fahrzeugen als**

⁵ <https://www.solare-stadt.de/ingolstadt/Solarpotenzialkataster>

zusätzliche Speicher eine Rolle spielen könnten. Aktuell liegt hierfür noch keine rechtliche Grundlage vor, die nachfolgende Infobox stellt das denkbare Potenzial dar.

Infobox - Fahrzeuge als bivalente Speicher

Infobox: Fahrzeuge als zusätzliche Speicher

In Zukunft könnten - bei Vorhandensein einer rechtlichen Grundlage - Fahrzeuge zum Beispiel in Summe als virtuelle Kraftwerke einen Beitrag zur Stromspeicherung tragen.

Unter der Annahme, dass sich die Anzahl zugelassener PKWs in Ingolstadt nicht signifikant verändert⁶ und der Anteil der Elektroautos, die als Speicher genutzt werden können, bis 2035 auf 50 % zunimmt, ergibt sich eine theoretische Gesamtspeicherkapazität von 3,98 GWh⁷ durch diese Elektroautos. Zusätzlich können auch Haushalte als potenzielle Speicher betrachtet werden. Unter der Annahme, dass ein Drittel des Potenzials für Photovoltaik auf den Dächern in Ingolstadt genutzt wird (222,33 GWh) und jedes zweite dieser Gebäude eine Stromspeichermöglichkeit besitzt, die einem Verhältnis von 1 kWh pro 1 kWp installierter Leistung entspricht, ergibt sich eine theoretische Speicherkapazität in Gebäuden von 111,2 MWh. Somit ergibt sich eine Gesamtspeicherkapazität durch Stromspeicher in Gebäuden und Elektroauto-Batterien von 4,09 GWh. Im Vergleich dazu beträgt die angenommene Stromerzeugung von Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern (222,33 GWh) und der angenommene Strombedarf durch Wärmepumpen gemäß dem Zielszenario (siehe Kapitel 6) 138 GWh. Diese lokalen Speicher können daher nur als Kurzzeitspeicher fungieren, um temporär einen Teil des Strombedarfs durch Wärmepumpen zu decken. Durch die zusätzliche Nutzung von Autobatterien als Speicher kann die lokale

Speicherkapazität erhöht werden. In Spitzenlastzeiten und insbesondere bei Gebäuden mit hohem Strombedarf und wenig Potenzial für Photovoltaik (z. B. Mehrfamilienhäuser oder Apartmentgebäude) könnten sie besonders interessant sein. Bei möglichen Planungen sollten auch weitere Faktoren wie die Saisonalität und Langzeitspeicher berücksichtigt werden.

Potenzial zur Nutzung von **Tiefengeothermie** liegt in Ingolstadt nicht vor, da die geologischen Voraussetzungen hierfür nicht gegeben sind.

Auch wurde neben den bestehenden **Wasserkraftwerken** kein Ausbaupotenzial zur Stromerzeugung durch Wasserkraft oder Effizienzsteigerung bestehender Anlagen ermittelt.

4.4 Potenziale zur Wärmeerzeugung

Die Untersuchung der thermischen Potenziale offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung.

Solarthermie auf Freiflächen stellt mit einem Potenzial von 5.006 GWh/a die größte Ressource dar. Solarthermie nutzt Sonnenstrahlung, um mit Kollektoren Wärme zu erzeugen und über ein Verteilsystem zu transportieren. Geeignete Flächen werden nach technischen Anforderungen und ohne Restriktionen wie Naturschutz und bauliche Infrastruktur ausgewählt, wobei Flächen unter 500 m² ausgeschlossen werden. Wie beim PV-Freiflächenpotenzial beruht die Auswahl der Flächen auf dem Kriterienkatalog der Stadt Ingolstadt. Die Potenzialberechnung basiert auf einer Leistungsdichte von 3.000 kW/ha und berücksichtigt Einstrahlungsdaten sowie Verschattung, mit einem Reduktionsfaktor für den Jahresenergieertrag und einer wirtschaftlichen Grenze von maximal 1.000 m zur Siedlungsfläche. Bei der Planung und Erschließung von Solarthermie sind jedoch Flächenverfügbarkeit und

⁶ zum 1.1.24 waren 103.495 Fahrzeuge in Ingolstadt zugelassen (KBA, 2024)

⁷ Annahme 77 kWh Speicher je Fahrzeug (Vergleichsauto VW ID.3 Pro S⁰³)

Anbindung an Wärmenetze zu berücksichtigen. Auch sollten geeignete Flächen für die Wärmespeicherung (eine Woche bis zu mehreren Monaten je nach Einbindungskonzept) vorgesehen werden. Zudem sei darauf hingewiesen, dass es bei Solarthermie- und PV-Freiflächenanlagen eine Flächenkonkurrenz gibt.

Auch auf Dachflächen kann Solarthermie genutzt werden. Wie auch bei PV auf Dachflächen wurden die Restriktionen auf denkmalgeschützten Gebäude inkl. des Altstadtensembles berücksichtigt. Bei der **Solarthermie auf Dachflächen** wird mittels KEA-BW Methode das Potenzial aus 25 % der Dachflächen über 50 m² für die Wärmeerzeugung geschätzt. Die jährliche Produktion basiert auf 400 kWh/m² durch flächenspezifische Leistung und durchschnittliche Volllaststunden. Die Potenziale der Dachflächen für Solarthermie belaufen sich auf 260 GWh/a und konkurrieren direkt mit den Potenzialen für Photovoltaik-Anlagen auf Dächern. Eine Entscheidung für die Nutzung des einen oder anderen Potenzials sollte individuell getroffen werden.

Wärmepumpen sind eine etablierte und unter gewissen Bedingungen energetisch hocheffiziente Technologie für die Wärmeerzeugung. Eine Wärmepumpe ist ein Gerät, das Wärmeenergie aus einer Quelle (wie Luft, Wasser oder Erde) auf ein höheres Temperaturniveau transferiert, um Gebäude zu heizen oder mit Warmwasser zu versorgen. Sie nutzt dabei ein Kältemittel, das im Kreislauf geführt wird, um Wärme aufzunehmen und abzugeben. Effektiv wie ein Kühlschrank, der in umgekehrter Richtung arbeitet. Wärmepumpen können vielseitig in Ingolstadt genutzt werden. Das Potenzial der Luftwärmepumpe (1.441 GWh/a) ergibt sich im direkten Umfeld der Gebäude. Das Potenzial der Erdwärmekollektoren (3.444 GWh/a) ergibt sich im direkten Umfeld der Gebäude sowie den angrenzenden Freiflächen. Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher, die wenige Meter unter der Erdoberfläche liegen und die konstante Erdtemperatur nutzen, um über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit Wärme zu einer Wärmepumpe

zu leiten. Dort wird die Wärme für die Beheizung von Gebäuden oder Warmwasserbereitung aufbereitet. Luftwärmepumpen haben für die zukünftige Wärmeversorgung ein großes Potenzial. Dieses ist besonders groß für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie kleinere bis mittlere Mehrfamilienhäuser und kann im Vergleich zu Erdwärmekollektoren auch in Gebieten ohne große Flächenverfügbarkeit genutzt werden, sofern die geltenden Abstandsregelungen zum Lärmschutz eingehalten werden. Auch für die Nutzung in Wärmenetzen sind Luftwärmepumpen mit einer Größenordnung von 1-4 MW gut geeignet. Essenziell bei der Nutzung von Wärmepumpen ist eine Optimierung der Temperaturen, um möglichst geringe Temperaturhübe zu benötigen.

Oberflächennahe Geothermie (Sonden) hat ein Potenzial von 3.505 GWh/a in Ingolstadt. Die Technologie nutzt konstante Erdtemperaturen bis 100 m Tiefe mit einem System aus Erdwärmesonden und Wärmepumpe zur Wärmeextraktion und -anhebung. Die Potenzialberechnung berücksichtigt spezifische geologische Daten und schließt Wohn- sowie Gewerbegebiete ein, wobei Gewässer und Schutzzonen ausgeschlossen und die Potenziale einzelner Bohrlöcher unter Verwendung von Kennzahlen abgeschätzt werden. Es ist zu erwähnen, dass aufgrund der (hydro-)geologischen Gegebenheiten vor Ort in großen Teilen Ingolstadts, insbesondere nördlich der Donau, die Nutzung von Erdwärmesonden einer Einzelfalluntersuchung unterliegt und folglich nur bedingt geeignet ist.

Das thermische **Biomassepotenzial** beträgt 86 GWh/a und setzt sich aus Waldrestholz, Hausmüll, Grünschnitt, Rebschnitt und dem möglichen Anbau von Energiepflanzen zusammen. Biomasse hat den Vorteil einer einfachen technischen Nutzbarkeit sowie hoher Temperaturen. Allerdings ist ersichtlich, dass diese nur in sehr begrenzter Menge lokal zur Verfügung steht.

Das Potenzial für **Gewässerwärmepumpen** in Ingolstadt beträgt 236 GWh/a durch Seewärme und 175 GWh/a durch Flusswärme. Für die Gebietsbestimmung

wurden Aufstellflächen für Gewässerwärmepumpen in unmittelbarer Nähe (50 m) zu den relevanten Gewässern berücksichtigt, in welchen keine Ausschlussflächen vorliegen. Innerhalb dieser Flächen werden mögliche Standorte für die Wärmepumpen festgelegt und fiktive Wärmepumpen platziert, wobei ein Mindestabstand zwischen den Standorten eingehalten wird. Ausgehend hiervon wird für den jeweils einzelnen Standort berechnet, welche Wärmemengen den Gewässern jeweils insgesamt und gleichzeitig entzogen werden könnten. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass maximal 5% des mittleren Niedrigwasserabflusses aus Flüssen und maximal 0,5 K aus dem gesamten Seevolumen entnommen werden können.

Insbesondere das Flusswärmepotenzial entsteht durch die Donau und ist aufgrund der Natura2000 Gebiete vollständig in der Innenstadt und in der Nähe von Wärmesenken zwischen dem Stauwehr und der Autobahnbrücke verortet. Die Anfang 2024 veröffentlichte Studie des FfE zum Flusswärmepotenzial in Bayern ermittelt für Ingolstadt einen theoretisch möglichen Deckungsgrad von ca. 25 % - 50 % (Januar) bzw. von über 100 % (Juni) in der Wärmeversorgung durch Flusswärme (FfE, 2024). Dieser ist höher als der in diesem ENP ermittelte Deckungsgrad von ca. 10 % bezogen auf den heutigen Wärmebedarf. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Studie des FfEs das theoretische Potenzial ermittelt, während im ENP das technische Potenzial ermittelt wird (s. auch Infobox "Potenzialbegriffe"). Das im ENP ermittelte Potenzial enthält, wie in Kapitel 4.2 und Tabelle 2 dargestellt, zusätzliche Restriktionen, welche das technische Potenzial im Vergleich zum theoretischen Potenzial weiter eingrenzen.

Das **Abwärmepotenzial**, welches aus dem geklärten Abwasser am Kläranlagenauslauf gehoben werden kann, wurde rechnerisch auf 116 GWh/a beziffert. Zusätzlich fand eine Abfrage des Potenzials bei der Zentralkläranlage (ZKA) statt. Das anfallende Klärgas aus der Schlammfäulung wird aktuell in den ZKA-

eigenen BHKWs zur Strom- und Wärmegewinnung genutzt. Sowohl der erzeugte Strom als auch die anfallende Wärme werden aktuell vollständig für den Eigenbetrieb der Anlage genutzt. Die Eigenerzeugungsquote im Bereich Strom liegt bei ca. 60 %. Eine Einspeisung des Stroms in das öffentliche Netz oder eine Einspeisung der Wärme in das Wärmenetz ist somit nicht vorgesehen.

Für die Evaluierung der Nutzung von industrieller Abwärme wurden in Ingolstadt auf freiwilliger Basis Abfragen bei möglichen relevanten Industrie- und Gewerbebetrieben durchgeführt und so ein Potenzial von ca. 53 GWh/a identifiziert. Das tatsächliche Potenzial ist voraussichtlich deutlich höher. Die Abwärme von Gunvor ist in diesem ebenfalls nicht enthalten, da der Hauptsitz Gunvors im Landkreis Eichstätt und nicht auf dem Gebiet Ingolstadts liegt. Neben dem bestehenden bereits genutzten Potenzial zur Einspeisung in das Fernwärmenetz liegen hier weitere 500 GWh/a Abwärme im Temperaturbereich von 50 bis 100 Grad Celsius vor (konservative Erstabschätzung). Unterhalb von 50 Grad Celsius könnten weitere signifikante Mengen an Abwärme verfügbar sein. Die produzierte Wärme der MVA ist im Graphen ebenfalls nicht enthalten.

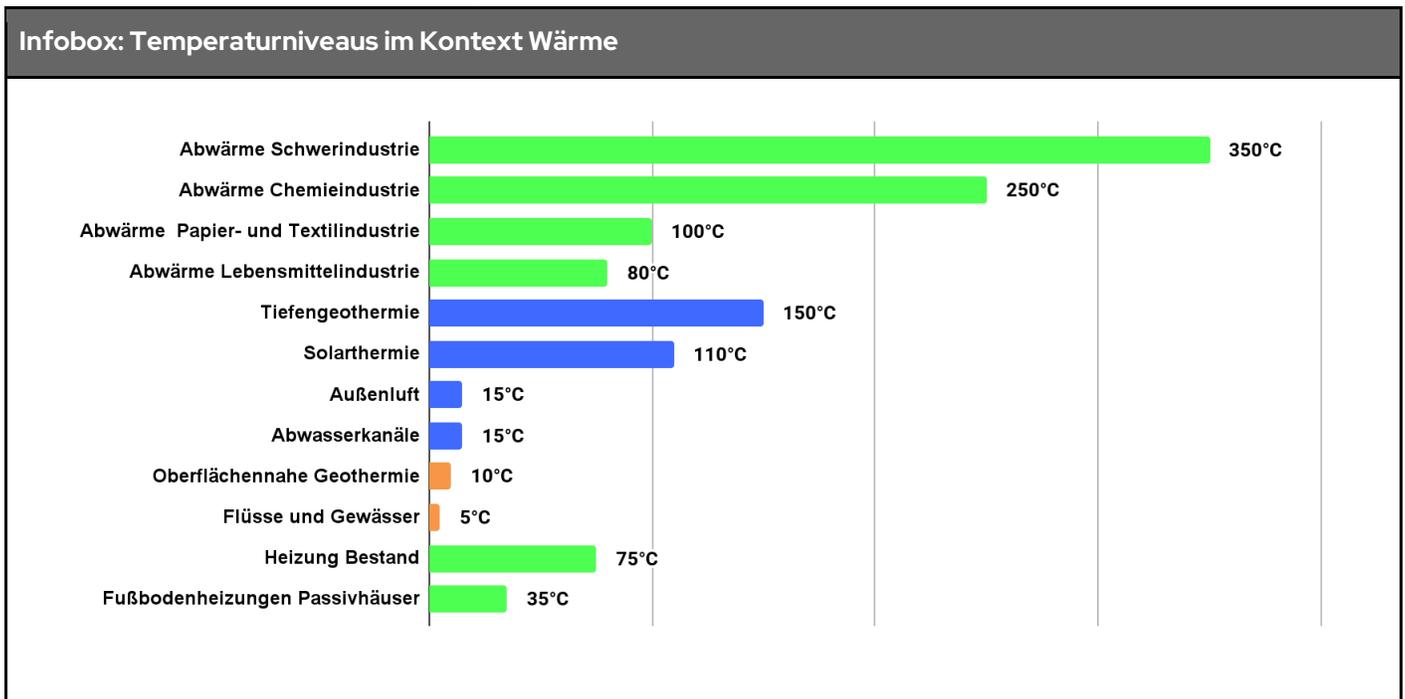
In nachfolgenden Untersuchungen können die möglichen Abwärmepotenziale derjenigen Betriebe quantifiziert werden, die eine Bereitschaft zur Bereitstellung von Abwärme signalisiert haben. Ein Ergebnis der zusätzlichen Befragung der Biogasanlagenbetreiber war der grundsätzliche Wunsch diese Wärme einzuspeisen.

Ein wichtiger Aspekt, der in der Betrachtung der erhobenen Potenziale Berücksichtigung finden muss, ist das Temperaturniveau des jeweiligen Wärmeerzeugers. Das Temperaturniveau hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzbarkeit und Effizienz von Wärmeerzeugern, insbesondere Wärmepumpen. In Ingolstadt hat das großflächige Heißwassernetz ein sehr hohes Temperaturniveau von ca. 110 °C bis 125 °C, weshalb

nicht alle ermittelten Wärmepotenziale hier als Wärmeeinspeiser aktuell in Frage kommen. In den nachfolgenden Kapiteln wird dies genauer betrachtet. Typische Temperaturniveaus im Kontext Wärme sind in der Infobox "Temperaturniveaus im Kontext Wärme" dargestellt. Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen,

dass die meisten der hier genannten Wärmeerzeugungspotenziale eine Saisonalität aufweisen, sodass Speicherlösungen für die bedarfsgerechte Wärmebereitstellung bei der Planung mitberücksichtigt werden sollten.

Infobox - typische Temperaturniveaus im Kontext Wärme



4.5 Potenziale für Sanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands stellt ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele dar. Die Untersuchung zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen eine Gesamtreduktion um bis zu 779 GWh bzw. 46 % des Gesamtwärmebedarfs in Ingolstadt realisiert werden könnte. Erwartungsgemäß liegt der größte Anteil des Sanierungspotenzials bei Gebäuden, die bis 1978 erbaut wurden (s. Abbildung 25). Diese Gebäude sind sowohl in der Anzahl als auch in ihrem energetischen Zustand besonders relevant. Sie wurden vor den einschlägigen Wärmeschutzverordnungen erbaut und haben daher einen erhöhten Sanierungsbedarf. Besonders im Wohnbereich zeigt sich ein hohes Sanierungspotenzial. Hier können durch energetische Verbesserung der Gebäudehülle signifikante Energieeinsparungen erzielt werden. In Kombination mit einem Austausch der Heiztechnik bietet dies insbesondere für Gebäude mit Einzelversorgung einen großen Hebel. Typische energetische Sanierungsmaßnahmen für die

Gebäudehülle sind in der Infobox „Energetische Gebäudesanierungen“ dargestellt. Diese können von der Dämmung der Außenwände bis hin zur Erneuerung der Fenster reichen und sollten im Kontext des Gesamtpotenzials der energetischen Sanierung betrachtet werden.

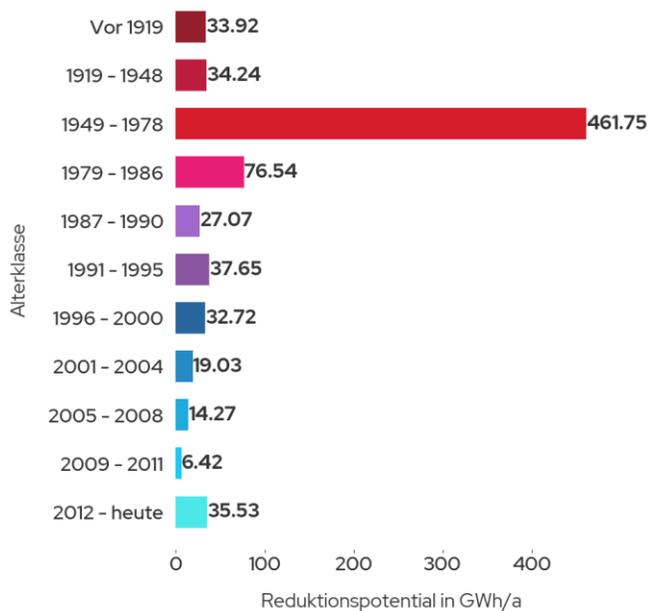


Abbildung 25: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen

Das Sanierungspotenzial bietet nicht nur eine beträchtliche Möglichkeit zur Reduzierung des Energiebedarfs, sondern auch zur Steigerung des Wohnkomforts und zur Wertsteigerung der Immobilien. Daher sollten entsprechende Sanierungsprojekte integraler Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung sein.

Infobox - Energetische Gebäudesanierung - Maßnahmen und Kosten

Infobox: Energetische Gebäudesanierung			
	Fenster	<ul style="list-style-type: none"> • 3-fach Verglasung • Zugluft / hohe Wärmeverluste durch Glas vermeiden 	800 €/m ²
	Fassade	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmedämmverbundsystem ~ 15 cm • Wärmebrücken (Rolladenkästen, Heizkörpernischen, Ecken) reduzieren 	200 €/m ²
	Dach	<ul style="list-style-type: none"> • (teil-)beheiztes Dachgeschoss: Dach abdichten / Zwischensparrendämmung • Unbeheiztes Dachgeschoss: oberste Geschossdecke dämmen • Oft: verhältnismäßig gutes Dach in älteren Gebäuden 	400 €/m ² 100 €/m ²
	Kellerdecke	<ul style="list-style-type: none"> • Bei unbeheiztem Keller 	100 €/m ²

4.6 Potenziale für Stromeinsparungen

Deutschlandweit sank der Nettostromverbrauch von 2010 bis 2019 um rund 5 % (BMWK, 2021). Die Energieeffizienzstrategie Deutschlands legt ehrgeizige Verbrauchsreduktionsziele in Höhe von 50 % bis 2050 im Vergleich zu 2008 fest (BWK, 2019).

Eine Reduktion des herkömmlichen Stromverbrauchs kann hauptsächlich durch Maßnahmen zur Energieeinsparung und die Verbesserung der Energieeffizienz durch technologischen Fortschritt erreicht werden. Ein verstärkter Einsatz energieeffizienter Haushaltsgeräte, effizienter Beleuchtung und Haustechnik kann den Stromverbrauch der Haushalte in Ingolstadt senken. Hierbei spielt auch ein verändertes Verhalten eine Schlüsselrolle: Die Einführung solcher Maßnahmen führt manchmal nicht zu einer tatsächlichen Energieeinsparung, da etwaige Effizienzsteigerungen durch den Einsatz zusätzlicher oder leistungstärkerer Geräte oder längere Nutzungszeiten (Rebound-Effekt) kompensiert werden können. Aufgrunddessen liegt für

den Sektor der privaten Haushalte kein direktes Einsparpotenzial im Stromsektor vor.

Die Stromverbrauchsanalyse zeigt, dass etwa drei Viertel des Stromverbrauchs in den GHD- und Industriebereichen liegen. In Anlehnung an die EU-Effizienzrichtlinie wird für die Sektoren GHD und Industrie & Produktion eine pauschale Stromeinsparung von 1,5% pro Jahr bis 2035 angenommen. Dadurch ließe sich insgesamt eine Reduktion des konventionellen Stromverbrauchs um ca. 152 GWh bis Jahr 2035 erzielen. Dies entspricht einer Reduktion von insgesamt ca. 15 % bezogen auf das Referenzjahr.

Anmerkung: Die vorliegende Analyse betrachtet nur den "konventionellen" Strombedarf. Der Gesamtstrombedarf Ingolstadts wird in Zukunft insbesondere durch die elektrische Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen durch Elektromobilität steigen.

4.7 Substitution von Erdgas und sonstiger fossiler Energieträger

Die Substitution von Erdgas und sonstiger fossiler Energieträger wird detailliert im Kapitel 6 Zielszenario beschrieben. Die Rahmenbedingungen des Zielszenarios ist die treibhausgasneutrale Wärmeversorgung Ingolstadts bis 2035. Als Teil von zahlreichen Fachgesprächen und Workshops mit der Stadt Ingolstadt, den SWI und unter der Einbindung weiterer Akteure wurden Gebiete mit unterschiedlichen Substitutionstechnologien definiert und der jeweilige zu erwartende Wärmebedarf und Endenergiebedarf gebäudescharf ermittelt. Konkret wurden folgende Gebiete definiert:

- Wärmenetzeignungsgebiete
- Einzelversorgungsgebiete, die primär über Wärmepumpen versorgt werden
- "Gas / Wärmepumpen" Prüfgebieten, welche sowohl durch Wärmepumpen als auch durch potenzielle grüne Gase künftig versorgt werden können.

Eine genaue Erklärung dieser Gebiete, der Substitutionspotenziale und der dahinterliegenden Methodik erfolgt im Kapitel 6 "Zielszenario".

4.8 Zusammenfassung und Fazit

Die Potenzialanalyse für erneuerbare Energien in der Strom- und Wärmeerzeugung in Ingolstadt offenbart grundsätzlich Chancen für eine nachhaltige Energieversorgung. Aufgrund der dichten Besiedlung, Flächennutzungskonflikten und des hohen Strom- und Wärmebedarfs wird sich Ingolstadt jedoch auch zukünftig voraussichtlich nicht autark versorgen können.

Die Potenziale sind räumlich heterogen verteilt: In Ingolstadt dominieren die Potenziale der Photovoltaik und Solarthermie auf Dachflächen in dicht bebauten Quartieren. In lockerer bebauten Quartieren dominieren Luftwärmepumpen und Erdwärmekollektoren, während an den Stadträndern Solar-Kollektorfelder und außerhalb der Wasserschutzgebiete große Erdwärme-

Kollektorfelder oder Sondenfelder vielerorts potenziell möglich sind. Die Solarthermie auf Freiflächen erfordert trotz hohem Potenzial eine sorgfältige Planung hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit und Möglichkeiten der Integration in bestehende und neue Wärmenetze sowie Flächen zur Wärmespeicherung. Die Erschließung dieser Potenziale wird bei der detaillierten Prüfung der Wärmenetzeignungsgebiete mit untersucht. Insbesondere an der Donau zwischen dem Laufwasserkraftwerk und der Autobahnbrücke Donau liegt ein signifikantes Potenzial der Flusswärme vor, mit direkter Nähe zu den bestehenden Wärmenetzen.

Eine Herausforderung in Ingolstadt bei der Integration von Energieträgern in bestehende Wärmenetze, ist das hohe Temperaturniveau des Heißwassernetzes, welches nur durch wenige erneuerbare Energiequellen erreicht werden kann.

Das Potenzial in der Gebäudesanierung ist äußerst hoch und liegt recht homogen verteilt mit einem Schwerpunkt auf Wohngebäuden vor. Besonders Gebäude, die bis 1978 erbaut wurden, bieten ein hohes Einsparpotenzial durch Sanierung. Wichtige Wärmequellen ergeben sich durch die Nutzung von Aufdach-PV in Kombination mit Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse und der Möglichkeit eines teilweisen Anschlusses an das Wärmenetz. Auch große Luftwärmepumpen können flexibel in Wärmenetze integriert werden, wenn das Temperaturniveau des Netzes es zulässt. Insbesondere gerade Gewerbeflächen können sich hierfür als gute Standorte anbieten.

Die umfassende Analyse legt zwar nahe, dass es technisch möglich ist, den gesamten Wärmebedarf durch erneuerbare Energien auf der Basis lokaler Ressourcen zu decken, in der Umsetzung ist dies jedoch nicht realistisch und erfordert eine differenzierte Betrachtungsweise. So sind die Potenziale räumlich stark variierend verteilt, und auch die verfügbaren Temperaturniveaus bei den Wärmepotenzialen und die saisonale Verfügbarkeit sind hier zu berücksichtigen. Insbesondere die Flächenverwendung ist bei der

Betrachtung und Umsetzung ein Thema, das nicht nur aus energetischer Perspektive zu betrachten ist und einen erheblichen Einfluss auf die tatsächlich nutzbaren Potenziale hat.

Im Hinblick auf die dezentrale Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien spielt die Flächenverfügbarkeit eine entscheidende Rolle. Individuelle, räumlich angepasste Lösungen sind daher unerlässlich für eine

effektive Wärmeversorgung. Dabei sind Dachflächenpotenziale und weitere Potenziale in bereits bebauten, versiegelten Gebieten den Freiflächenpotenzialen gegenüber prioritär zu betrachten.

Im nächsten Schritt müssen die ermittelten technischen Potenziale auf tatsächliche Umsetzbarkeit geprüft werden.

5 Eignungsgebiete für Wärmenetze

Wärmenetze sind eine Schlüsseltechnologie für die Wärmewende, jedoch sind diese nicht überall wirtschaftlich. Die Ausweisung von Eignungsgebieten für die Versorgung mit Wärmenetzen ist eine zentrale Aufgabe der KWP und dient als Grundlage für weiterführende Planungen und Investitionsentscheidungen. Die identifizierten und in der KWP beschlossenen Eignungsgebiete können dann in weiteren Planungsschritten bis hin zur Umsetzung entwickelt werden.

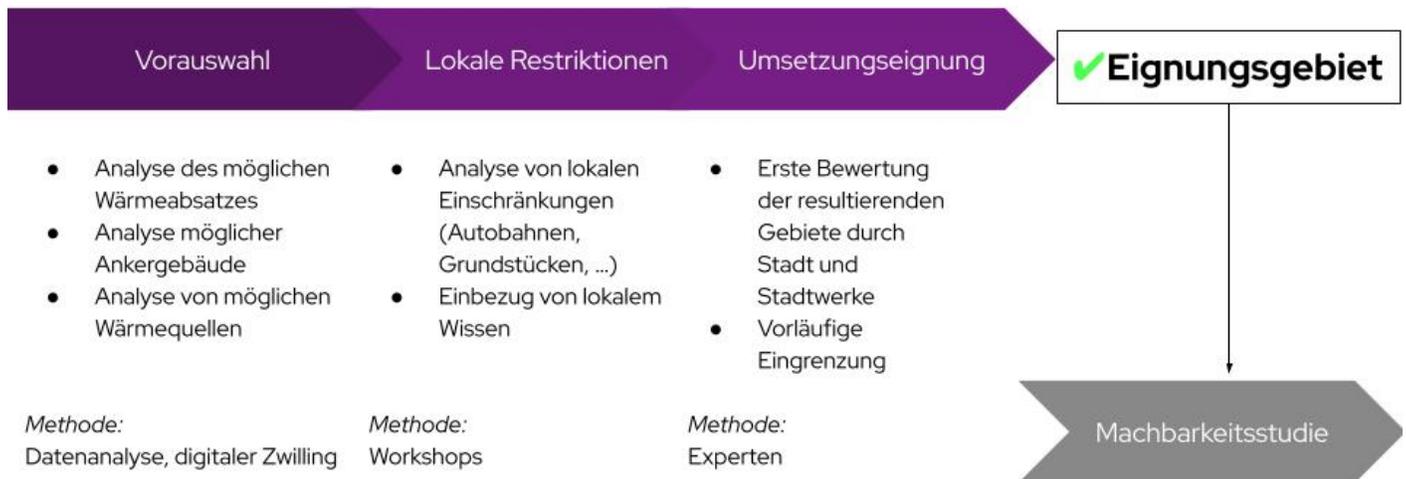


Abbildung 26: Vorgehen bei der Identifikation der Eignungsgebiete

Wärmenetze stellen eine effiziente Technologie dar, um große Versorgungsgebiete mit erneuerbarer Wärme zu erschließen und den Verbrauch mit den Potenzialen, welche sich oft an den Stadträndern oder außerhalb befinden, zu verbinden. Die Implementierung solcher Netze erfordert allerdings erhebliche Anfangsinvestitionen sowie einen beträchtlichen Aufwand in der Planungs-, Erschließungs- und Bauphase. Aus diesem Grund ist die sorgfältige Auswahl potenzieller Gebiete für Wärmenetze von großer Bedeutung.

Ein wesentliches Kriterium für die Auswahl geeigneter Gebiete ist die Wirtschaftlichkeit, welche durch den Zugang zu kosteneffizienten Wärmeerzeugern und einen hohen Wärmeabsatz pro Meter Leitung charakterisiert wird. Diese Faktoren tragen dazu bei, dass das Netz nicht nur nachhaltig, sondern auch wirtschaftlich tragfähig ist. Zudem spielt die Realisierbarkeit eine entscheidende Rolle, welche durch Tiefbaukosten und -möglichkeiten, die Akzeptanz der Bewohner und Kunden sowie das geringe Erschließungsrisiko der Wärmequelle beeinflusst wird.

Schließlich ist die Versorgungssicherheit ein entscheidendes Kriterium. Diese wird sowohl organisatorisch durch die Wahl verlässlicher Betreiber und Lieferanten als auch technisch durch die Sicherstellung der Energieträgerverfügbarkeit, geringe Preisschwankungen einzelner Energieträger und das minimierte Ausfallrisiko der Versorgungseinheiten gewährleistet. Diese Kriterien zusammen sorgen dafür, dass die Wärmenetze nicht nur effizient und wirtschaftlich, sondern auch nachhaltig und zuverlässig betrieben werden können.

Bis es zum tatsächlichen Bau von Wärmenetzen kommt, müssen zahlreiche Planungsschritte durchlaufen werden. Die Wärmeplanung ist hier als ein erster Schritt zu sehen, in welcher geeignete Projektgebiete identifiziert werden. Eine detailliert technische Ausarbeitung des Wärmeversorgungssystems ist nicht Teil des Wärmeplans, sondern wird im Rahmen von Machbarkeitsstudien erarbeitet. In diesem Bericht wird zwischen drei Kategorien von Versorgungsgebieten unterschieden:

Eignungsgebiete für Wärmenetze

- Gebiete, welche auf Basis der bisher vorgegebenen Bewertungskriterien für Wärmenetze grundsätzlich geeignet sind. Von den SWI werden diese Gebiete auch "Fernwärme-Prüfgebiete" genannt.

Einzelversorgungsgebiete

- Gebiete, in welchen eine wirtschaftliche Erschließung durch Wärmenetze nicht gegeben ist und in denen keine Gasnetzinfrastruktur vorliegt. Die Wärme-erzeugung erfolgt individuell im Einzelgebäude.

"Gas/Wärmepumpen-Prüfgebiete"

- Gebiete, in welchen eine wirtschaftliche Erschließung durch Wärmenetze nicht gegeben ist und die sich in Nähe zu bestehenden Gasleitungen befinden. Hier liegt neben einer individuellen Wärmeerzeugung im Einzelgebäude (s. Einzelversorgungsgebiete) auch eine Eignung zur Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen vor. Die zusätzliche Zonierung wurde seitens SWI durchgeführt und einzelne Netzabschnitte sollen im Anschluss an die KWP auf die Eignung zur Nutzung von regenerativen Gasen geprüft werden (siehe auch Maßnahme "Zukunftsplan Gasnetz")

5.1 Einordnung der Verbindlichkeit der identifizierten Eignungsgebiete und Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen:

In diesem Wärmeplan, der nach den Vorgaben des KlimaG BW erstellt wurde, werden keine verbindlichen Ausbaupläne beschlossen. Die vorgestellten Eignungsgebiete zu prüfenden Wärmenetzausbau- und -neubaubereiche dienen als strategisches Planungsinstrument für die Infrastrukturentwicklung der nächsten Jahre. Dasselbe gilt für die im Folgenden vorgestellten identifizierten Wärmenetzeignungsgebiete. Für die Eignungsgebiete in Ingolstadt sind weitergehende Einzeluntersuchungen auf Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit zwingend notwendig. Die flächenhafte Betrachtung im Rahmen

der KWP kann nur eine grobe, richtungsweisende Einschätzung liefern.

Bei der Ausweisung eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen kann die Stadt zusätzlich Möglichkeiten prüfen, einen Anschluss- und Benutzungszwang für dieses Gebiet umzusetzen.

Gebäudeeigentümer innerhalb eines solchen Gebietes mit Anschluss- und Benutzungszwang sind verpflichtet, sich an das Wärmenetz anzuschließen und haben im Gegenzug einen Anspruch auf die Versorgung über das Wärmenetz. Diese Verpflichtung würde bei Neubauten sofort gelten. Im Bestand würde die Verpflichtung erst ab dem Zeitpunkt gelten, an dem eine grundlegende Änderung an der bestehenden Wärmeversorgung vorgenommen wird. In einem der Wärmeplanung nachgelagerten Schritt sollen auf Grundlage der Eignungsgebiete von den Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern konkrete Ausbauplanungen für Wärmenetzausbaugebiete erstellt werden. Für die innerhalb dieses Wärmeplans identifizierten und zur weiterführenden Untersuchung vorgeschlagenen Wärmenetzeignungsgebiete gilt diese rechtliche Verpflichtung nicht, da weitergehende Beschlüsse (noch) nicht getroffen worden sind.

Für den nach KlimaG BW erstellten Wärmeplan gilt in Bezug auf das GEG:

„Fällt in einer Kommune vor Mitte 2026 oder Mitte 2028 eine Entscheidung zur Ausweisung eines Gebiets für den Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes basierend auf einem Wärmeplan, wird dort die Verpflichtung zur Nutzung von 65 Prozent erneuerbaren Energien in Heizsystemen bereits dann wirksam. Der Wärmeplan allein reicht jedoch nicht aus, um diese früheren Verpflichtungen nach dem GEG auszulösen. Vielmehr braucht es auf dieser Grundlage eine zusätzliche Entscheidung der Kommune über die Gebietsausweisung, die öffentlich bekannt gemacht werden muss.“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023).

Das bedeutet, wenn die teilnehmenden Städte und Gemeinden beschließen, vor 2026 Neu- und

Ausbaubereiche für Wärmenetze oder Wasserstoff auszuweisen, und diese veröffentlichen, gilt die 65 %-

EE-Pflicht für Bestandsgebäude einen Monat nach Veröffentlichung.

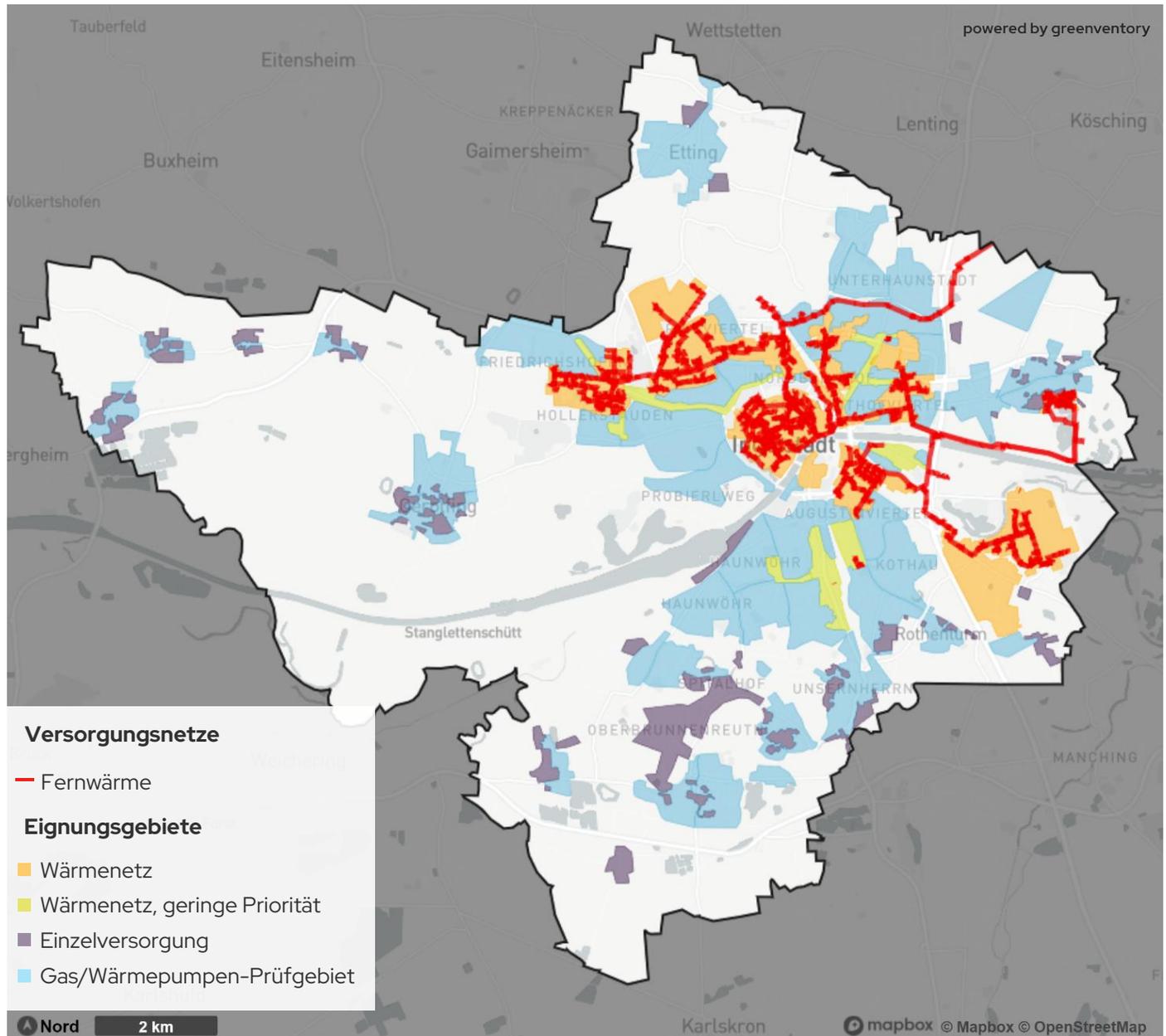


Abbildung 27: Übersicht über alle definierten Eignungsgebiete für Wärmenetze in Ingolstadt

5.2 Eignungsgebiete in Ingolstadt

Im Rahmen der Wärmeplanung lag der Fokus auf der Identifikation von Eignungsgebieten. Der Prozess der Identifikation der Eignungsgebiete erfolgte in drei Stufen:

1. Vorauswahl: Zunächst wurden die Eignungsgebiete automatisiert ermittelt, wobei ausreichender

Wärmeabsatz pro Fläche bzw. Straßenzug und vorhandene Ankergebäude, wie kommunale Gebäude, berücksichtigt wurden. Auch bereits existierende Planungen und existierende Wärmenetze wurden einbezogen.

2. Lokale Restriktionen: In einem zweiten Schritt wurden die automatisiert erzeugten Eignungsgebiete im

Rahmen von Expertenworkshops näher betrachtet. Dabei flossen sowohl örtliche Fachkenntnisse als auch die Ergebnisse der Potenzialanalyse ein. So wurden die Eignungsgebiete zunächst gemeinsam mit den Netzplanern der SWI konkretisiert und anschließend in einem größeren Akteursworkshop bewertet und diskutiert.

3. Umsetzungseignung: Im letzten Schritt unterzogen die Stadtwerke und die Stadtverwaltung die verbleibenden Gebiete in zusätzlichen Workshops einer weiteren Analyse und grenzten diese ein. Zudem wurde eine zusätzliche Zonierung inklusive der "Gas/Wärmepumpen-Prüfgebiete" seitens SWI durchgeführt und in die KWP übernommen. In Ingolstadt wurden die in orange und gelb eingezeichneten Eignungsgebiete identifiziert (s. Abbildung 27). Anpassungen im Anschluss an die Wärmeplanung sind möglich. Sämtliche Gebiete, die nach den durchgeführten Analysen, zum aktuellen Zeitpunkt, als wenig geeignet für ein Wärmenetz eingestuft wurden, sind als Einzelversorgungsgebiete (siehe lila Flächen in Abbildung 27) bzw. bei Nähe zu einem bestehendem Gasnetz als "Gas/Wärmepumpen-Prüfgebiete" ausgewiesen (siehe hellorange markierte Flächen in Abbildung 27, Legendeneintrag "Gas/Wärmepumpen-Prüfgebiete").

Zusammensetzung der Wärmeerzeugung: Mittels Kennzahlen und üblichen Auslegungsregeln wurde für Eignungsgebiete ein mögliches technisches Wärmeversorgungs-Szenario skizziert. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass 30 bis maximal 40 % der Heizlast des Versorgungsgebiets mittels einer Grundlast Technologie erzeugt wurden. Es wird angenommen, dass die Grundlast mit 6.000 Volllaststunden in Betrieb ist. Die Spitzenlast deckt die Energiemenge, die an den kältesten Tagen oder zu Stoßzeiten benötigt wird. Diese wird in der Praxis mit einer Technologie, die gut regelbar ist, realisiert (bspw. Pelletheizungen oder Biogaskessel). Es handelt sich hierbei um ein beispielhaftes technisch sinnvolles Zielszenario, welches als Orientierung für die Definition der folglich ermittelten Maßnahmen gedeutet werden soll. Die vorgeschlagenen Wärmeversorgungstechnologien sind nicht verbindlich und wurden auf der aktuell verfügbaren Datengrundlage ermittelt.

In den folgenden Abschnitten werden die Eignungsgebiete in kurzen Steckbriefen vorgestellt und eine mögliche Wärmeversorgung anhand der lokal vorliegenden Potenzialen skizziert. Die vorgeschlagen nutzbaren Potenziale müssen auf die Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Finanzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit vertieft untersucht werden.

5.3 Eignungsgebiet "Innenstadt"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035)

76,70 GWh/a*

*aufgrund zahlreicher denkmalgeschützter Altbauten im Eignungsgebiet Innenstadt, ist es möglich, dass die angesetzte Sanierungsrate und -tiefe je nach Rechtslage nicht erreicht wird. Dadurch kann der zukünftige Wärmebedarf im Gebiet höher als hier im Steckbrief aufgeführt ausfallen.

Anzahl Gebäude gesamt **1.314**
(Stand 2022)

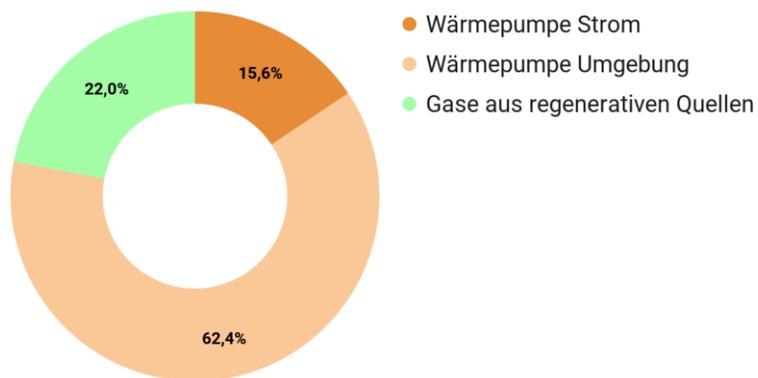
Ausgangssituation

Die Gebäude in der Innenstadt sind größtenteils ältere Gebäude und Altbauten. Der gesamte Innenstadtbereich unterliegt dem Ensembleschutz im Kontext des Denkmalschutzes. Dadurch kann lediglich auf einzelnen Gebäuden Dach-Solarthermie oder Dachflächen-PV genutzt werden. Das Gebiet beinhaltet vergleichsweise viele öffentliche Gebäude. Im Gebiet befindet sich bereits ein Wärmenetz, welches eine Netztemperatur von ca. 80 °C - 90 °C besitzt. Dieses Warmwassernetz wird derzeit hauptsächlich über die Übergabestation im Heizwerk Esplanade versorgt, ergänzt durch Gas-Heizzentralen zur Absicherung der Spitzenlast. Die Anschlussquote beträgt etwa 20 % der Gebäude. Aufgrund des Denkmalschutzes und archäologischer Faktoren sind die Kosten für Baumaßnahmen in diesem Gebiet typischerweise hoch.

Nutzbare Potenziale

Nutzbare Potenziale sind Flusswärme (130 GWh) und oberflächennahe Geothermie (1,3 GWh). Dies beinhaltet von den SWI vorgeschlagene mögliche Kollektorflächen am Volksfestplatz (615 MWh) und am Hallenbadparkplatz (700 MWh).

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung

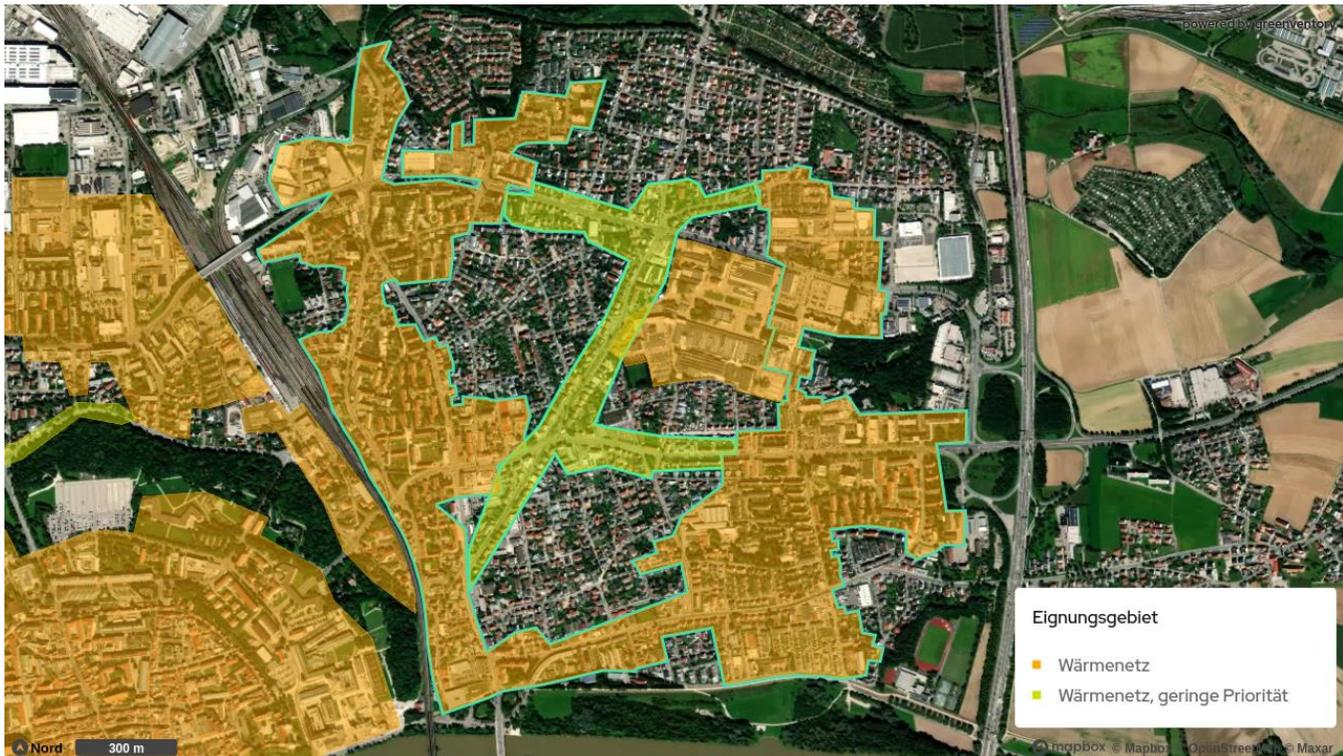


Ein beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung in der Innenstadt besteht darin, dass die Flusswärme der Donau als Grundlast dient und durch eine Gas-Heizzentrale ergänzt wird, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist wird, um Spitzenlasten abzudecken. In der obigen Abbildungen beschreiben "Wärmepumpe Umgebung" und "Wärmepumpe Strom" den Anteil der erforderlichen Umgebungswärme sowie den Stromeinsatz zum Antrieb der Wärmepumpe für die Erzeugung der Heizwärme.

Verknüpfte Maßnahmen

1

5.5 Eignungsgebiet "Ingolstadt Nordost"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035) **48,28 GWh/a**

Anzahl Gebäude gesamt **1.038**
(Stand 2022)

Ausgangssituation

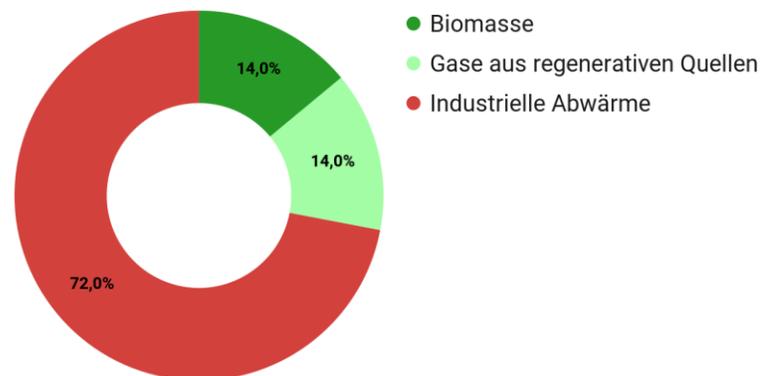
Die Gebäude im Eignungsgebiet Ingolstadt Nordost sind hauptsächlich Gebäude aus den Baualterklassen 1949-1978 und 1919-1948. Das Gebiet ist bereits durch Fernwärme über das Heißwassernetz erschlossen, aktuell mit einer eher geringen Anschlussquote bezogen auf die Anzahl der Gebäude. Das Gebiet charakterisiert sich primär durch Wohngebäude, jedoch sind auch vereinzelte Inseln aus öffentlichen Gebäuden und Gewerbegebieten vorhanden, welche zum Teil bereits an das Wärmenetz angeschlossen sind. Orange markiert sind Flächen, in denen der Fokus auf einer Nachverdichtung liegt, an den gelb markierten Flächen rund um die Friedrich-Ebert-Straße existiert noch kein Netz in unmittelbarer Nähe.

Nutzbare Potenziale

Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA

verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein Import dieser notwendig. Östlich des Gebiets befinden sich Freiflächen, welche ggf. zur Einbindung erneuerbarer Energien genutzt werden könnten (z.B. ca. 117 GWh Solarthermie). Bei einer Absenkung des Temperaturniveaus sind ebenfalls oberflächennahe Geothermie über Kollektor- oder Sondenfelder (ca. 52 GWh) oder Großwärmepumpen zur Einbindung erneuerbarer Energien denkbar.

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung

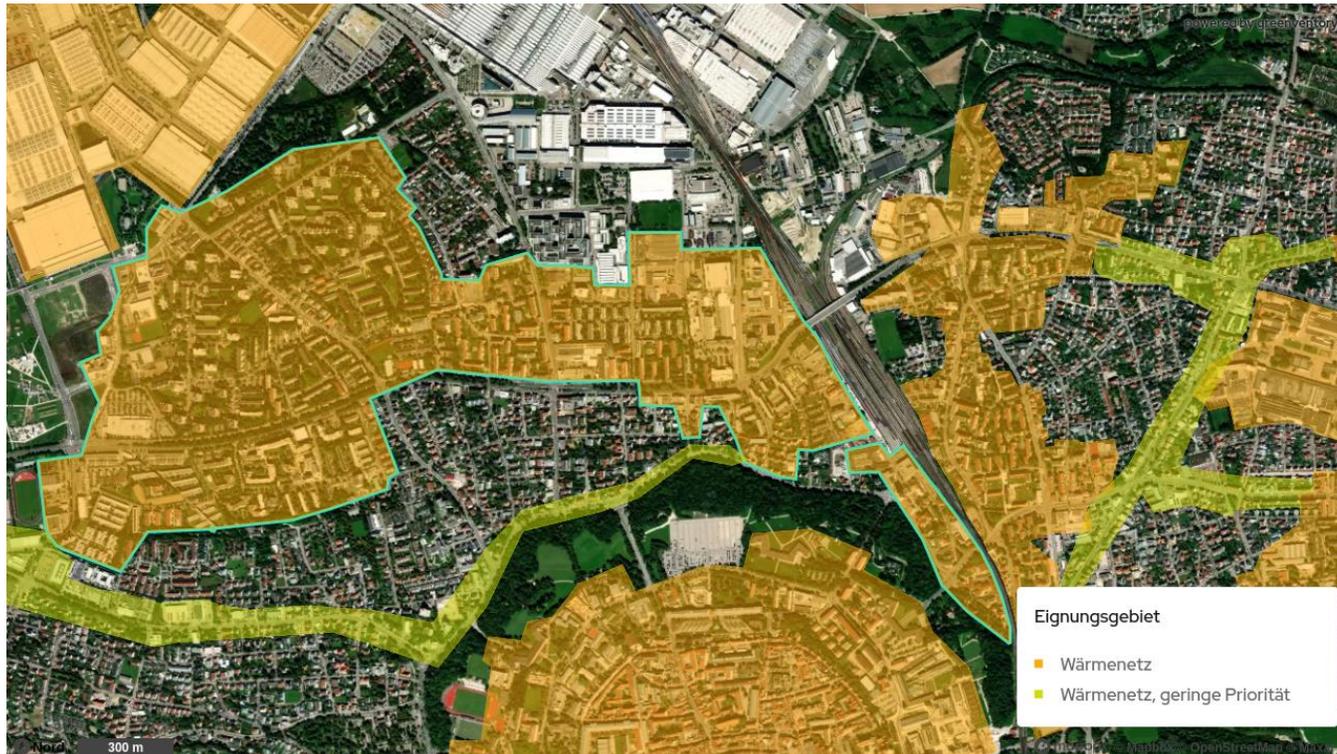


Für das Eignungsgebiet wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizzentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

5.6 Eignungsgebiet "Ingolstadt Nordwest"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes
Gebiet (2035)

47,26 GWh/a

Anzahl Gebäude
(Stand 2022)

Gebäude

gesamt **693**

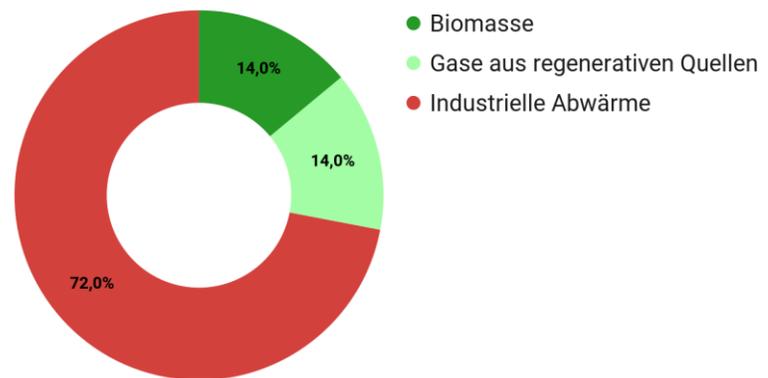
Ausgangssituation

Hohe Priorisierung, insbesondere Verdichtung und Anschluss
Gegend um den Audi Kreisel besonders gut geeignet, Piusviertel gut

Nutzbare Potenziale

Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau
sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA
verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau
durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B.
Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein
Import dieser notwendig.

Beispielhaftes technisch realisierbares
Zielszenario der Wärmeerzeugung



Für das Eignungsgebiet wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizzentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

5.7 Eignungsgebiet "GVZ"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035)

43,11 GWh/a

Anzahl Gebäude gesamt **43**
(Stand 2022)

Ausgangssituation

Das Güterverkehrszentrum besteht primär aus großen Gewerbegebäuden mit hohem Wärmebedarf. Das Gebiet ist zum Teil an das Heißwassernetz angeschlossen und für die Fernwärmenutzung sehr gut geeignet.

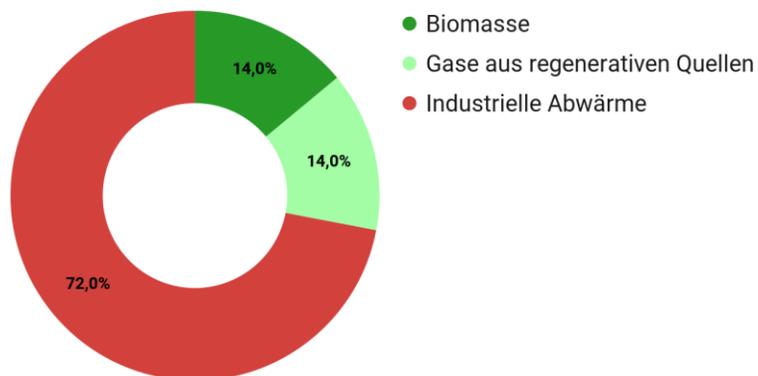
Nutzbare Potenziale

Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein Import dieser notwendig.

Nördlich und westlich des Gebiets befinden sich im zweiten Grünring Freiflächen, welche bei einer Absenkung der Temperatur ggf. zur Einbindung von erneuerbarer Wärme aus genutzt werden könnten, z.B. durch oberflächennahe Geothermie über Kollektor- oder

Sondenfelder (ca. 25 GWh). Freiflächen PV- oder Solarthermieranlagen sind hier nicht vorgesehen.

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung



Für das Eignungsgebiet wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizzentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

5.8 Eignungsgebiet "Friedrichshofen"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes
Gebiet (2035)

60,36 GWh/a*

Anzahl Gebäude
(Stand 2022)

Gebäude

gesamt **495***

*Der Wärmebedarf und die Gebäudeanzahl beinhaltet ebenfalls 134 Gebäude entlang der Redundanzleitung welche in den Eignungsgebieten "Friedrichshofen" und "Ingolstadt Nordwest" ersichtlich ist.

Ausgangssituation

Die Gebäudekategorien und -altersklassen sind gemischt verteilt. Während nördlich des Audi Kreisels und nordwestlich entlang der Friedrichshofener Straße primär Gewerbegebäude angesiedelt sind, sind auch öffentliche Gebäude wie das pädagogische Zentrum hier ansässig. Ebenfalls befindet sich mit dem Klinikum Ingolstadt hier ein großer Ankerkunde des Wärmenetzes. Die größte Anzahl an Gebäuden sind Wohngebäude. Das Gebiet ist bereits an das Heißwassernetz der SWI angeschlossen und zur Erweiterung und Nachverdichtung geeignet. Die Gebäudealtersklassen sind insgesamt heterogen verteilt, mit einzelnen Clustern unterschiedlicher Typen. Während in den Gewerbegebieten im Norden und die Gebäude unmittelbar im Süden des Audi Kreisels primär in den 2000ern bzw. 2010ern gebaut wurden, stammen die Gebäude im Süden des Gebiets aus den späten 90er Jahren und die

im Westen hauptsächlich aus den 80er und 90er Jahren. Vereinzelt liegen auch Gebäude aus den Klassen 1949–1978 vor.

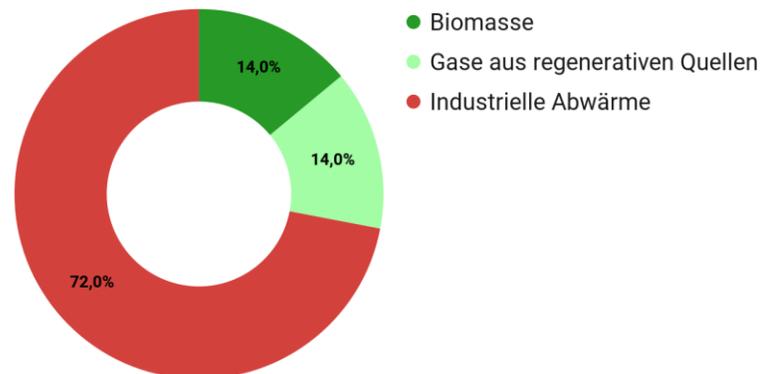
Die geplanten Neubaugebiete "Friedrichshofen-Dachsberg" und "Samhof" liegen an diesem Eignungsgebiet.

Nutzbare Potenziale

Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein Import dieser notwendig.

Nördlich (s. auch Eignungsgebiet GVZ) und insbesondere westlich des Gebiets befinden sich Freiflächen, welche ggf. zur Einbindung erneuerbarer Energien genutzt werden könnten (z.B. ca. 138 GWh Solarthermie westlich des Gebiets). Bei einer Absenkung des Temperaturniveaus sind ebenfalls oberflächennahe Geothermie über Kollektor- oder Sondenfelder (ca. 106 GWh) oder Großwärmepumpen zur Einbindung erneuerbarer Energien denkbar.

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung



Für das Eignungsgebiet wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizzentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

5.9 Eignungsgebiet "Monikaviertel / Manchinger Straße inkl. Borsigstraße"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035)

29,55 GWh/a*

Anzahl Gebäude
(Stand 2022)

Gebäude

gesamt **447***

*Darin enthalten sind die 13 Gebäude im Eignungsgebiet Borsigstraße, welche einen zukünftigen Wärmebedarf i.H.v. ca. 5,66 GWh/a aufweisen.

Ausgangssituation

Das Eignungsgebiet rund um den westlichen Teil der Manchinger Straße ist, wenn auch mit geringer Anschlussquote, bereits mit dem Heißwassernetz erschlossen. Es beherbergt zahlreiche Wohngebäude sowie größere Gebäude des GHD-Sektors und die Mittelschule, die teilweise bereits an das Netz angeschlossen sind. Die Pionierkaserne liegt ebenfalls in diesem Gebiet. Es liegen unterschiedliche Gebäudealtersklassen vor. Neben dem an das Wärmenetz angeschlossenen Neubauten befinden sich im Süden viele Gebäude aus den Jahren 1949-1978.

Das Gebiet rund um das Monikaviertel Nord ist für ein Wärmenetz teilweise geeignet. Es besteht vorwiegend aus Wohngebäuden. Einige größere neuere Wohngebäude im westlichen Teil sind an das Wärmenetz angeschlossen. Der östliche Teil besteht aus eher kleineren Gebäuden, die vorwiegend in den 1980er Jahren gebaut

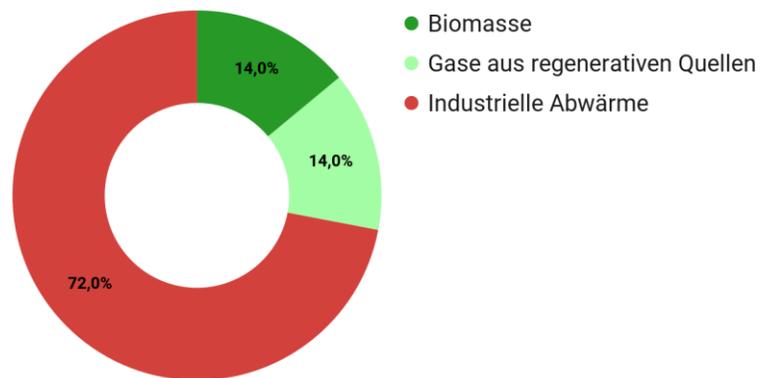
wurden. Zahlreiche Gebäude stammen aus der Baualtersklasse 1948-1978.

Direkt südlich befindet sich das Eignungsgebiet Borsigstraße bestehend aus Gebäuden des GHD- und Industriesektors der Baualtersklassen 1948-1979.

Nutzbare Potenziale

Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein Import dieser notwendig.

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung

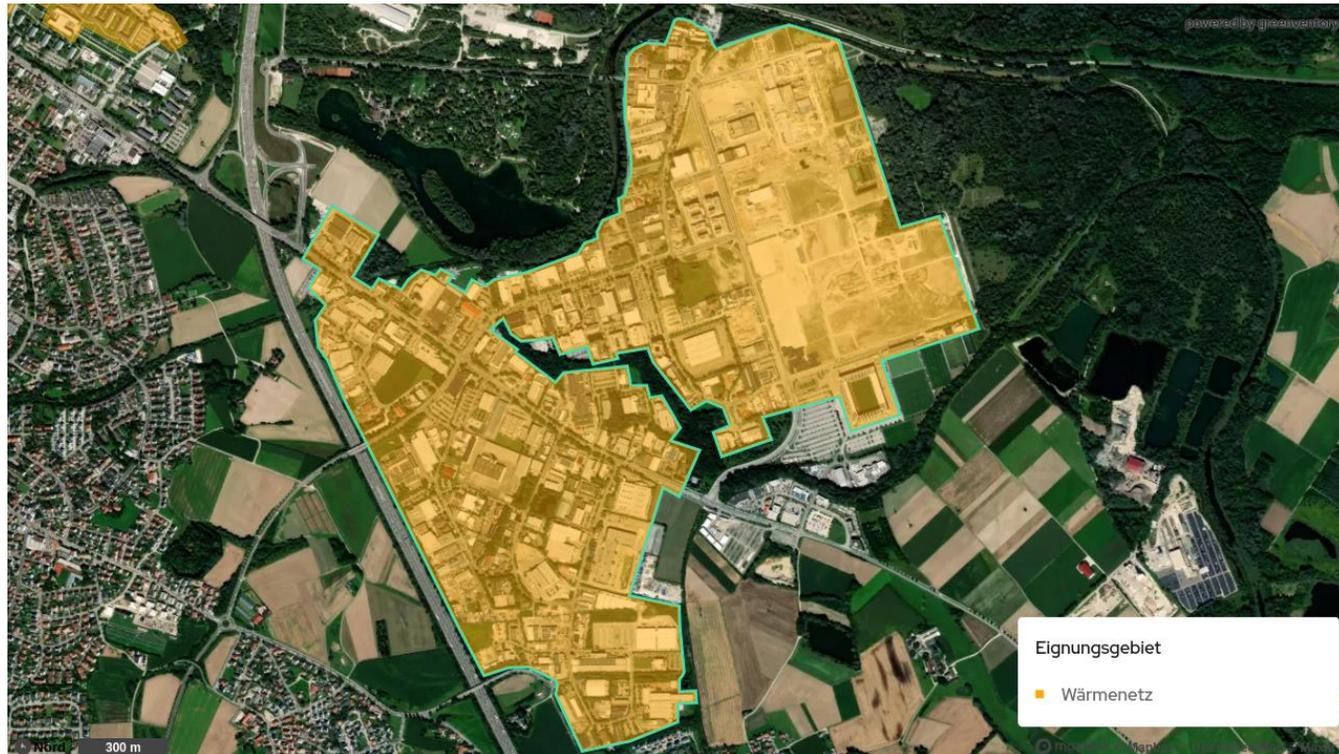


Für die Eignungsgebiete wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizzentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

5.10 Eignungsgebiet "Manchinger Straße / incampus"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035) **49,49 GWh/a**

Anzahl Gebäude gesamt **380**
(Stand 2022)

Ausgangssituation

Das Gebiet setzt sich fast ausschließlich aus Gebäuden des Gewerbesektors zusammen. Es ist hauptsächlich charakterisiert durch Gebäude der Baualterklassen 1979–1986, im westlich Teil stammen auch einige Gebäude aus den Jahren 1991–1995. Im östlichen Teil befindet sich zur Zeit der incampus im Bau. Der Teil nördlich der Manchinger Straße ist bereits durch Fernwärme erschlossen, der Audi Sportpark ist hier ein großer Ankerkunde. Das Gewerbegebiet südlich der Manchinger Straße ist nicht an das Wärmenetz angeschlossen.

Der incampus wird primär über die Abwärme von Rechenzentren beheizt, zur Absicherung der Spitzenlast ist ein Anschluss an das Heißwassernetz vorhanden.

Nutzbare Potenziale

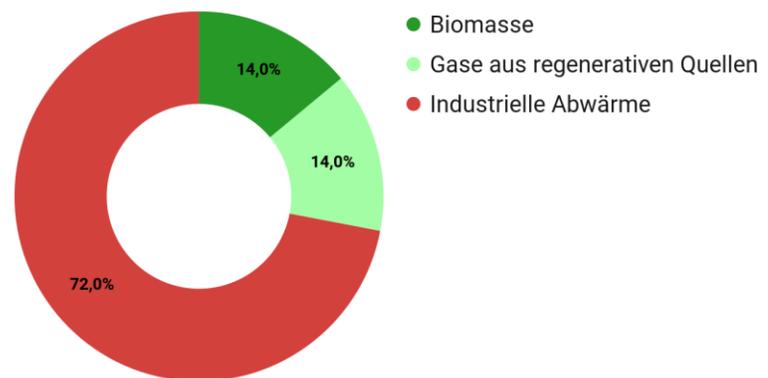
Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA

verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein Import dieser notwendig.

Südöstlich des Gebiets liegen Äcker, die ggf. zur Einbindung erneuerbarer Energien genutzt werden könnten (ca. 72 GWh Solarthermie). Bei einer Absenkung des Temperaturniveaus sind ebenfalls oberflächennahe Geothermie über Kollektorenfelder (ca. 17 GWh) oder Großwärmepumpen zur Einbindung erneuerbarer Energien denkbar.

Auch für die zukünftigen Erweiterungen auf dem Gelände des incampus ist geplant, Abwärme aus dem Rechenzentrum zu nutzen.

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung



Für das Eignungsgebiet wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizzentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

5.11 Eignungsgebiet "Münchener Straße & Schulzentrum Südwest"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035) **39,88 GWh/a**

Anzahl Gebäude gesamt **358**
(Stand 2022)

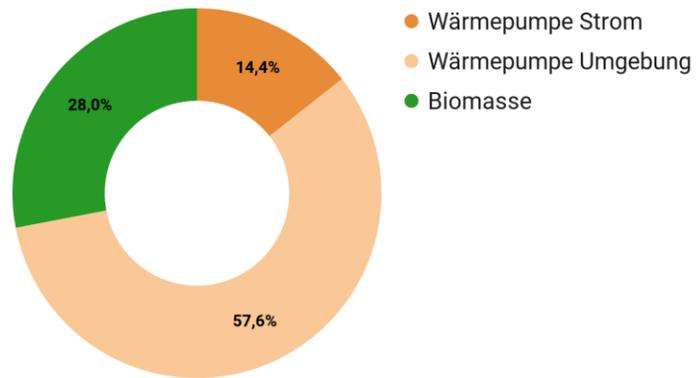
Ausgangssituation

Die Gebäude im Gebiet werden gemischt genutzt, primär liegen Wohngebäude vor. Die Gebäudealtersklassen sind heterogen verteilt, vorwiegend befinden sich Gebäude aus den Jahren 1949–1978, aber auch zahlreiche neuere und ältere Gebäude im Gebiet. Die Milchwerke/Goldmilch können ein Ankerkunde sein, welcher voraussichtlich ein sehr hohes Temperaturniveau benötigt. Alternativ ist auch eine Anbindung an das Heißwassernetz über eine Querung des Bahnhofs denkbar.

Nutzbare Potenziale

Ein möglicher Standort zur Einbindung von erneuerbaren Energien ist das Weinzierlgelände. Hier könnte über eine Flusswärmepumpe (lokales Potenzial ca. 43,8 GWh) zur Grundlast und eine Biomasse-Heizzentrale zur Absicherung der Spitzenlast die Einspeisung in das Wärmenetz erfolgen.

Beispielhaftes technisch realisierbares
Zielszenario der Wärmeerzeugung



Verknüpfte Maßnahmen

3

5.12 Eignungsgebiet "Brückenkopf"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035)

8,74 GWh/a

Anzahl Gebäude gesamt (Stand 2022) **35**

Ausgangssituation

Im Gebiet befinden sich zahlreiche Gebäude mit einem hohen Wärmebedarf sowie viele Altbauten. Es eignet sich aufgrund zahlreicher möglicher Ankerkunden folglich grundsätzlich für Wärmenetze. Anbindungen an die Wärmenetze können unterschiedlich erfolgen. So könnte das Gebiet beispielsweise über eine zusätzliche Donauquerung zum Warmwassernetz der Innenstadt oder zum Heißwassernetz im Bereich der Manchinger Straße erfolgen.

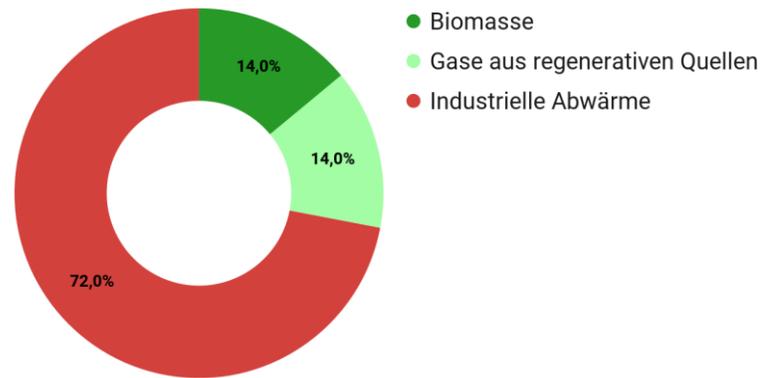
Nutzbare Potenziale

Nutzbare Potenziale sind insbesondere Flusswärme (130 GWh, Vgl. auch Eignungsgebiet "Innenstadt").

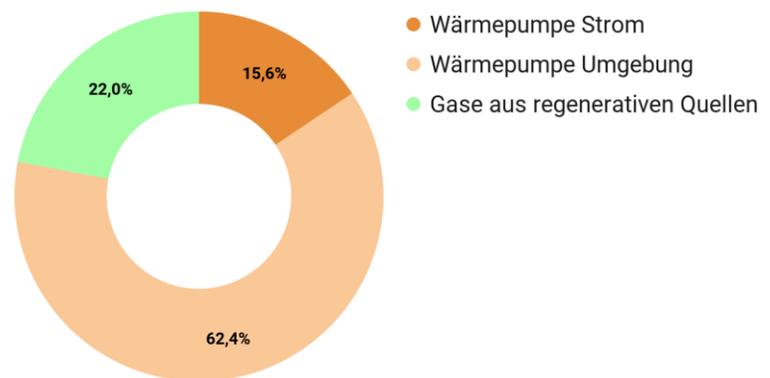
Alternativ ist auch ein Anschluss an das Heißwassernetz mit den in anderen Steckbriefen beschriebenen Potenzialen denkbar.

Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung

Bei Anschluss an das Heißwassernetz:



Bei Anschluss an das Warmwassernetz mittels Donauquerung:



Verknüpfte Maßnahmen

4

5.13 Eignungsgebiet "INquartier"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035)

noch nicht definiert

Anzahl Gebäude gesamt

vor aussichtlich 20

Ausgangssituation

Das ca. 9.55 Hektar große Neubaugebiet "INquartier" mit geplanten 3.400 Einwohnenden wird nach Plan hauptsächlich aus Wohnblocks bestehen. Insgesamt ist mit fast 1.800 Wohneinheiten zu rechnen. Das Gebiet grenzt unmittelbar an das bestehende Wärmenetz. Aufgrund der Lage des Gebiets sowie der zu erwartenden Bebauung eignet sich ein Anschluss an das Wärmenetz.

Nutzbare Potenziale

Durch das Heißwassernetz erschlossen. Es liegen somit die gleichen Potenziale vor.

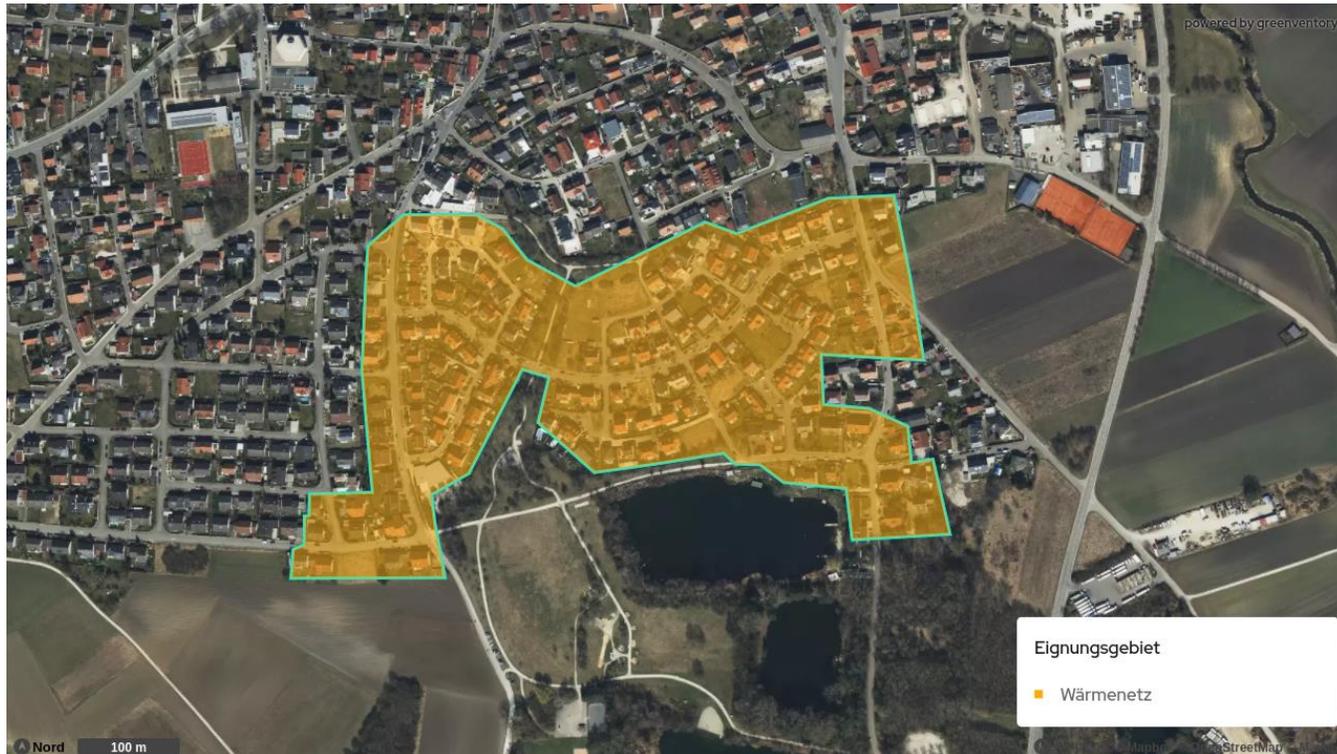
Beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung

Aufgrund noch nicht definierter zukünftiger Wärmebedarf kann für das Eignungsgebiet kein beispielhafter Energiemix angenommen werden. Aufgrund der geographischen Lage und des bereits existierenden Anschluss an das Heißwassernetz ist davon auszugehen, dass ein Anschluss an dieses und folglich auch der gleiche Erzeugungsmix gewählt wird.

Verknüpfte Maßnahmen

6

5.14 Eignungsgebiet "Mailing"



Zukünftiger Wärmebedarf gesamtes Gebiet (2035) **2,23 GWh/a**

Anzahl Gebäude gesamt **144**
(Stand 2022)

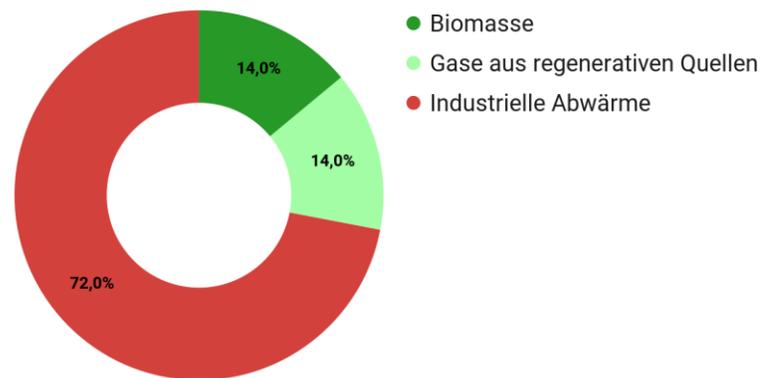
Ausgangssituation

Das Fernwärmeversorgungsgebiet Mailing besteht größtenteils aus Wohngebäuden, die in den 90er und 00er gebaut wurden. Das Gebiet gilt als erschlossen und eine Erweiterung wird nicht angestrebt.

Nutzbare Potenziale

Auf dem für das Heißwassernetz nötigen hohem Temperaturniveau sind Abwärme der Gunvor-Raffinerie & Wärme durch die MVA verfügbare Potenziale. Zudem kann das hohe Temperaturniveau durch die Verbrennung erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse und Gase aus regenerativen Quellen. Hier ist jedoch ein Import dieser notwendig.

Beispielhaftes technisch realisierbares
Zielszenario der Wärmeerzeugung



Für das Eignungsgebiet wird als beispielhaftes technisch realisierbares Zielszenario der Wärmeerzeugung des Heißwassernetzes angenommen. Falls sich das Temperaturniveau des Netzes nicht sinken lässt, wird angenommen, dass zur Grundlast Abwärme der Industrie (Gunvor) und der MVA dient. Biomasse- und Gas-Heizentralen, welche mit Gasen aus erneuerbaren Quellen gespeist werden, können genutzt werden, um Spitzenlasten abzudecken.

Verknüpfte Maßnahmen

2

6 Zielszenario

Das Zielszenario zeigt eine mögliche Wärmeversorgung im Zieljahr, basierend auf den Eignungsgebieten und nutzbaren Potenzialen. Eine wichtige Rahmenbedingung ist dabei das Ziel der Treibhausgasneutralität Ingolstadts im Jahr 2035. Dieses Kapitel beschreibt die Methodik sowie die Ergebnisse einer Simulation des ausgearbeiteten Zielszenarios.

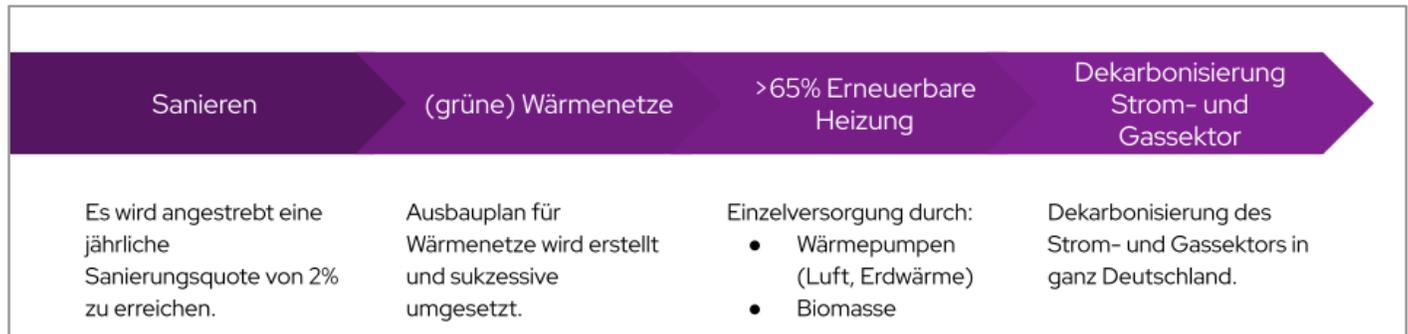


Abbildung 28: Simulation der Zielszenarios für 2035

Die Formulierung des Zielszenarios ist zentraler Bestandteil des kommunalen Wärmeplans. Das Zielszenario dient als Blaupause für eine treibhausgasneutrale und effiziente Wärmeversorgung. Das Zielszenario beantwortet quantitativ folgende Kernfragen:

- Wo können künftig Wärmenetze liegen?
- Wie lässt sich die Wärmeversorgung dieser Netze treibhausgasneutral gestalten?
- Wie viele Gebäude müssen bis zur Zielerreichung energetisch saniert werden?
- Wie erfolgt die Wärmeversorgung für Gebäude, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können?

Die Erstellung des Zielszenarios erfolgt in drei Schritten:

1. Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs mittels Modellierung
2. Identifikation geeigneter Gebiete für Wärmenetze
3. Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung.

Zu beachten ist, dass das Zielszenario die Technologien zur Wärmeerzeugung nicht verbindlich festlegt, sondern es als Ausgangspunkt für die strategische

Infrastrukturentwicklung dient. Die Umsetzung dieser Strategie ist abhängig von zahlreichen Faktoren, wie der technischen Machbarkeit der Einzelprojekte, sowie der lokalen politischen Rahmenbedingungen und der Bereitschaft der Gebäudeeigentümer zur Sanierung und einem Heizungstausch, sowie dem Erfolg bei der Kundengewinnung für Wärmenetze.

6.1 Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs

Eine Reduktion des Wärmebedarfs ist eine zentrale Komponente zum Gelingen der Wärmewende. Im Zielszenario wurde für Wohngebäude eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr angenommen (dena, 2016). Die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs erfolgt unter Nutzung von repräsentativen Typgebäuden. Diese basieren auf den Gebäudetypologien nach TABULA (IWU, 2012). Für Nichtwohngebäude wird eine Reduktion des Wärmebedarfs anhand von Reduktionsfaktoren berechnet. Es werden folgende Einsparungen des Wärmebedarfs bis 2050 angenommen und entsprechend auf 2035 angepasst:

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 37 %
- Industrie: 29 %
- Kommunale Liegenschaften: 33 %

Separat betrachtet wurde die Audi AG. Statt pauschalen Einsparungen wurden in Absprache mit Audi die Einsparziele im Bereich Wärme für das Audiwerk bis zum Zieljahr 2035 im Szenario verwendet.

Neben der Wärmebedarfsreduktion im Wohnsektor durch Sanierungen wurde auch die Bevölkerungsentwicklung der Stadt Ingolstadt bis zum Jahr 2035 berücksichtigt. Hierbei wird im Szenario angenommen, dass der Wärmebedarf der Wohngebäude proportional mit der Bevölkerungsentwicklung steigt. Für Das Zieljahr wird eine Gesamtbevölkerung von 149.700 basierend auf der Bevölkerungsprognose der Stadtverwaltung angenommen.

Die Simulation der Sanierung erfolgt jahresscharf und gebäudespezifisch. Jedes Jahr werden die 2 % der Gebäude mit dem schlechtesten Sanierungszustand saniert. Abbildung 29 zeigt den Effekt der Sanierung auf den zukünftigen Wärmebedarf. Für das Zwischenjahr 2030 ergibt sich ein Wärmebedarf von 1.387 GWh, was einer Minderung um 22,6 % entspricht. Für das Zieljahr reduziert sich der Wärmebedarf durch fortschreitende Sanierungen weiter, sodass der jährliche Wärmebedarf noch 1.201 GWh beträgt, was einer Minderung um 41,5 % gegenüber dem Basisjahr entspricht.

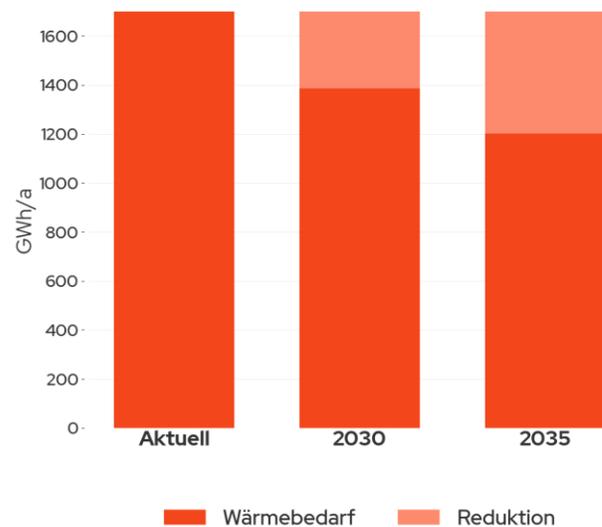


Abbildung 29: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion im Ziel- und Zwischenjahr

6.2 Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung

Nach der Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs und der Bestimmung der Eignungsgebiete für Wärmenetze erfolgt die Ermittlung der zukünftigen Versorgungsinfrastruktur. Es wird jedem Gebäude eine Wärmeerzeugungstechnologie zugewiesen. Zur Ermittlung der zukünftigen Wärmeerzeugungstechnologie in den beheizten Gebäuden, wird innerhalb der Wärmenetzeignungsgebiete eine Anschlussquote von 70 % angenommen. Hier wird für die 70 % der beheizten Gebäude mit dem höchsten Wärmebedarf je Eignungsgebiet ein Anschluss an das Wärmenetz mittels einer Hausübergabestation angenommen. Für die restlichen 30 % der Gebäude wird eine Einzelversorgung angenommen. In diesem Szenario werden 12,8 % der Gebäude über Wärmenetze versorgt (s. Abbildung 30).

Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete werden individuell beheizt. In Gebäuden mit Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs durch eine Wärmepumpe wird diese eingesetzt. Falls auf dem jeweiligen Flurstück die Möglichkeiten zur Installation einer Wärmepumpe vorhanden sind, wird eine Luftwärmepumpe oder eine Erdwärmepumpe zugeordnet. Andernfalls wird ein Biomassekessel angenommen. Dieser kommt auch bei

großen gewerblichen Gebäuden zum Einsatz. Dabei wird nochmals unterteilt, ob sich diese Gebäude innerhalb von Einzelversorgungsgebieten oder "Gas/Wärmepumpen-Prüfgebieten" befinden. Im letzteren Fall wäre je nach Entwicklung auch ein Gasanschluss an ein mögliches zukünftiges, aus regenerativen Gasen gespeistes Gasnetz als Möglichkeit denkbar. Dies hängt insbesondere mit der zukünftigen Preisentwicklung, Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit zusammen.

Bei der Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung wurde die Audi AG aufgrund ihrer Größe separat betrachtet. Hier wurde in Gesprächen mit dieser neben dem zukünftigen Wärmebedarf (s. Kapitel 6.1) ebenfalls geplante Energieversorgungsoptionen besprochen. Für die KWP wird dabei in Absprache mit der Audi AG angenommen, dass diese für das Audiwerk primär aus Fernwärme sowie Gas aus regenerativen Quellen (z.B. Biogas) zur Prozesswärme besteht.

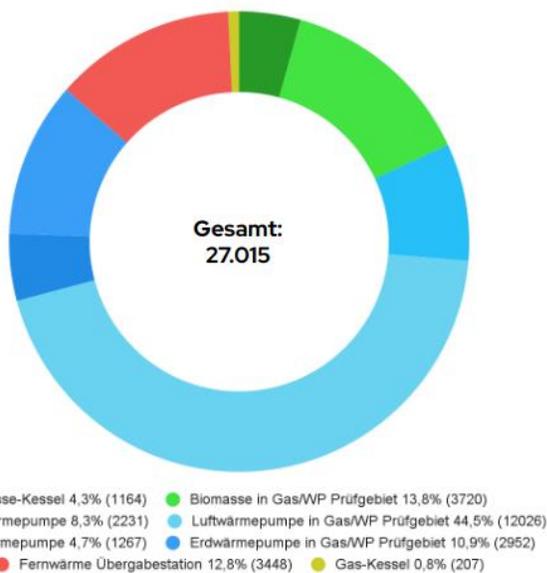


Abbildung 30: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2035

Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 30 für das Jahr 2035 dargestellt. Hierbei werden die Gebäude, welche sich innerhalb von "Gas/Wärmepumpen-Prüfgebieten" befinden, nochmal gesondert

dargestellt. Für diese ca. 18.700 Gebäude könnte neben den ermittelten Heizsystemen (Luft-WP, Erd-WP, Biomassekessel) wie oben beschrieben auch ein mit regenerativen Gasen betriebener Gaskessel infrage kommen.

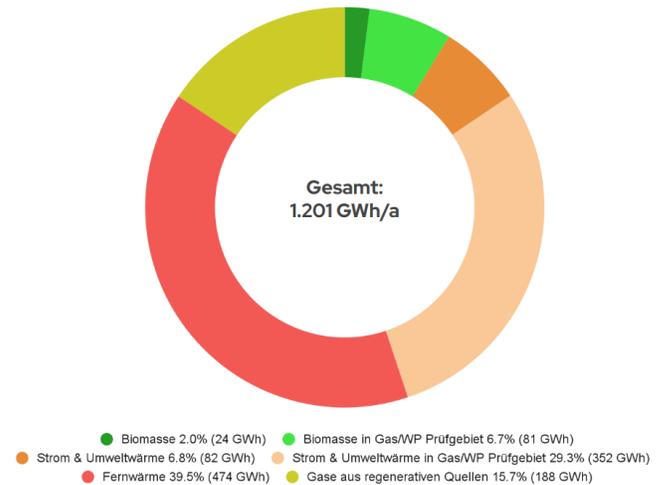


Abbildung 31: Wärmebedarf nach Wärmeerzeugern im Jahr 2035

Abbildung 31 stellt die Ergebnisse der Simulation in Bezug auf den zukünftigen Wärmebedarf, aufgeteilt nach Wärmeerzeugern, dar. Insgesamt verursachen haben die o.g. Gebäude innerhalb der Prüfgebiete einen Wärmebedarf in Höhe von ca. 433 GWh/a, welcher neben dem ermittelten Heizsystem (Luft-WP, Erd-WP, Biomassekessel) auch durch mit regenerativen Gasen betriebene Gaskessel versorgt werden kann.

Eine Analyse der eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien macht deutlich, dass 52,8 % der Haushalte zukünftig mit Luftwärmepumpen beheizt werden könnten, was einer Gebäudeanzahl von 14.257 entspricht. Erdwärmepumpen sind in diesem Szenario in 15,6 % der Gebäude verbaut, was insgesamt 4.219 Gebäuden entspricht. Insgesamt ergibt sich ein Wärmebedarf in Höhe von 434 GWh, der durch Wärmepumpen gedeckt werden kann. Einzelheizungen mit Biomasse könnten nach diesen Berechnungen zukünftig in 18,1 % bzw. ca. 4.884 Gebäuden zum Einsatz kommen, was einem Wärmebedarf von 105 GWh

entspricht. An das Wärmenetz wären 12,8 % der Gebäude angeschlossen mit einem Wärmebedarf von 474 GWh. Bei den restlichen 0,8 % der Gebäude mit Gas-Kesseln handelt es sich um industrielle Gebäude welche über Gase aus regenerativen Quellen versorgt werden. Abbildung 32 stellt das modellierte zukünftige Versorgungsszenario in Ingolstadt dar. Darin sind die

Eignungsgebiete für Wärmenetze sowie die Einzelversorgungsgebiete dargestellt, welche durch Heizsystem, betrieben durch Biomasse und Strom, versorgt werden. Die Gebäude innerhalb von "Gas/Wärmepumpen-Prüfgebiete" werden in dem Schaubild mit denselben Heizsystemen wie Gebäude innerhalb von Einzelversorgungsgebieten dargestellt.

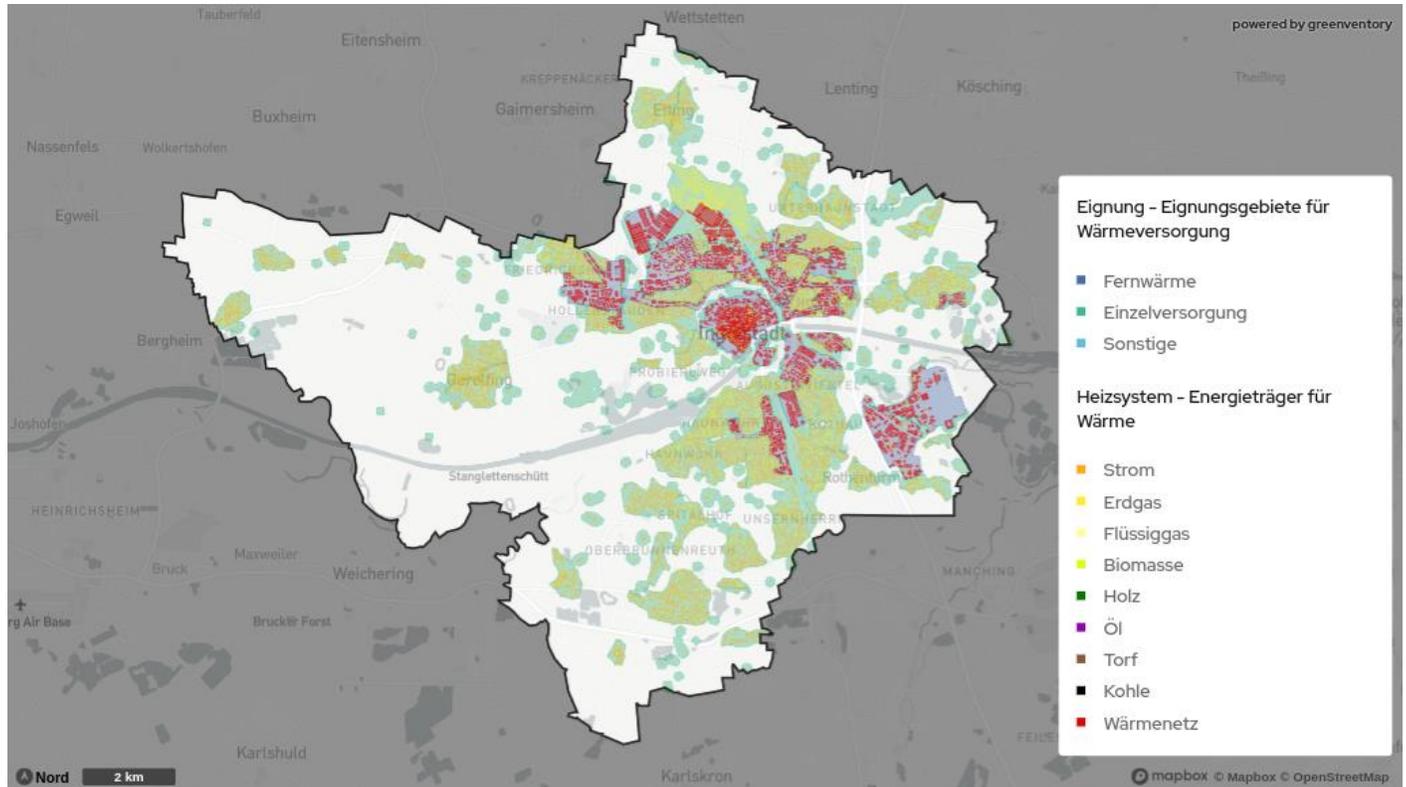


Abbildung 32: Mögliches (technisches) Versorgungsszenario im Zieljahr 2035

6.3 Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung

Im Kontext der geplanten Fernwärmeerzeugung bis 2035 wurde eine beispielhafte Prognose hinsichtlich der Zusammensetzung der im Zieljahr verwendeten Energieträger durchgeführt. Diese basiert auf Kenntnissen zu aktuellen und zukünftigen Energieerzeugungstechnologien.

Die Zusammensetzung der im Zieljahr 2035 voraussichtlich für die Fernwärmeerzeugung eingesetzten Energieträger ist in Abbildung 32 dargestellt und basiert auf den beispielhaften technisch

realisierbaren Zielszenarios der Fernwärmeerzeugung der Eignungsgebiete aus Kapitel 5.

Zu einem Anteil von 55,2 % würden die Wärmenetze im Zieljahr 2035 durch Abwärme der Gunvor Raffinerie und der MVA als Energieträger versorgt werden.

Großwärmepumpen, welche über Strom die Flusswärme der Donau nutzbar machen, könnten zukünftig 17,6 % der benötigten Wärme für die Fernwärme bereitstellen.

Des Weiteren würden Gase aus regenerativen Quellen (14 %) sowie Biomasse (12,9 %) insbesondere zur Abdeckung der Spitzenlast zum Energiemix beitragen.

Jeder dieser Energieträger wurde aufgrund seiner technischen Eignung, erzielbaren Temperaturniveaus, Umweltverträglichkeit und Effizienz im Kontext der Fernwärmeerzeugung ausgewählt. Es ist zu betonen, dass diese initialen Werte in nachgelagerten Transformationsplänen und Machbarkeitsstudien, die für die Wärmenetze und Eignungsgebiet durchgeführt werden, noch weiter verfeinert und validiert werden müssen. Aufgrund der hohen Temperatur des Heißwassernetzes kommen nur wenige Energieträger zur Einspeisung in dieses infrage. Falls eine mögliche Absenkung des Temperaturniveaus in Zukunft angestrebt und technisch realisierbar ist, könnten auch weitere Energieträger zur Einspeisung in das Wärmenetz nutzbar sein. Dies soll im Anschluss an die KWP untersucht werden (siehe auch Maßnahme "BEW Transformationsplan Heißwassernetz").

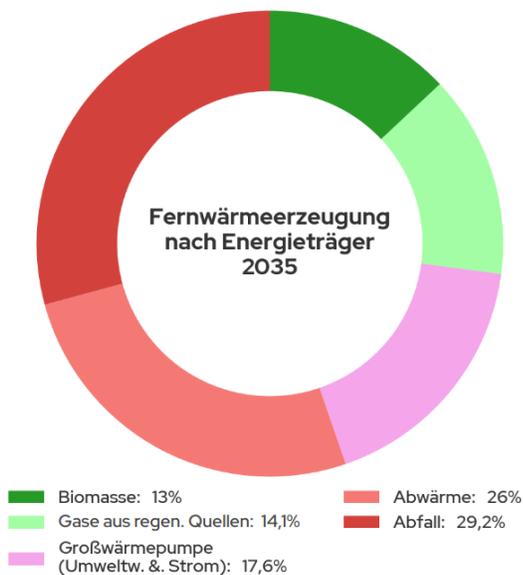


Abbildung 33: Beispielhafte Fernwärmeerzeugung nach Energieträger im Zieljahr 2035

6.4 Entwicklung der eingesetzten Energieträger

Basierend auf den zugewiesenen Wärmeerzeugungstechnologien aller Gebäude in Ingolstadt wird der Energieträgermix für das Zieljahr 2035 berechnet. Der Energieträgermix zur Deckung des zukünftigen Endenergiebedarfs gibt Auskunft darüber, welche Energieträger in Zukunft zur Wärmeversorgung in Wärmenetzen und in der Einzelversorgung zum Einsatz kommen.

Zunächst wird jedem Gebäude ein Energieträger zugewiesen. Anschließend wird dessen Endenergiebedarf basierend auf dem Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie sowie des Wärmebedarfs berechnet. Dafür wird der jeweilige Wärmebedarf im Zieljahr durch den thermischen Wirkungsgrad der Wärmeerzeugungstechnologie dividiert. Der Endenergiebedarf nach Energieträger für das Zwischenjahr 2030 sowie das Zieljahr 2035 ist in Abbildung 33 dargestellt.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Energieträger am Endenergiebedarf erfährt einen Übergang von fossilen hin zu nachhaltigen Energieträgern. Zudem sinkt der gesamte Endenergiebedarf durch die Annahme fortschreitender Sanierungen.

Der Anteil der Fernwärme am Endenergiebedarf 2035 wird über das betrachtete Zwischenjahr 2030 deutlich steigen. In diesem Szenario wird angenommen, dass sämtliche in den Workshops im Rahmen der Akteursbeteiligung erarbeiteten Wärmenetzeignungsgebiete zu 70 % erschlossen sein werden. Dies entspricht einer signifikanten Erhöhung von heute ca. 20-25 % (bei einem Fernwärmeverbrauch von ca. 226 GWh) auf 70 % (bei einem zukünftigen Fernwärmeverbrauch von knapp 500 GWh). Hierzu bedarf es neben einem starken Zubau an Erzeugungskapazitäten auch an Maßnahmen, um hohe Anschlussquoten in den Gebieten mit bestehendem Fernwärmenetz zu erreichen (siehe dazu auch

Maßnahme "Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen").

Der Anteil von Strom für dezentrale Wärmepumpen am Endenergiebedarf 2035 fällt trotz der 57,5 % mit dezentralen Luft- oder Erdwärmepumpen beheizten Gebäude vergleichsweise gering aus. Aufgrund der angenommenen Jahresarbeitszahl von ca. drei für die Wärmepumpen fällt der Strombedarf geringer aus als die durch die Wärmepumpen bereitgestellte Wärmemenge.

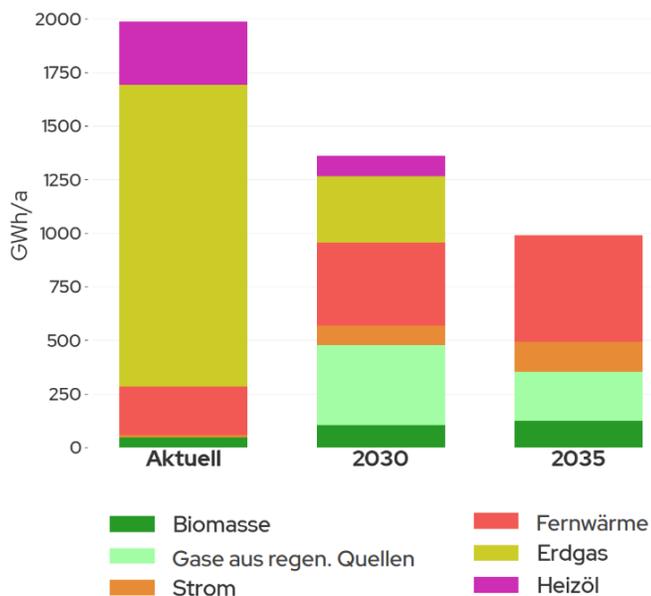


Abbildung 34: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

6.5 Bestimmung der Treibhausgasemissionen

Die dargestellten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger bei der Einzelversorgung und in Wärmenetzen führen zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 34). Es zeigt sich, dass im angenommenen Szenario im Zieljahr 2035 eine Reduktion um ca. 82 % verglichen mit dem Basisjahr erzielt werden kann. Dies bedeutet, dass ein CO₂-Restbudget im Wärmesektor von ca. 80.342 tCO₂ im Jahr 2035 anfällt. Dieses muss kompensiert oder durch weitere technische Maßnahmen im Rahmen des

kommunalen Klimaschutzes reduziert werden, um die Treibhausgasneutralität 2035 zu erreichen. Das Restbudget ist den Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energieträger zuzuschreiben, die auf die Emissionen entlang der Wertschöpfungskette (z. B. Fertigung und Installation) zurückzuführen sind.

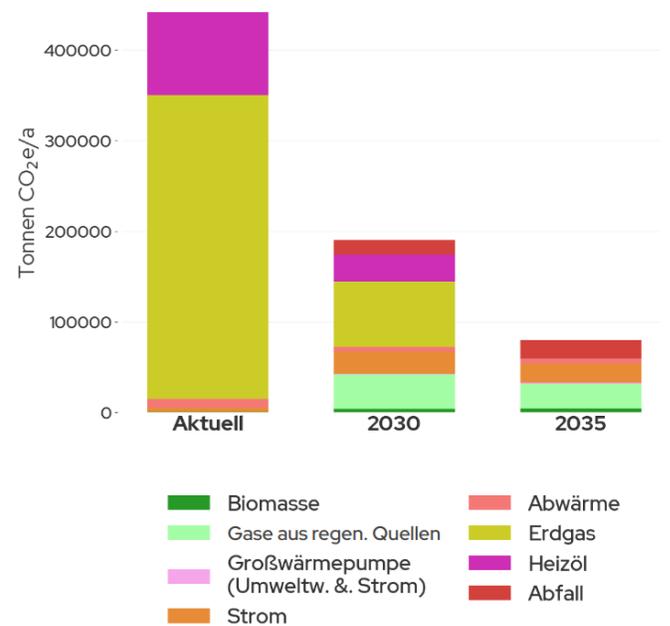


Abbildung 35: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträger im zeitlichen Verlauf

Einen wesentlichen Einfluss auf die zukünftigen THG-Emissionen haben neben der eingesetzten Technologie auch die zukünftigen Emissionsfaktoren. Für die vorliegende Berechnung wurden die in der Tabelle 1 aufgeführten Faktoren angenommen. Für das Zieljahr 2035 wurden dabei die Werte linear interpoliert. Gerade im Stromsektor wird von einer erheblichen Reduktion der CO₂-Intensität ausgegangen bis 2040, was sich positiv auf die CO₂-Emissionen von Wärmepumpenheizungen auswirkt. Im Jahr 2035 ist diese Reduktion noch nicht vollständig abgeschlossen, weshalb hier noch weiteres Einsparpotenzial vorliegt.

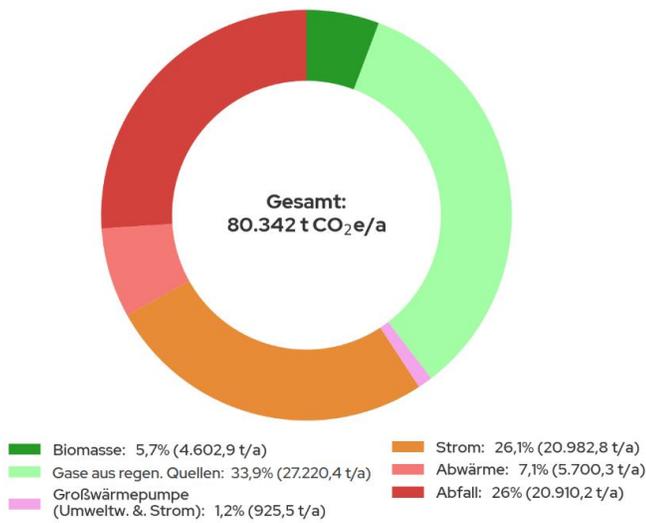


Abbildung 36: Treibhausgas-Emissionen nach Energieträger im Jahr 2035

Wie in Abbildung 36 zu sehen ist, werden im Jahr 2035 Gase aus regenerativen Quellen, Abwärme, Abfall und Strom den Großteil der verbleibenden Emissionen ausmachen. Der hohe Emissionsanteil aus dem Stromsektor ist insbesondere auf den bis 2035 noch nicht vollständig erneuerbaren Bundesstrommix zurückzuführen, welcher bei der Bilanzierungsmethodik verwendet wird. Dieser wird sich bis 2040 und darüber hinaus voraussichtlich weiter reduzieren (siehe Abbildung 37). Der Anteil der Restemissionen durch Gase aus regenerativen Quellen hängt stark vom zukünftigen Gasmix ab. In Abbildung 36 wurde konservativ vom CO₂-Emissionsfaktor von Biogas ausgegangen, welcher um den Faktor 2,5 höher ist als der von synthetischem Methan (s. Abbildung 37). Um eine vollständige Treibhausgasneutralität erreichen zu können, sollte im Rahmen der Fortschreibung der Wärmeplanung der Kompensation dieses Restbudgets Rechnung getragen werden.

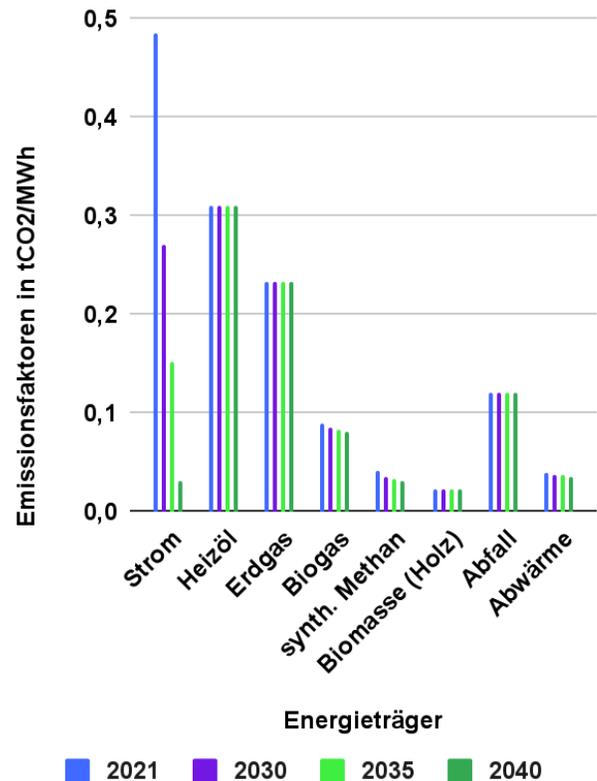


Abbildung 37: Emissionsfaktoren in tCO₂e/MWh, 2035 linear interpoliert (Quelle: KEA2023)

6.6 Zusammenfassung des Zielszenarios

Durch die Simulation des Zielszenarios zeigt sich, wie sich der Wärmebedarf bis ins Zieljahr 2035 bei einer Sanierungsquote von 2 % entwickelt. Der bundesweite Durchschnitt der Sanierungsquote liegt aktuell jedoch bei lediglich 0,8 %. Dies unterstreicht die Dringlichkeit großflächiger Sanierungen, um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten. Im Zielszenario wird zur Erreichung der Treibhausgasneutralität dabei der Extremfall betrachtet, dass alle Gebäude außerhalb der Wärmenetzgebieten über Wärmepumpen bzw. Biomasse-Kessel versorgt werden. Dies schließt sowohl Gebäude in Einzelversorgungsgebieten als auch Gebäude in "Gas/WP-Prüfgebieten" ein.

Im betrachteten Szenario werden ca. 86,5 % der Gebäude dezentral über Wärmepumpen oder Biomasse beheizt. Parallel dazu wird der Ausbau der

Fernwärmeversorgung ambitioniert vorangetrieben und es wird angenommen, dass im Zieljahr 2035 alle Wärmenetze der erarbeiteten Eignungsgebiete umgesetzt sind. Um die Dekarbonisierung des Wärmesektors in Ingolstadt zu erreichen, müssen konsequent erneuerbare Energiequellen auf dem Projektgebiet erschlossen werden. Auch wenn dies, wie

im Zielszenario angenommen, erreicht wird, bleiben 2035 Restemissionen von 80.342 tCO₂/a. Im Rahmen der Fortschreibungen des Wärmeplans müssen hierzu weitere Maßnahmen und Strategien entwickelt werden, um eine vollständige Treibhausgasneutralität des Wärmesektors erreichen zu können.

7 Maßnahmen und Wärmewendestrategie

In den vorhergehenden Kapiteln dieses Berichts wurden die wichtigsten Elemente einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung identifiziert, Eignungsgebiete bestimmt und simulativ quantifiziert. Auf dem Weg zur Umsetzung der Wärmewende wurden diese im Rahmen der Beteiligung, konkretisiert und in Maßnahmen überführt.

Die Maßnahmen bilden den Kern des Wärmeplans und bieten den Einstieg in die Transformation zum angestrebten Zielszenario. Diese können sowohl „harte“ Maßnahmen mit messbarer CO₂-Einsparung als auch "weiche" Maßnahmen, etwa in der Öffentlichkeitsarbeit, sein. Für die Auswahl der quantitativen Maßnahmen dienten die Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse als Grundlage. In Kombination mit dem Fachwissen beteiligter Akteure, greenventory sowie der lokalen Expertise der Stadtverwaltung, wurde der Handlungsspielraum so eingegrenzt, dass 15 zielführende Maßnahmen je Kommune identifiziert werden konnten. Diese wurden in Workshops diskutiert und verfeinert. Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmen vorgestellt. Zu jeder Maßnahme wird eine geografische Verortung vorgenommen sowie die wichtigsten Kennzahlen ausgewiesen. Als Berechnungsgrundlage zum CO₂-Einsparungspotenzial jeder Maßnahme dienten die Parameter des Technikkatalogs zur Kommunalen Wärmeplanung (KEA, 2022).

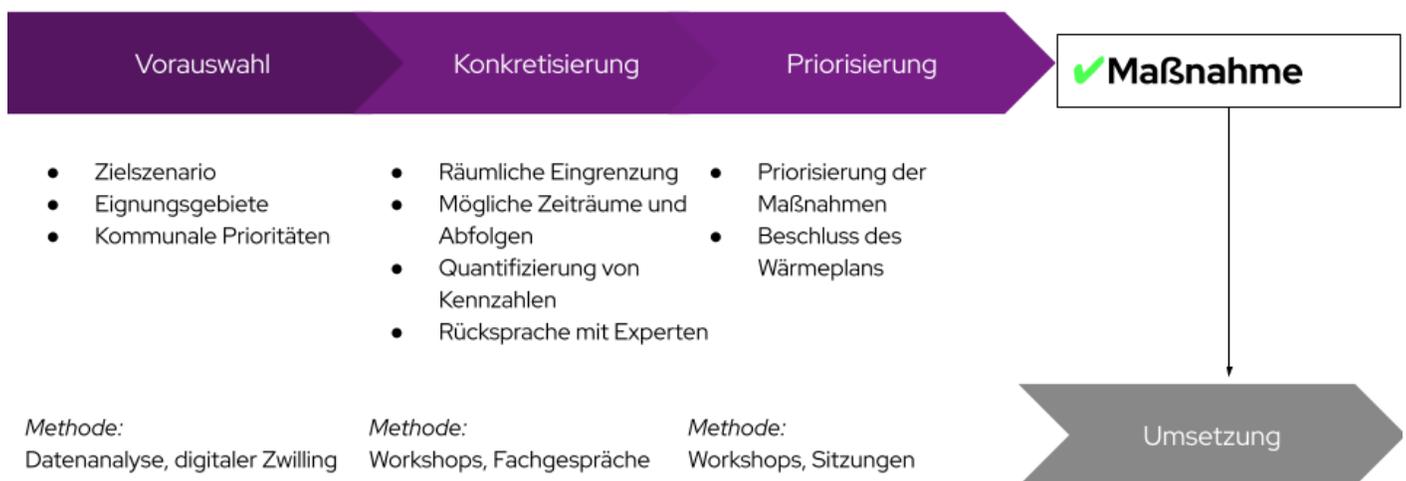


Abbildung 38: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios

Die Kosten bei Wärmenetzmaßnahmen setzen sich aus Kosten für die Leitungslegung, Anschlüsse und Heizzentralen zusammen. Die als Berechnungsgrundlage verwendeten Kostenparameter wurden mit der Stadt und den Stadtwerken Ingolstadt abgesprochen. Für die Kosten für Wärmenetzleitungen wurden Kosten je gelegten Meter Leitung der SWI verwendet, für Heizzentralen und Hausübergabestationen wurden Werte des KEA Technikkatalogs zur Kommunalen Wärmeplanung verwendet (KEA, 2022). Zur Berechnung der Kosten für die Leitungslänge

wurden die neu zu legenden Transport- und Verteilungen algorithmisch anhand des Straßennetzes und der bestehenden Infrastruktur ermittelt, für Hausanschlussleitungen wurde ein Pauschalwert von 10 Metern je Anschluss im Zielszenario angesetzt.

Die Modellierung der Investitionskosten von Heizzentralen basiert auf den in Kapitel 5 ermittelten Zusammensetzungen der Wärmeerzeugung je Gebiet und spezifischen Investitionskosten je Technologie. Diese basieren auf der Heizlast im betrachteten Gebiet. Für das Heißwassernetz wird angenommen, dass nur

zugebaute Kapazitäten Investitionskosten verursachen und folglich keine neuen Investitionen seitens Gunvor und MVA anfallen.

7.1 Erarbeitete Maßnahmen Ingolstadt

1. **BEW Transformationsplan Warmwassernetz Innenstadt:** Ausarbeitung eines Plans zur Optimierung und Erweiterung des Wärmenetzes, inklusive Effizienzsteigerung und CO₂-Reduktion durch Einbindung erneuerbarer Energien.
2. **BEW Transformationsplan Heißwassernetz:** Ausarbeitung eines Plans zur Optimierung und Erweiterung des Wärmenetzes, inklusive möglicher Temperaturabsenkung, Effizienzsteigerung und CO₂-Reduktion durch Einbindung erneuerbarer Energien.
3. **BEW Machbarkeitsstudie / Transformationsplan Münchener Straße:** Evaluierung der Machbarkeit für den Neubau von Wärmenetzen oder Anschluss an das bestehende Netz, Fokus auf technische und ökonomische Machbarkeit.
4. **BEW Machbarkeitsstudie / Transformationsplan Brückenkopf:** Evaluierung der Machbarkeit für den Neubau von Wärmenetzen oder Anschluss an das bestehende Netz, Fokus auf technische und ökonomische Machbarkeit.
5. **Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen prüfen**
6. **Treibhausgasneutrale Energieversorgungskonzepte für Neubaugebiete umsetzen:** z.B. Wärmenetze bei Eignung oder Wärmepumpen
7. **Zukunftsplan Gasnetz:** Untersuchung der Eignung zur Umstellung auf grüne Gase unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und verfügbarkeitsbezogener Faktoren von Gasnetzabschnitten
8. **Stromnetzplanung:** Planung des Ausbaus des Stromnetzes in Ingolstadt, einschließlich der Identifizierung von Standorten für Umspannwerke und PV-Freiflächen.
9. **Umsetzungsplanung der Potenzialflächen vorantreiben:** Analyse der technischen Potenziale für erneuerbare Energien und Start zur Umsetzung in realisierbare Projekte.
10. **Flächenziel und Flächenausweisung für Freiflächen-PV:** Entscheidungsfindung über die beste Nutzung von Flächen für Freiflächen-PV (inkl. Umspannwerke) oder anderweitiger Nutzung inkl. Sicherung der Flächen.
11. **Photovoltaik-Offensive starten:** Antreiben des Baus von PV-Anlagen, z.B. durch Bebauung von versiegelten Flächen und Informationsbereitstellung.
Sanierungsmanagement und Beratung: gezielte Durchführung von Energieberatungen und Informationskampagnen. Schwerpunkte:
 12. Wärmenetzeignungsgebiete
 13. Wärmepumpen
14. **Energiewendemesse:** Niederschwelliges Informationsangebot für Bürger über eine Messe, die Handwerk, Energieversorger, Energieberatung, Verwaltung und Bürger zusammenbringt.
15. **Sanierung Gebäude Straßenverkehrsamt:** Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen aus dem Schwerpunktprojekt

7.2 Maßnahme 1: BEW Transformationsplan Warmwassernetz Innenstadt



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Wärmenetz  

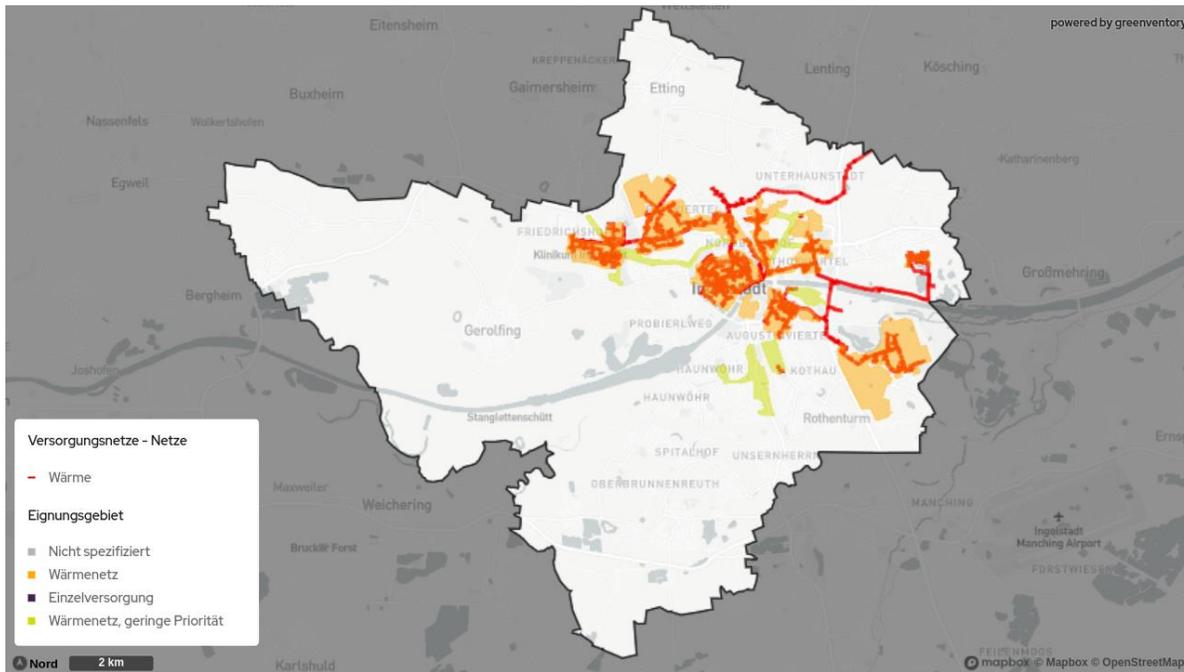
Beschreibung der Maßnahme

Das Warmwassernetz in der Innenstadt wird derzeit hauptsächlich durch das Heizwerks Esplanade versorgt, ergänzt durch Gas-Heizzentralen zur Absicherung. Die Temperatur im Netz beträgt zwischen 80 und 90 °C, und etwa 20 % der Gebäude sind angeschlossen. Die Gebäude in der Innenstadt sind größtenteils ältere Gebäude und Altbauten. Das Gebiet beinhaltet ebenfalls vergleichsweise viele öffentliche Gebäude. Aufgrund des Gebäudebestands, der hohen Wärmeliniendichten und der existierenden Infrastruktur bietet sich eine Nachverdichtung und Erweiterung des Wärmenetzes an. Eine mögliche Option zur Einbindung erneuerbarer Energien ist die Nutzung einer Flusswärmepumpe in der Donau als Hauptenergiequelle, während Gase aus regenerativen Quellen als Backup für Spitzenlasten dienen könnten. Auch ist oberflächennahe Geothermie als unterstützendes Erzeugungspotenzial in der Sportanlage des MTV denkbar. Ein Transformationsplan soll untersuchen, wie die Netzverdichtung und -erweiterung sowie die Integration erneuerbarer Energien umgesetzt werden kann. Ein potenzieller Standort für die Flusswärmepumpe könnte das Gelände des Sportbads sein. Verfügbare Potenziale sind Flusswärme (130 GWh) und oberflächennahe Geothermie (1,3 GWh).

	Der Wärmebedarf im Gebiet beträgt 2035 voraussichtlich ca. 76,70 GWh.
Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Ingolstadt Innenstadt
Kostenschätzung	ca. 200.000 € Transformationsplan → Je nach Abdeckung der HOAI LPHs auch deutlich höhere Kosten → BEW Förderung bis zu 2.000.000 € bzw. 50 % möglich Umsetzungskosten ca. 80 Mio. € (Gesamtkosten)* → BEW Förderung: bis zu ca. 31 Mio € → Kosten nach Förderung: ca. 49 Mio €
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	ca. 11.000 t CO ₂ e/a
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 2 Jahren

*Leitungen, Anschlüsse, Heizzentralen

7.3 Maßnahme 2: BEW Transformationsplan Heißwassernetz



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Wärmenetz  

Beschreibung der Maßnahme

Das Heißwassernetz der Stadtwerke Ingolstadt versorgt bereits große Flächen Ingolstadts mit Wärme. Aktuell ist die Anschlussquote insbesondere in den Gebieten Nordost und Nordwest vergleichsweise gering. Das Temperaturniveau liegt je nach Jahreszeit zwischen 110 °C und 125 °C, was die Einbindung alternativer Energieträger erschwert. Aktuell wird das Wärmenetz primär aus Abwärme der Gunvor Raffinerie und der Müllverwertungsanlage gespeist. Die Abwärmeverfügbarkeit und das Temperaturniveau der verfügbaren Abwärme sind Unsicherheitsfaktoren für die zukünftige Versorgung. Als Teil eines Transformationsplans sollen folglich folgende Dinge untersucht werden:

- Ausbau und Nachverdichtung des Wärmenetzes
- Hydraulische Entkopplung von Kunden mit besonders hohem Temperaturbedarf und potenzielle Absenkung der Netztemperatur zur Vereinfachung der Einbindung alternativer Energieträger. Hier stellt sich insbesondere die Frage, welche Teile des Netzes und Übergabestationen erneuert werden müssten
- Einbindung von erneuerbaren Wärmequellen: Infrage kommen könnten beispielsweise die Flusswärme der Donau

oder Freiflächen westlich bei Friedrichshofen.

Verfügbare Potenziale auf dem hohem Temperaturniveau sind Hochtemperatur-Abwärme (Gunvor) & Verbrennung (MVA, Biomasse, ggf. H₂). Der Wärmebedarf im Gebiet beträgt 2035 voraussichtlich ca. 378,48 GWh.

Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Wärmenetzversorgungsgebiet: Friedrichshofen, Ingolstadt Nordwest, GVZ, Ingolstadt Nordost, Monikaviertel, Manchinger Straße, incampus, Borsigstraße, Mailing
Kostenschätzung	ca. >200.000 € Transformationsplan <ul style="list-style-type: none"> ➔ Je nach Abdeckung der HOAI LPHs auch deutlich höhere Kosten ➔ BEW Förderung bis zu 2.000.000 € bzw. 50 % möglich Umsetzungskosten ca. 230 Mio. € (Gesamtkosten)* ➔ BEW Förderung**: bis zu 100 Mio € ➔ Kosten nach Förderung: ca. 130 Mio €
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	ca. 74.000 t CO ₂ e/a
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 2 Jahren

*Leitungen, Anschlüsse, neu zu bauende Heizzentralen

**Förderkriterium: Prüfung Temperaturabsenkung auf <95 °C

7.4 Maßnahme 3: BEW Machbarkeitsstudie / Transformationsplan Münchener Straße



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Wärmenetz  

Beschreibung der Maßnahme

Im Bereich der Münchener Straße und des Schulzentrums Südwest liegt eine mögliche Wärmenetzzeignung vor. Die Gebäude werden gemischt genutzt, primär liegen Wohngebäude vor. Die Gebäudealtersklassen sind heterogen verteilt, vorwiegend befinden sich Gebäude aus den Jahren 1949–1978, aber auch zahlreiche neuere und ältere Gebäude im Gebiet. Die Milchwerke/Goldmilch können ein Ankerkunde sein, welcher voraussichtlich ein hohes Temperaturniveau (ca. 120 °C) benötigt. Es ist zu prüfen, ob das Gebiet über ein Wärmenetz erschlossen werden kann. In Abhängigkeit vom Erschließungskonzept nach Konzept über eine BEW Machbarkeitsstudie (Neubau Wärmenetz Warmwasser) oder den Transformationsplan des Heißwassernetzes (Anschluss an das Heißwassernetz über die Bahntrasse).

Bei einer möglichen Neuerschließung möglicher Standort für die Einbindung von erneuerbaren Energien (bspw. Flusswärme der Donau und Biomasse) ist das Weinzielgelände. Ebenfalls ist die Einbindung von oberflächennaher Geothermie auf dem Gelände der Bezirkssportanlage des DJK (nördlich des Schulzentrum Südwest) eine mögliche erneuerbare Erzeugungsmöglichkeit zur Grundlast. Insbesondere hierbei ist eine Sanierung der Anschlussgebäude

anzustreben, um die Netztemperatur gering zu halten. Kunden mit einem erhöhten Temperaturniveau könnten hydraulisch entkoppelt oder durch Anheben des Temperaturniveaus über zusätzliche Wärmepumpen versorgt werden.

Verfügbare Potenziale sind Flusswärme (43,8 GWh). Der Wärmebedarf im Gebiet beträgt 2035 voraussichtlich ca. 34,34 GWh.

Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Münchener Straße & Schulzentrum Südwest
Kostenschätzung	ca. 150.000 € Machbarkeitsstudie <ul style="list-style-type: none"> → Je nach Abdeckung der HOAI LPHs auch deutlich höhere Kosten → BEW Förderung bis zu 2.000.000 € bzw. 50 % möglich Umsetzungskosten ca. 42 Mio. € (Gesamtkosten)* <ul style="list-style-type: none"> → BEW Förderung: bis zu ca. 17 Mio € → Kosten nach Förderung: ca. 25 Mio €
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	ca. 10.000 t CO ₂ e/a
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 5 bis 10 Jahren

*Leitungen, Anschlüsse, Heizzentralen

7.5 Maßnahme 4: BEW Machbarkeitsstudie / Transformationsplan Brückenkopf



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Wärmenetz  

Beschreibung der Maßnahme

Im Gebiet Brückenkopf befinden sich zahlreiche Gebäude mit einem hohen Wärmebedarf sowie viele Altbauten. Aufgrund dessen und der Nähe zum Bestandsgebiet bietet sich eine Anbindung an das Wärmenetz an. Diese kann beispielsweise direkt über eine zusätzliche Donauquerung zur Altstadt oder direkt zum Bestandsnetz im Bereich der Manchinger Straße erfolgen. Alternativ ist auch die Erschließung eines entkoppelten Wärmenetzes denkbar. Je nach Erschließungskonzept soll über eine BEW-geförderte Machbarkeitsstudie oder einen Transformationsplan die Erschließung des Gebiets geprüft werden. Neben dem Anschluss an das bestehende Netz bietet sich auch die Einbindung von Flusswärme aus der Donau an.

Verfügbare Potenziale sind Flusswärme (130 GWh). Der Wärmebedarf im Gebiet beträgt 2035 voraussichtlich ca. 8,74 GWh.

Verantwortlicher Akteur

Stadtwerke Ingolstadt, Stadt Ingolstadt

Flächen / Ort

Brückenkopf

Kostenschätzung

ca. 100.000 € Kosten Machbarkeitsstudie

→ Je nach Abdeckung der HOAI LPHs auch deutlich höhere

Kosten

→ BEW Förderung bis zu 2.000.000 € bzw. 50 % möglich

Umsetzungskosten ca. 6,2 Mio. € (Gesamtkosten)*

→ BEW Förderung: bis zu ca. 2,5 Mio €

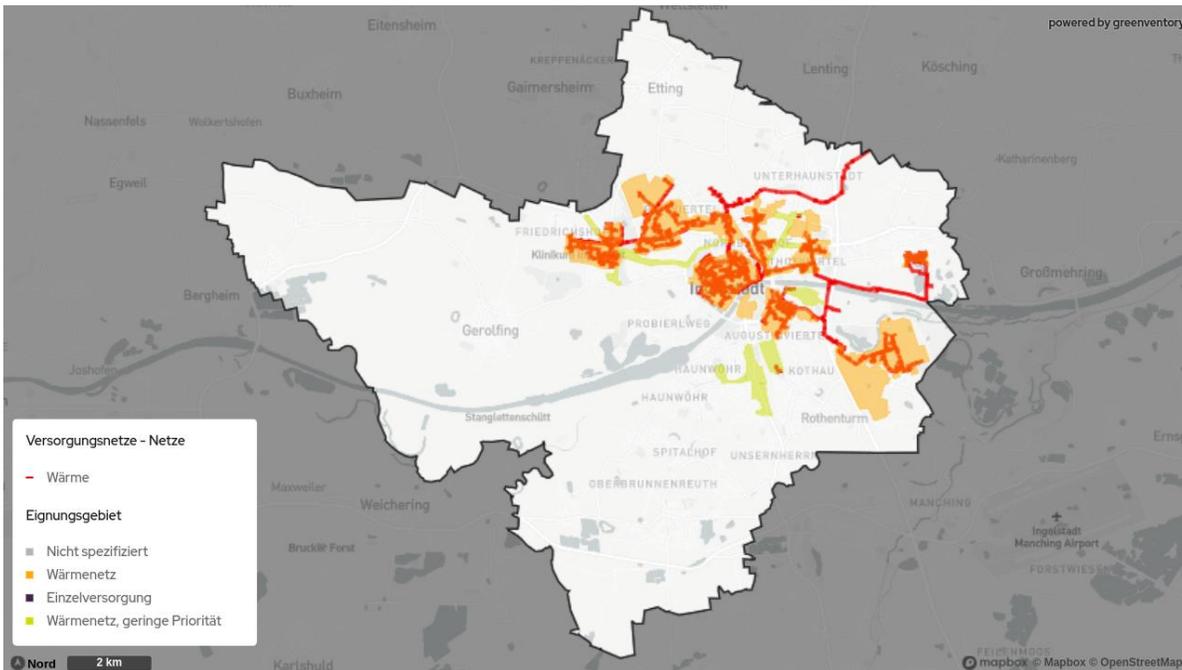
→ Kosten nach Förderung: ca. 3,7 Mio €

Erzielbare CO₂-Einsparung ca. 1.600 t CO₂e/a

Umsetzungsbeginn **Innerhalb von 10 Jahren**

*Leitungen, Anschlüsse, Heizzentralen

7.6 Maßnahme 5: Ausweisung von Gebieten zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen prüfen



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Regelung | Wärmenetz 

Beschreibung der Maßnahme

Um die Dekarbonisierung des Wärmesektors zu erreichen und Wärmenetze auch in Zukunft wirtschaftlich zu betreiben, sind hohe Anschlussquoten in den Wärmenetzen notwendig. In Ingolstadt ist die Anschlussquote an das Wärmenetz bezogen auf die Gebäudeanzahl aktuell vergleichsweise gering.

Die Stadt hat grundsätzlich die Möglichkeit, ein Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen auszuweisen. Die Ausweisung erfolgt über einen Stadtratsbeschluss und dient zur Planungssicherheit für die Bürgerinnen und Bürger. Einen Monat nach dem Beschluss sind in diesem Gebiet die Anforderungen des GEG (65%-EE-Vorgabe) verbindlich einzuhalten. Mit dem Anschluss ans Wärmenetz können die Anforderungen des GEG pauschal erfüllt werden. Eine hohe Anschlussquote erhöht die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes.

Zusätzlich kann innerhalb dieser Gebiete die Umsetzung eines Anschluss- und Benutzungszwangs geprüft werden. Gebäudeeigentümer innerhalb eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen mit Anschluss- und Benutzungszwang sind verpflichtet, sich an das Wärmenetz anzuschließen. Diese Verpflichtung würde bei Neubauten sofort gelten. Im Bestand würde die Verpflichtung erst ab dem Zeitpunkt gelten, an dem eine

grundlegende Änderung an der bestehenden Wärmeversorgung vorgenommen wird. Durch die Verpflichtung besteht von Seiten der Gebäudeeigentümer ein Anspruch auf die Versorgung mit Wärme aus dem Wärmenetz.

Die Umsetzung eines Anschluss- und Benutzungszwangs muss vorhabenbezogen rechtlich geprüft werden. Eine Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger ist in jedem Fall erforderlich.

Um die Klimaschutzziele Ingolstadts zu erreichen, kann ggf. die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwangs flankierend zum Ausbau von Wärmenetzen eingeführt werden. In einer nachfolgenden Analyse soll untersucht werden, ob und welche Gebiete zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen inkl. möglichem dazugehörigen Anschluss- und Benutzungszwangs ausgewiesen werden können. Für folgende Neubaugebiete könnte das eine Option sein: INquartier, Am Samhof, Friedrichshofen-Dachsberg. In jedem Fall sollte ein Bürgerdialog / eine Informationsveranstaltung durchgeführt werden.

Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt, Stadtrat, Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Ingolstadt
Kostenschätzung	Für die Stadt Ingolstadt entstehen (neben dem Verwaltungs- und Personalaufwand) keine direkten Kosten.
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Eine Abschätzung der CO ₂ e-Einsparungen ist aufgrund der qualitativen Natur der Maßnahme nicht seriös möglich.
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 5 Jahren

7.7 Maßnahme 6: Treibhausgasneutrale Energieversorgungskonzepte für Neubaugebiete umsetzen



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Wärmenetz  

Beschreibung der Maßnahme

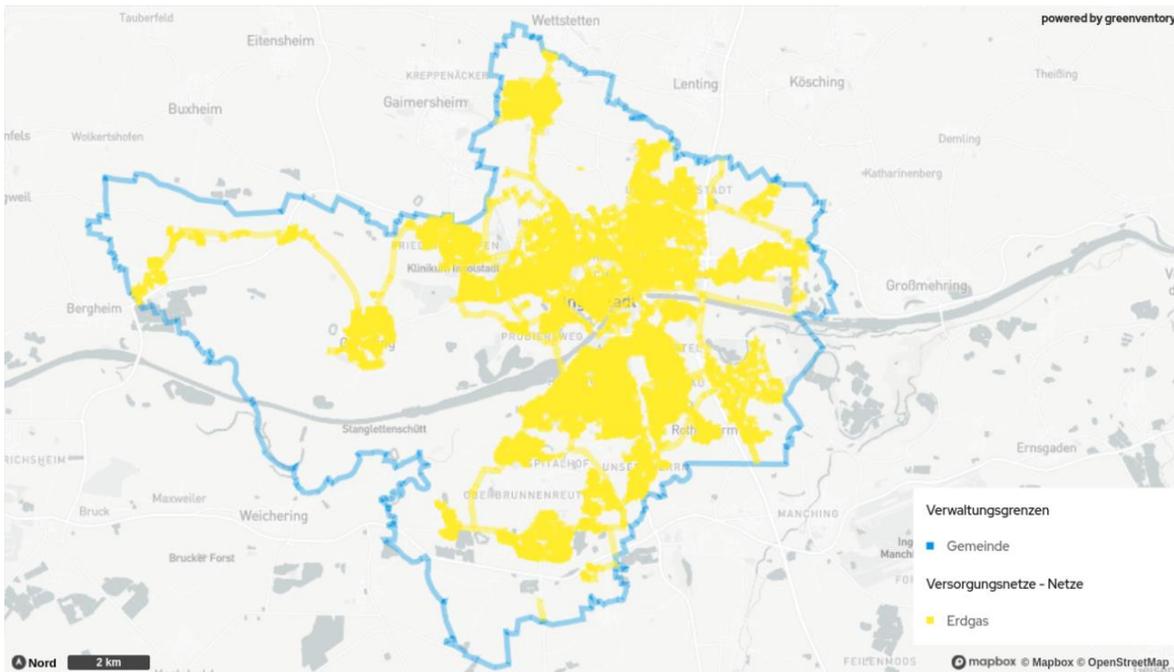
Für alle geplanten Neubaugebiete sollen im Rahmen der Bauleitplanung ein Energieversorgungskonzept zur klimaneutralen Energieversorgung, insbesondere zur klimaneutralen Wärmeversorgung, erstellt werden. Konkret soll untersucht werden, ob sich das geplante Neubaugebiet zum Anschluss an ein bestehendes Wärmenetz oder zum Aufbau eines dezentralen Nahwärmenetzes eignet. Folgende Kriterien können zur Bestimmung der Wärmenetzsignung herangezogen werden:

- Lage im Stadtgebiet und Entfernung zum bestehenden Fernwärmenetz
- Vorhandensein erneuerbarer Energiequellen (für potentielle dezentrale Netze)
- Städtebauliche Struktur: Bei Neubaugebieten mit vielen Einfamilienhäusern bietet sich eher eine dezentrale Versorgung über beispielsweise Wärmepumpen an. Bei Gebieten mit vielen Mehrfamilienhäusern kann eine Wärmenetzsignung vorliegen. Die zu erwartende Wärmelinien-dichte (absetzbare Wärmemenge je Leitungsmeter) ist hierfür das ausschlaggebende Bewertungskriterium

- Großverbraucher bzw. Ankerkunden innerhalb des Gebiets
Falls keine Wärmenetzeignung festgestellt werden kann, wird eine Versorgung durch Wärmepumpen angestrebt.
In jedem Fall muss die Versorgung ausschließlich auf Basis erneuerbarer Energien oder unvermeidbarer Abwärme erfolgen.

Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt, Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Stadt Ingolstadt
Kostenschätzung	Personalkosten zusätzlich ggf. Kosten für ein externes Ingenieurbüro
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Die CO ₂ -Einsparung hängt von den schlussendlich gewählten und vermiedenen Energieträgern sowie dem gedeckten Wärmebedarf ab.
Umsetzungsbeginn	Im Anschluss an den Energienutzungsplan

7.8 Maßnahme 7: Zukunftsplan Gasnetz



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Gasnetz  

Beschreibung der Maßnahme

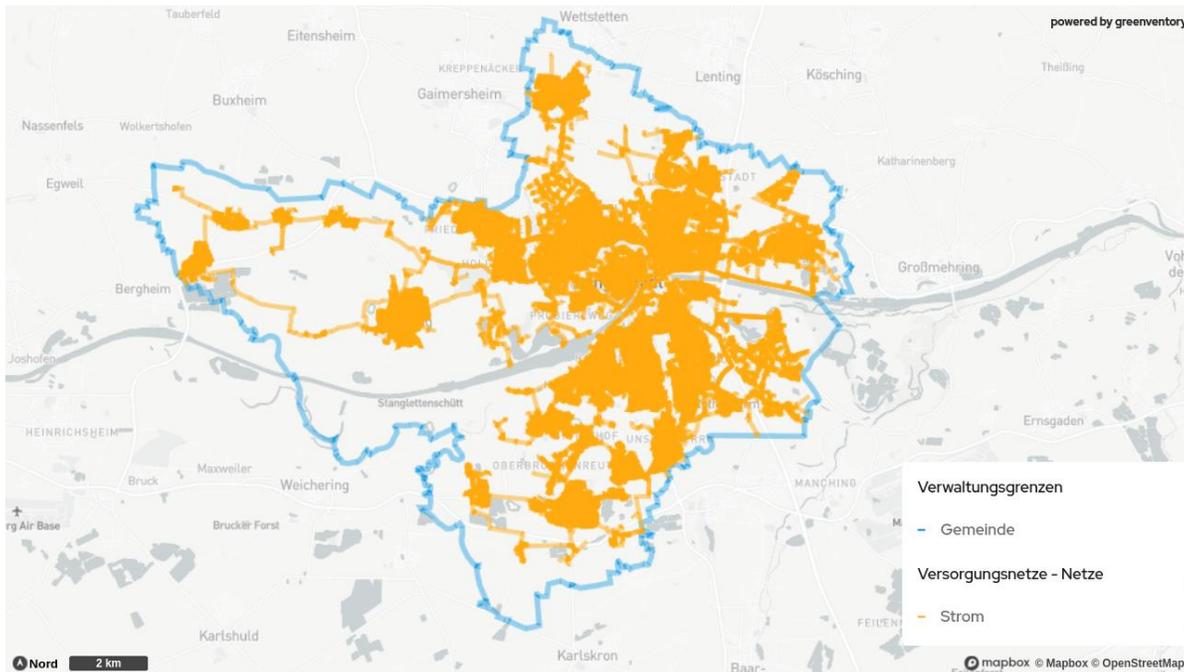
Der größte Anteil der Wärme Ingolstadts wird derzeit über das Gasnetz bereitgestellt. Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, ist es besonders wichtig zu prüfen, wie dieser Anteil dekarbonisiert werden kann. Auf der einen Seite werden innerhalb von Wärmenetzeignungsgebieten Wärmenetze eine immer größere Rolle spielen. Auf der anderen Seite können gewisse Teile des Gasnetzes auf Gase aus regenerativen Quellen wie Wasserstoff, Biomethan oder Biogas umgestellt werden.

Im Zuge eines "Zukunftsplans Gasnetz" soll geprüft werden, welche Teile des Niederdruck-Verteilnetzes, des Mitteldrucknetzes und des Hochdrucknetzes in Zukunft auf solche Gase aus regenerativen Quellen umgestellt werden könnten. Hier sind insbesondere folgende Dinge zu prüfen:

- Technische Eignung Wasserstoff / Gase aus regenerativen Quellen in den verschiedenen Netzebenen und der unterschiedlichen Systemteile: Speicher, Rohrleitungen, Verdichterstationen, Druckregelgeräte, Messgeräte, Ventile, Armaturen, Zähler usw.
- Wirtschaftliche Eignung von Netzabschnitten bei einer möglichen Netzumstellung

	<ul style="list-style-type: none">● Zukünftige Verfügbarkeit von Gasen aus regenerativen Quellen <p>Der Gasgebietstransformationsplan des DVGW läuft bereits an, eine Harmonisierung sollte angestrebt werden.</p>
Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Stadt Ingolstadt
Kostenschätzung	Stark variierend je nach Detaillierungsgrad. Ausbaurkosten abhängig von Studienergebnissen.
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Keine direkte CO ₂ -Einsparung. Schlussendlich abhängig von der Größe des umzustellenden Gebiets und der eingesetzten Energieträger.
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 3 Jahren

7.9 Maßnahme 8: Stromnetzplanung Ingolstadt



Maßnahme Typ

Planung & Studie | Stromnetz  

Beschreibung der Maßnahme

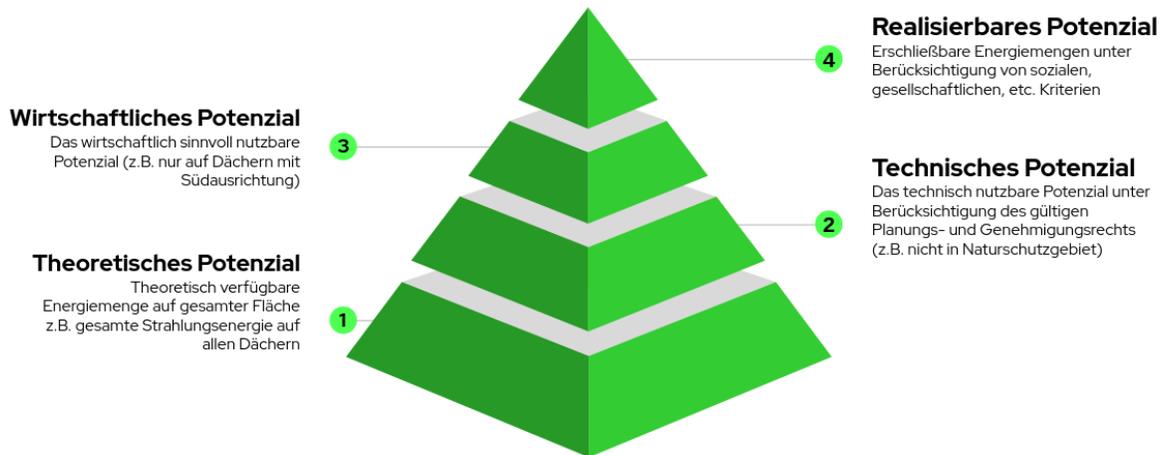
Aufgrund der Transformation und Dekarbonisierung des Wärme- und Mobilitätssektors ist in Zukunft mit einem steigendem Strombedarf durch Wärmepumpen und E-Mobilität zu rechnen. Insbesondere außerhalb der Fernwärme-Eignungsgebiete wird der Anteil an Wärmepumpen und folglich der Strombedarf voraussichtlich stark steigen. Auch die lokale Stromerzeugung durch PV wird ansteigen. Dies bedingt voraussichtlich einen starken Ausbau des Stromnetzes und der dazugehörigen Infrastruktur. Ziel einer Stromnetzplanung ist es, diesen zu ermitteln. Unter anderem sollen zusätzlich notwendige Umspannwerke inkl. der dazugehörigen Flächenausweisung & -sicherung, zusätzlicher Transformatoren-(aus-)bau und zusätzliche Leitungen oder nötige Leitungsverstärkung ermittelt werden. Erste Planungen in dem Bereich sind durch die Stadtwerke Ingolstadt bereits erfolgt und sollen fortgeführt werden. Hierbei wurden bereits erste potenzielle Umspannwerksflächen für PV-Freiflächen identifiziert.

Als nächster Schritt sollten PV Freiflächen genau definiert werden, um eine sinnvolle Platzierung und Umsetzung der Umspannwerke zu erreichen. Dies kann beispielsweise über die Ausweisung von Vorranggebieten für PV-Freiflächen erfolgen.

Die Maßnahme ist somit eng vernetzt mit den Maßnahmen "Flächenziel und Flächenausweisung für Freiflächen-PV" und "Umsetzungsplanung der Potenzialflächen vorantreiben". Eine Abstimmung sollte angestrebt werden. Insbesondere aufgrund der langen Planungs- und Bauzeit von Umspannwerken soll die zeitnahe Weiterführung der Maßnahme angestrebt werden.

Verantwortlicher Akteur	Stadtwerke Ingolstadt, Stadt Ingolstadt
Flächen / Ort	Stadt Ingolstadt
Kostenschätzung	Stark variierend je nach Detaillierungsgrad. Ausbaurkosten abhängig von Studienergebnissen.
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Keine direkte CO ₂ -Einsparung. Voraussetzung für Ausbau im Stromsektor
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 3 Jahren

7.10 Maßnahme 9: Umsetzungsplanung der Potenzialflächen vorantreiben



Maßnahme Typ	Planung & Studie Regelung
Beschreibung der Maßnahme	<p>Das theoretische Potenzial beschreibt die physikalisch vorhandene Energie in einer Region, wie etwa die Sonnen- oder Windenergie. Das technische Potenzial grenzt dieses theoretische Potenzial durch rechtliche und technologische Faktoren ein und wird in geeignetes, bedingt geeignetes und ungeeignetes Potenzial unterteilt, wobei Natur- und Artenschutz eine entscheidende Rolle spielen. Dieses technische Potenzial wird im Rahmen des Energienutzungsplans analysiert.</p> <p>Die Umsetzbarkeit des Potenzials hängt von zusätzlichen Faktoren wie Kosten und erzielbarer Energiepreise (= wirtschaftliches Potenzial) sowie Flächennutzungskonkurrenz, Akzeptanz und raumplanerischen Prioritäten ab, was zum realisierbaren Potenzial führt. Während das ermittelte technische Potenzial als Obergrenze anzusehen ist, fällt das tatsächlich realisierbare Potenzial deutlich geringer aus.</p> <p>Insbesondere um konkrete Flächen für Projekte zur Erzeugung erneuerbarer Energien und zum Bau von Wärmereizungs- sowie Absicherungskapazitäten ist folglich eine Weiterentwicklung der Potenzialflächen notwendig.</p>
Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt, Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Ingolstadt
Kostenschätzung	Für die Stadt Ingolstadt entstehen (neben dem Verwaltungs- und Personalaufwand) keine direkten Kosten.

Erzielbare CO₂-Einsparung Eine Abschätzung der CO₂e-Einsparungen ist aufgrund der qualitativen Natur der Maßnahme nicht seriös möglich.

Umsetzungsbeginn **Im Anschluss an den Energienutzungsplan**

7.11 Maßnahme 10: Flächenziel und Flächenausweisung für Freiflächen-PV

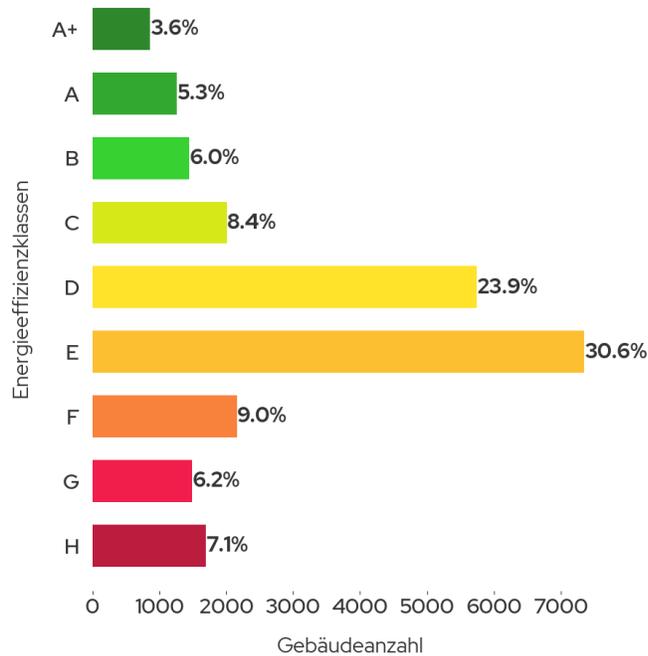
Maßnahme Typ	Photovoltaik Regelung 
Beschreibung der Maßnahme	<p>Zur Ergänzung des PV-Potenzials auf Dachflächen und zur Steigerung der Eigenversorgung im Stadtgebiet soll unter Abwägung aller relevanten Faktoren in Anlehnung an das 2 % Flächenziels des Windenergieflächenbedarfsgesetzes ein Flächenziel für die Nutzung von Freiflächen-PV Anlagen für Ingolstadt ermittelt werden. Dies soll auf konkrete Flächen im Stadtgebiet zugeordnet werden. Dabei sollen auch Flächen für Umspannwerke vorgesehen werden. Hierzu sind folgende Handlungsschritte durchzuführen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definition des Flächenziels 2. Flächenbewertung: Die in der Potenzialanalyse ermittelten technischen Potenzialflächen werden hinsichtlich ihrer Eignung und ihres landschaftsplanerischen Raumwiderstandes für die Installation von Freiflächen-PV-Anlagen bewertet. Weiterhin werden Kriterien wie Wirtschaftlichkeit, Flächenkonkurrenz, Akzeptanz und vorhandene Infrastruktur berücksichtigt. Ebenfalls zu berücksichtigen sind Flächen für Umspannwerke. 3. Auswahl und Ausweisung von geeigneten Flächen: Auf Basis der Flächenbewertung werden die am besten geeigneten Flächen für die Errichtung von Solaranlagen ausgewählt und dargestellt. Durch rechtliche Instrumente wie Bebauungspläne, Flächennutzungsplan mit integriertem Landschaftsplan oder Satzungen wird die Ausweisung der Flächen verbindlich geregelt und langfristig gesichert. <p>Die Maßnahme ist eng vernetzt mit den Maßnahmen "Stromnetzplanung Ingolstadt" und "Umsetzungsplanung der Potenzialflächen vorantreiben". Eine Abstimmung mit den Stadtwerken Ingolstadt ist notwendig.</p>
Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt, Stadtwerke Ingolstadt
Flächen / Ort	Ingolstadt
Kostenschätzung	ca. 10.000 € für die Standortpotenzialanalyse
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Bis zu ca. 88.000 t CO ₂ e, bei tatsächlicher Nutzung von 2 % der Fläche Ingolstadts (und Nutzung der Energienutzungsplan als "gut geeignet" ausgewiesenen Flächen)
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 2 Jahren

7.12 Maßnahme 11: Photovoltaik-Offensive starten

Maßnahme Typ	Photovoltaik Selbstverpflichtung Baumaßnahme 
Beschreibung der Maßnahme	<p>Angesichts der Transformation des Energiesystems ist in den kommenden Jahren mit einem Anstieg des Strombedarfs zu rechnen. Dies betrifft insbesondere den Strombedarf für Erdwärmepumpen, Luftwärmepumpen und Großwärmepumpen im Wärmesektor sowie den Strombedarf durch die Elektromobilität, der klimaneutral gedeckt werden sollte.</p> <p>Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2035 in Ingolstadt zu erreichen, ist es daher entscheidend, den Ausbau von erneuerbaren Stromerzeugern voranzutreiben. In Ingolstadt liegt ein signifikantes technisches Potenzial für Solarenergie vor. Ziel ist es, eine Solaroffensive zu starten, die sich auf die Installation von Photovoltaik-Anlagen auf Dächern und versiegelten Flächen konzentriert. Der Fokus der Maßnahme sollten folgende Gebiete sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Gewerbegebiete: Da die Flächen von Unternehmen in Gewerbegebieten in privatem Besitz sind, ist es wichtig, diese primär zu informieren. ● Gebäude außerhalb von Wärmenetz-Eignungsgebieten, da hier voraussichtlich vermehrt Wärmepumpen installiert werden. Eine Kombination mit den Energiekarawanen aus der Maßnahme "Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmepumpen etablieren" kann sinnvoll sein, um gezielt Bürger in diesen Gebieten anzusprechen. ● Kommunale Liegenschaften, um die Kommune als Vorbild zu positionieren und zum Ziel einer klimaneutralen Verwaltung 2030 beizutragen <p>Die Stadt sollte dabei eine aktive Rolle übernehmen, indem sie Informationen bereitstellt, Beratungen durchführt und Angebote schafft, einschließlich Fördermöglichkeiten.</p>
Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt
Flächen / Ort	Ingolstadt
Kostenschätzung	Für die Stadt entstehen direkte Kosten durch den Bau von PV-Anlagen auf kommunalen Liegenschaften. Zusätzliche Kosten entstehen in der Durchführung von Veranstaltungen und Aufbereitung von Informationsmaterialien.

Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Die erzielbare CO ₂ -Einsparung ist abhängig von der schlussendlich installierten Leistung an PV. Siehe auch Maßnahme "Flächenziel und Flächenausweisung für Freiflächen-PV" als Referenz für mögliche Einsparung.
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 2 Jahren

7.13 Maßnahme 12: Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmenetzeignungsgebiete etablieren



Maßnahme Typ

Beratung, Koordination & Management | Förderung  

Beschreibung der Maßnahme

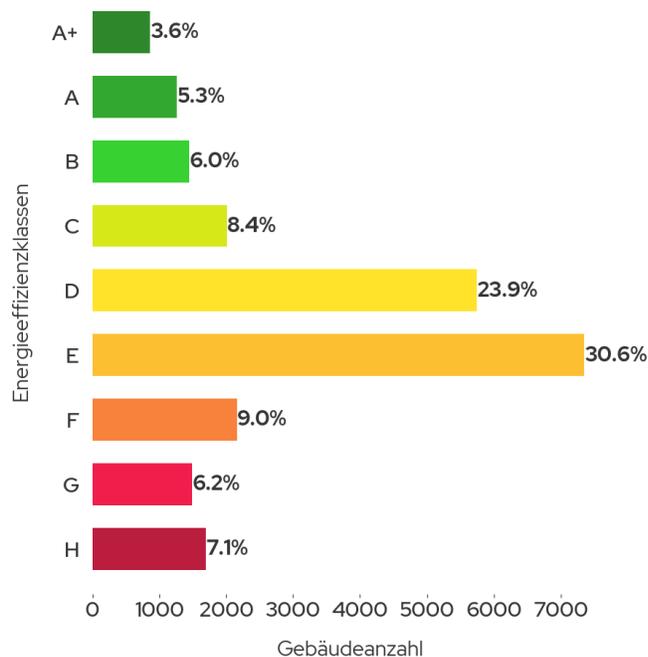
Die energetische Sanierung ist ein wichtiger Hebel zur Reduzierung des Wärmebedarfs und der Treibhausgasemissionen. Ein Sanierungsmanagement kann als zentrale Stelle zur Koordination von Maßnahmen dienen und Energieberater unterstützen. Insbesondere in bestehenden und zukünftigen Wärmenetzversorgungsgebieten sind Sanierungen sinnvoll, um die Transportkapazität zu erhöhen und die Netztemperatur zu senken. Eine niedrige Rücklauftemperatur verbessert weiterhin die Effizienz des Wärmenetzes. Finanzielle Anreize können Wärmenetzkunden dazu motivieren, Maßnahmen durchzuführen, die die Rücklauftemperatur senken.

Grundsätzlich sind Sanierungen im gesamten Stadtgebiet Ingolstadts zur Erreichung der Klimaschutzziele notwendig, weshalb das Angebot allen Bürgern zugänglich sein sollte. Zu den Aufgaben eines solchen Beratungsangebots mit Fokus Netztemperatur gehören:

- Beratung zu allgemeinen Sanierungsfragen und zu einzelnen Sanierungsmaßnahmen
- Identifikation von Kunden, die hohe Temperaturniveaus benötigen und gezieltes adressieren dieser
- Informationsvermittlung zum Thema Sanierungen &

	<p>hydraulischer Abgleich</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fördermittelberatung ● Einbindung & Koordination von Energieberatern und Handwerkern/Heizungsbauern ● Durchführung von Energiekarawanen <p>Als Maßnahme soll die Stadt Ingolstadt sicherstellen, dass ein Sanierungsmanagement mit den oben beschriebenen Beratungsangeboten aufgebaut und etabliert wird. Eine enge Verbindung mit der Maßnahme "Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmepumpen etablieren" soll angestrebt werden.</p>
Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt (Energiekarawanen), Stadtwerke Ingolstadt, VerbraucherService Bayern
Flächen / Ort	Stadt Ingolstadt
Kostenschätzung	<p>→ Personalkosten (brutto): ca. 60.000 - 100.000 €/a je Mitarbeiter/in in Abhängigkeit von der jeweiligen Qualifikation</p> <p>→ Zusätzliche Kosten entstehen in der Durchführung von Veranstaltungen je nach Kooperationen und Konzeptionen sowie durch mögliche Fördermaßnahmen.</p>
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Eine Abschätzung der CO ₂ -Einsparungen ist aufgrund der Unterschiedlichkeit der sanierten Gebäude und durchzuführenden Maßnahmen nicht seriös möglich
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 3 Jahren

7.14 Maßnahme 13: Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmepumpen etablieren



Maßnahme Typ

Beratung, Koordination & Management | Förderung  

Beschreibung der Maßnahme

Wärmepumpen stellen eine der Schlüsseltechnologien für die zukünftige, klimaneutrale Wärmeversorgung Ingolstadts dar und werden gerade in Bereichen außerhalb von Wärmenetzversorgungsgebieten in voraussichtlich großer Zahl zum Einsatz kommen. Im Hinblick auf gesetzliche Anforderungen sehen sich viele Hausbesitzer mit der Frage konfrontiert, ob Wärmepumpen für sie eine geeignete Alternative zum aktuell verwendeten Heizsystem darstellen. Die Situation und die Entscheidungsfindung werden durch Verbreitung veralteten Wissensstands und durch vorherrschende Vorurteile gegenüber dem Einsatz von Wärmepumpen erschwert.

Durch die Bündelung und Stärkung des bestehenden Beratungsangebots zum Thema Wärmepumpeneinbau können diese Fragen adressiert, Vorurteile gegen Wärmepumpen abgebaut und zielgerichtete Beratung für Bürger und Unternehmen zwecks Einbau von Wärmepumpen gegeben werden. Energieberater können hier als Multiplikatoren wirken und Energiekarawanen können genutzt werden, um gezielt auf Bürger in den relevanten Gebieten zuzugehen. Zu den Aufgaben eines solchen Beratungsangebots gehören:

- Informationsvermittlung zum Thema Wärmepumpen & Sanierungen
- Erste Beratung zu technischen Fragestellungen
- Fördermittelberatung
- Einbindung von Energieberatern und Handwerkern/Heizungsbauern
- Durchführung von Energiekarawanen

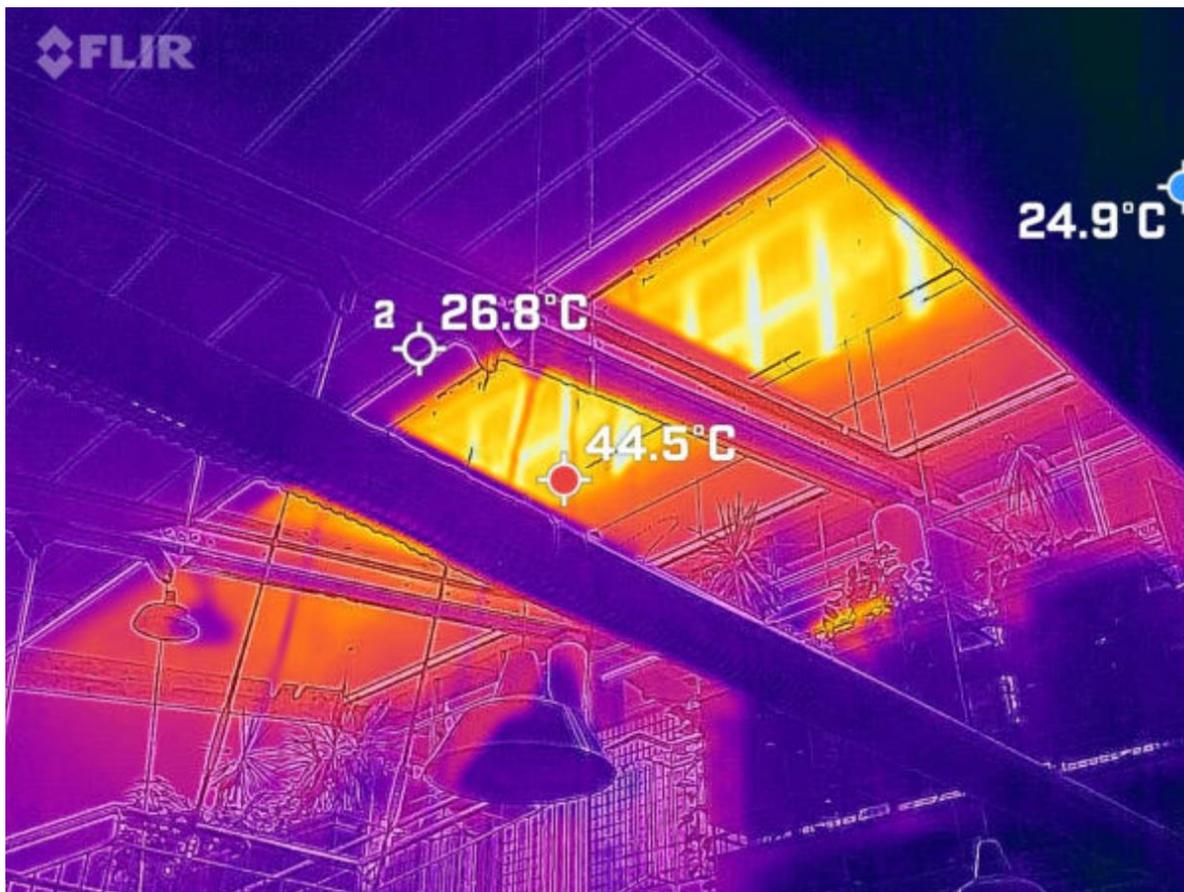
Als Maßnahme soll die Stadt Ingolstadt sicherstellen, dass ein Beratungsangebot für den Wärmepumpeneinbau als Teil des Sanierungsmanagements in Ingolstadt aufgebaut und etabliert wird. Eine enge Verbindung mit der Maßnahme "Sanierungsmanagement mit einem Fokus auf Wärmenetzgebiete etablieren" soll angestrebt werden.

Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt (Energiekarawanen), Stadtwerke Ingolstadt, VerbraucherService Bayern
Flächen / Ort	Stadt Ingolstadt
Kostenschätzung	<p>→ Personalkosten (brutto): ca. 60.000 - 100.000 €/a je Mitarbeiter/in in Abhängigkeit von der jeweiligen Qualifikation</p> <p>→ Zusätzliche Kosten entstehen in der Durchführung von Veranstaltungen je nach Kooperationen und Konzeptionen sowie durch mögliche Fördermaßnahmen.</p>
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Eine Abschätzung der CO ₂ -Einsparungen ist aufgrund der Unterschiedlichkeit der sanierten Gebäude und durchzuführenden Maßnahmen nicht seriös möglich
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 3 Jahren

7.15 Maßnahme 14: Energiewendemesse

Maßnahme Typ	Beratung, Koordination & Management Förderung  
Beschreibung der Maßnahme	Die Nachfrage nach Wärmepumpen im Jahr 2024 ist gegenüber dem Vorjahr deutlich gesunken. Insbesondere außerhalb von Wärmenetzzeignungsgebieten ist die Wärmepumpe gemäß Wärmeplanung die priorisierte Heizungsart, um in Zukunft eine klimaneutrale Wärmeversorgung sicherzustellen. Gründe für den Rückgang sind nach Angaben des Sanitär- und Heizungsbauerhandwerks u.a. die kontroversen Diskussionen um das Gebäudeenergiegesetz. Auch die teils undurchsichtige Förderlandschaft wirkt sich negativ auf das Image der Wärmepumpe aus. Die Energiewendemesse soll eine Plattform sein, die alle relevanten Akteure zusammenbringt. Darunter die Handwerksbranche, die Energieversorger, die Energieberatung und auch die Verwaltung. Für die Bürgerinnen und Bürger sollte der Eintritt kostenlos sein, um ein möglichst niederschwelliges Informationsangebot zu schaffen.
Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt, Stadtwerke Ingolstadt, VerbraucherService Bayern
Flächen / Ort	Stadt Ingolstadt
Kostenschätzung	Kosten entstehen in der Durchführung der Veranstaltungen (Miet- und Personalkosten) und sind abhängig der gewählten Konzeption.
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Eine Abschätzung der CO ₂ -Einsparungen ist aufgrund des indirekten Bezugs der Veranstaltung zu einem möglichen Ausbau von Wärmepumpen nicht seriös möglich
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 3 Jahren

7.16 Maßnahme 15: Umsetzung der Maßnahmen: Sanierung Gebäude Straßenverkehrsamt



Bildnachweis: © Smarte Energie GmbH

Maßnahme Typ

Baumaßnahme

Beschreibung der Maßnahme

Im Schwerpunktprojekt "Sanierung Gebäude Straßenverkehrsamt" wurde das Gebäude des Straßenverkehrsamtes detailliert untersucht. Als Teil dessen wurde ein Maßnahmenpaket definiert, um dieses energetisch zu optimieren:

- Fensterdichtungen erneuern
- Sonnenschutz verbessern
- Leuchten durch LED ersetzen
- Dachsanierung mit Photovoltaik
- Kellerdeckendämmung
- Fenstertausch, Außenwand-Kerndämmung

Details zu den einzelnen Maßnahmen und möglichen Kosten sind den Ergebnissen der Energieberatung zu entnehmen.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen soll angestrebt werden.

Verantwortlicher Akteur	Stadt Ingolstadt
Flächen / Ort	Gebäude Straßenverkehrsamt Ingolstadt
Kostenschätzung	ca. 570.000 €. Für eine detaillierte Aufschlüsselung der Kosten und Amortisationsdauer sei auf den separat erstellten Bericht verwiesen.
Erzielbare CO ₂ -Einsparung	Für eine detaillierte Aufschlüsselung der prozentualen Einsparungen sei auf den separat erstellten Bericht verwiesen.
Umsetzungsbeginn	Innerhalb von 3 Jahren

7.17 Übergreifende Wärmewendestrategie für Ingolstadt

In der Startphase der Umsetzung des Wärmeplans sollte der Fokus auf die Evaluierung der Umsetzbarkeit der Wärmenetzversorgung in den Wärmenetzeignungsgebieten gelegt werden. So kann auf Seiten der Bewohnerinnen und Bewohner so früh wie möglich Klarheit geschaffen werden, ob und wann es ein Wärmenetz in ihrer Straße geben wird. Hierzu müssen erneuerbare Wärmequellen mittels der Transformationspläne bzw. Machbarkeitsstudien bewertet sowie die Verfügbarkeit von Standorten zukünftiger Heizzentralen geprüft und ggf. gesichert werden. Geplant sind Transformationspläne für die Nachverdichtung und Netzerweiterung sowie zur Nutzung von Flusswärme und die Einbindung weiterer erneuerbarer Energiequellen wie oberflächennahe Geothermie oder Großwärmepumpen. Generell sollten Verknüpfungen zwischen einem möglichen Wärmenetzausbau und laufenden oder geplanten Infrastrukturprojekten gesucht und ausgenutzt werden.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in Ingolstadt ist nicht nur von technischen Maßnahmen abhängig, sondern erfordert auch den Erhalt und die Stärkung geeigneter Strukturen in der Kommune. Auch ist die Berücksichtigung personeller Kapazitäten für das Thema Wärmewende von Bedeutung, um kontinuierliche Expertise und administrative Kapazitäten sicherzustellen. Diese Personalressourcen werden nicht nur für die Umsetzung, sondern auch für die fortlaufende Überwachung, Optimierung und Kommunikation der Maßnahmen erforderlich sein.

Außerdem sollte ein Schwerpunkt darauf gelegt werden, den Energiebedarf sowohl von kommunalen Liegenschaften als auch Privatgebäuden zu reduzieren. Kommunale Liegenschaften kommt dabei trotz des im Vergleich zum Gesamtgebiet geringen Energiebedarfs

ein besonderes Augenmerk zu, da diese einen Vorbildcharakter haben. Zusätzlich zu Energieberatungsangeboten für Wohngebäude sollten Förderprogramme für die Installation von Aufdach-PV-Anlagen initiiert werden.

In der mittelfristigen Phase bis 2030 sollte der Ausbau der Wärmenetze in den definierten Wärmenetzeignungsgebieten wie in den Maßnahmen beschrieben, beginnen. Hierbei ist die vorangegangene Prüfung der Machbarkeit essentiell.

Der Wärmeplan ist nach dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) des Bundes alle 5 Jahre fortzuschreiben. Teil der Fortschreibung ist die Überprüfung der Umsetzung der ermittelten Strategien und Maßnahmen. Dies zieht eine Überarbeitung des Wärmeplans nach sich, durch welche die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in Ingolstadt bis 2035 weiter feinjustiert werden kann.

Langfristige Ziele bis 2035 und darüber hinaus können die Fortführung der Dekarbonisierungsstrategie durch die Implementierung eines konsequenten Netzausbaus umfassen, der auch ein Augenmerk auf den Stromsektor sowie ggf. Wasserstoff legt. Bis 2035 sollte im Mittel die jährliche Sanierungsquote von ca. 2 % weiterhin eingehalten werden. Die Umstellung der restlichen konventionellen Wärmequellen auf erneuerbare Energien sollte bis dahin abgeschlossen sein, um die Ziele Ingolstadts zu erreichen. Hierfür sollte auch die Einrichtung von Wärmespeichern zur besseren Integration erneuerbarer Energien mit fluktuierender Erzeugung berücksichtigt werden. In Tabelle 3 sind basierend auf der Wärmewendestrategie erweiterte Handlungsempfehlungen aufgelistet. Die [Infobox: Kommunale Handlungsmöglichkeiten](#) stellt zudem Möglichkeiten der Kommune zur Gestaltung der Energiewende dar.

Handlungsvorschläge für Schlüsselakteure	
Immobilienbesitzer	<ul style="list-style-type: none"> → Inanspruchnahme von Gebäudeenergieberatungen → Gebäudesanierungen sowie Investition in energieeffiziente Heizsysteme unter Berücksichtigung der zukünftigen Wärmeversorgung laut Wärmeplan → Installation von Photovoltaikanlagen, bei Mehrfamilienhäusern und Evaluation von Mieterstrommodellen oder Dachpacht
Stadtwerke	<p>Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Strategische Evaluation von Wärmenetzebau → Ausbau von Energieeffizienz-Dienstleistungen → Ausbau bestehender Wärmenetze (WN) basierend auf KWP und Transformationspläne / Machbarkeitsstudien → Transformation bestehender Wärmenetze → Physische oder vertragliche Erschließung und Sicherung von Flächen sowie Biomasse als Energiequellen für Wärmenetze → Digitalisierung und Monitoring für Wärmenetze <p>Strom:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Modernisierung und Ausbau der Stromnetzinfrastruktur → Konsequenter Ausbau von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung unter Berücksichtigung der Lastveränderung durch Wärme → Implementierung von Lastmanagement-Systemen im Verteilnetz
Stadt, Gemeinde	<ul style="list-style-type: none"> → Unterstützung der Stadtwerke und Projektierern im Aufbau und Weiterentwicklung von Versorgungsnetzen → Akteurssuche für die Erschließung der Potenziale und der Eignungsgebiete → Stärkung von Stadtwerken → Schaffung von personellen Kapazitäten für die Wärmewende → Erhöhung der Sanierungsquote für kommunale Liegenschaften → Einführung und Ausbau von Förderprogrammen und Informationskampagnen für Gebäudeenergieeffizienz sowie PV-Ausbau → Öffentlichkeitsarbeit, Information zu ENP und KWP → Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken

Infobox - Kommunale Handlungsmöglichkeiten

Infobox: Kommunale Handlungsmöglichkeiten**Bauleitplanung bei Neubauten:**

Verpflichtende energetische und versorgungstechnische Vorgaben für Neubauten (gem. § 9 Abs. 1 Nr. 12, 23b; § 11 Abs. 1 Nr. 4 und 5 BauGB).

Regulierung im Bestand:

Einführung von Verbrennungsverboten für fossile Energieträger in bestimmten Gebieten (Vorgabe von Emissionsschutznormen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB).

Anschluss- und Benutzungszwang:

Erlass einer Gemeindefestsetzung zur Festlegung eines Anschluss- und Benutzungszwangs für erneuerbare Wärmeversorgungssysteme.

Verlegung von Fernwärmeleitungen:

Abschluss von Gestattungsverträgen für die Verlegung von Fernwärmeleitungen im Stadtgebiet.

Stadtplanung:

Berücksichtigung von erneuerbarer Wärme in vorbereitender und verbindlicher Bauleitplanung.

Stadtumbaumaßnahmen:

Einbindung von Klimaschutz und -anpassung in städtebauliche Erneuerungsprozesse.

Öffentlichkeits- und Bürgerbeteiligung:

Proaktive Informationskampagnen und Bürgerbeteiligungsformate zur Steigerung der Akzeptanz von Wärmewende-Maßnahmen.

Vorbildfunktion der Kommune:

Umsetzung von Best-Practice-Beispielen in öffentlichen Gebäuden.

Direkte Umsetzung bei kommunalen Stadtwerken oder Wohnbaugesellschaften:

Umgehende Umsetzung der Maßnahmen zur erneuerbaren Wärmeversorgung bei kommunalen Stadtwerken oder Wohnbaugesellschaften.

7.18 Finanzierung

Die Umsetzung der Wärmewende stellt eine erhebliche finanzielle Herausforderung dar, die eine koordinierte Anstrengung von öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren erfordert. Es ist unerlässlich, eine multifaktorielle Finanzierungsstrategie zu entwickeln, die mehrere Einkommensquellen und Finanzinstrumente berücksichtigt.

Öffentliche Finanzierung: Staatliche Förderprogramme, sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene, sind ein entscheidender Faktor der Finanzierungsstruktur. Diese Mittel können insbesondere für anfängliche Investitionen in Infrastruktur und Technologieeinführung entscheidend

sein. Zudem wird empfohlen, einen festen Anteil des kommunalen Haushalts für die Wärmewende vorzusehen. Eine genaue Quantifizierung muss von den beschlossenen und geplanten Zielen der Stadt abhängen.

Private Investitionen und PPP: Über die Einbindung von Privatunternehmen durch Public-Private-Partnerships (PPP) können finanzielle Ressourcen für Wärmeprojekte mobilisiert werden. Gerade für den großflächigen Ausbau von Wärmenetzen ist es gewünscht, auch lokale Initiativen und Akteure aus dem privaten Sektor zu unterstützen. Darüber hinaus können spezialisierte Kreditprogramme von Banken und Finanzinstituten eine wichtige Rolle spielen.

Bürgerbeteiligung: Die Möglichkeit einer Bürgerfinanzierung über Genossenschaftsmodelle oder Crowdfunding-Plattformen sollte aktiv beworben werden. Das erhöht die finanzielle Kapazität und stärkt die öffentliche Akzeptanz der Maßnahmen.

Gebühren und Einnahmen: Eine strategische Preisgestaltung für Wärmeabgabe und Energieeinspar-Contracting kann sowohl die Kosten decken als auch den Verbrauch regulieren.

7.19 Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende

Die Investition in eine erneuerbare Wärmeversorgung bietet nicht nur ökologische, sondern kann auch ökonomische Vorteile bieten. Einer der entscheidenden Aspekte ist die Schaffung neuer Arbeitsplätze in unterschiedlichen Sektoren, von der Entwicklung bis zur Wartung erneuerbarer Wärmetechnologien. Diese Diversifizierung des Arbeitsmarktes belebt die regionale Wirtschaft und fördert gleichzeitig die lokale Wertschöpfung. Kapital, das in lokale erneuerbare Energieressourcen und Technologien investiert wird, bleibt innerhalb der Stadt und fördert die lokale Wirtschaft in einem breiten Spektrum. Die langfristigen Betriebskosten für erneuerbare Wärmequellen wie Solarthermie und Geothermie sind in der Regel niedriger als bei fossilen Brennstoffen. Da dies jedoch von vielen Faktoren abhängt, bleibt abzuwarten, ob dadurch signifikante finanzielle Entlastungen bei den Wärmeabnehmern möglich sein werden. Lokale Handwerksbetriebe und Zulieferer können von der gesteigerten Nachfrage nach Installations- und Wartungsdienstleistungen profitieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der potenzielle Anstieg der Steuereinnahmen durch die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Zudem kann die lokale Energieproduktion die Abhängigkeit von volatilen, globalen Energiemärkten reduzieren. Insgesamt sollte die Finanzierung der Wärmewende als eine Investition in die wirtschaftliche Vitalität und nachhaltige Zukunft betrachtet werden.

7.20 Fördermöglichkeiten

Folgende Fördermöglichkeiten orientieren sich an den beschriebenen Maßnahmen und werden zu deren Umsetzung empfohlen:

- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- Investitionskredit Kommunen / Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen (KfW)

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) entwickelt, die Zuschüsse für Investitionen in Wärmenetze ermöglicht. Zielgruppen sind Energieversorgungsunternehmen, Kommunen, Stadtwerke und Vereine / Genossenschaften. Es soll die Dekarbonisierung der Wärme- und Kältenetze in Deutschland beschleunigen. Die Förderung konzentriert sich auf den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen (mindestens 75 %) an erneuerbaren Energien und Abwärme sowie den Ausbau und die Umgestaltung bestehender Netze. Nach einer zeitweiligen Pausierung des Programms ist aktuell (Stand: Mai 2024) die Antragstellung und Bewilligung von Anträgen unter Vorbehalt verfügbarer Haushaltsmittel möglich. Das Förderprogramm ist in vier Module gegliedert, die im Folgenden beschrieben werden:

Gefördert werden im ersten Schritt (Modul 1) die Kosten für Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze und Transformationspläne für den Umbau bestehender Wärmenetzsysteme. Die Förderung beträgt bis zu 50 % der förderfähigen Ausgaben und ist auf 2 Mio. Euro pro Antrag begrenzt. Es gibt darüber hinaus Investitionszuschüsse von bis zu 40 % für Maßnahmen für den Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 % mit erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist werden sowie für die Bestandsinfrastruktur von Wärmenetzen (Modul 2). Auch bei

Bestandswärmenetzen sind gewisse Einzelmaßnahmen (Modul 3) aus Solarthermieanlagen, Wärmepumpen, Biomassekessel, Wärmespeicher, Rohrleitungen für den Anschluss von EE-Erzeugern und Abwärme sowie für die Erweiterung von Wärmenetzen, und Wärmeübergabestationen, mit bis zu 40 % der Ausgaben förderfähig. Des Weiteren besteht eine Betriebskostenförderung (Module 4) für erneuerbare Wärmeerzeugung aus Solarthermieanlagen und strombetriebenen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen (BAFA, 2024).

Im Hinblick auf das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) angepasst (BMWSB, 2023). Die BEG vereint verschiedene frühere Förderprogramme zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich. Das BEG fördert verschiedene Maßnahmen in den Bereichen Einzelmaßnahmen (BEG EM), Wohngebäude (BEG WG) und Nichtwohngebäude (BEG NWG). Im Rahmen der BEG EM werden Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Anlagentechnik, der Wärmeerzeugung, der Heizungsoptimierung, der Fachplanung und Baubegleitung gefördert. Die Fördersätze variieren je nach Maßnahme. Für den Heizungstausch gibt es Zuschüsse von bis zu 70 %, abhängig von der Art des Wärmeerzeugers und des

Antragstellers (BAFA, 2024). Für Bürgerinnen und Bürger, die sich über die verschiedenen Fördermöglichkeiten im Bereich der Energieeffizienz und erneuerbaren Energien informieren möchten, stellt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) eine zentrale Informations- und Antragsstelle dar (BAFA, 2024). Hier können sowohl allgemeine Informationen als auch spezifische Details zu einzelnen Förderprogrammen und Antragsverfahren eingeholt werden. Ab Ende Februar 2024 wird mit dem KfW-Programm 458 zusätzlich eine Heizungsförderung für Privatpersonen etabliert (KfW, 2024)

Der Ende 2023 eingestellte KfW-Zuschuss Energetische Stadtsanierung (Programmnummer 432) für Klimaschutz und -anpassung im Quartier förderte Maßnahmen, die die Energieeffizienz im Quartier erhöhen. Bereits zugesagte Zuschüsse sind von der Beendigung des Programms nicht betroffen und werden ausgezahlt. Als Alternative für die Finanzierung energetischer Maßnahmen nennt die KfW die Programme Investitionskredit Kommunen (IKK) und Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen (IKU), mit denen Investitionen in die kommunale und soziale Infrastruktur gefördert werden (KfW, 2024).

8 Schwerpunktprojekt Bestandsgebäude: Sanierung Gebäude Straßenverkehrsamt - Zusammenfassung und Empfehlungen

Teil des Energienutzungsplans war ebenfalls das Schwerpunktprojekt "Bestandsgebäude", in dem eine Energieberatung zum Gebäude des Straßenverkehrsamts (Wiechertstr. 1, 85055 Ingolstadt) durchgeführt wurde. Das Teilprojekt wurde von der Smarte Energie GmbH geleitet. Die Ergebnisse sind in einem separaten Bericht detailliert dargestellt. Die folgenden Unterkapitel beinhaltet das Kapitel "Zusammenfassung und Empfehlungen" des Hauptberichts.

8.1 Ziel der energetischen Sanierung

Die Weltgemeinschaft hat sich entschlossen, die Klimaerwärmung unter 2°C zu halten. Damit sollen schon heute sichtbare Klimaveränderungen möglichst gering gehalten werden.

Die Bundesregierung verfolgt das klimapolitische Ziel, bis zum Jahr 2045 Treibhausgasneutralität verbindlich zu erreichen. Mit einem Anteil der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor von ca. 40% kommt der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden eine wesentliche Rolle zu.

Das Ziel der Beratung ist deshalb, Maßnahmen zum Erreichen eines energieeffizienten Gebäudes zu entwickeln und damit einhergehende Energie- und Kosteneinsparungen zu ermöglichen sowie die CO₂-Emissionen zu senken.

Wichtig ist dabei auch die Umstellung der Heizungsanlage auf erneuerbare Energien.

Auf der Grundlage einer detaillierten Analyse des Gebäudes im Ist-Zustandes wurden sinnvolle Sanierungsmaßnahmen untersucht und sollen hier vorgestellt werden.

Die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen kann schrittweise (Sanierung in Schritten) oder in einem Zug erfolgen.

Sanierung in Schritten

Sie können die Sanierung schrittweise in Maßnahmenpaketen durchführen. Dabei ist eine optimale Reihenfolge der Maßnahmenpakete wichtig, um Kosten zu reduzieren und Bauschäden zu vermeiden.

Sanierung in einem Zug

Die Sanierung in einem Zug erspart mehrfache Kosten für Baustelleneinrichtungen, vereinfacht die Schnittstellen und Bauausführung und ermöglicht eine optimale Ausnutzung von Fördermitteln.

Folgende Ziele - unterteilt in gebäudespezifische und wirtschaftliche Ziele - sollen erreicht werden:

Gebäudespezifisch sollen folgende Ziele erreicht werden:

- das Gebäude soll auf einen **energetisch zeitgemäßen Stand** gebracht werden: d.h. die Dämmwerte der Gebäudehülle sowie die Effizienz der Anlagen sollen den Anforderungen der aktuellen Gesetzgebung bzw. dem Stand der Technik entsprechen
- bauphysikalische **Schwachstellen sollen beseitigt werden**; eventuell bestehende Probleme (Durchfeuchtung, Schimmelbildung, Wärmebrücken, Luftundichtigkeiten) sollen aufgespürt werden und ggf. Vorschläge zu deren Beseitigung gemacht werden

- der **Nutzerkomfort** soll **gesteigert** werden; eventuelle Unzulänglichkeiten wie Zugerscheinungen, ungleichmäßige Wärmeverteilung sollen aufgespürt, beseitigt und moderne Möglichkeiten des Komforts genutzt werden
- **regenerative Energiequellen** sollen eingesetzt werden

Wirtschaftlich sollen folgende Ziele erreicht werden:

- die **Kosten** für den Einkauf von Energieträgern sollen sich **drastisch senken**
- damit soll die **Empfindlichkeit gegenüber Energiepreisbewegungen beseitigt** werden
- die **Gesamtgestehungskosten** (Kapitaldienst + Energieträger-Einkauf) sollen mittelfristig - im Zeitraster von 10 Jahren - zumindest **neutral** bleiben
- langfristig sollen die Energiekosten deutlich unter den erwartet hohen Energiekosten liegen, das Gebäude so auch **nachhaltig bewirtschaftet** werden können
- alle Maßnahmenbündel müssen sich deutlich innerhalb der Nutzungszeit **amortisieren**
- nach Möglichkeit sollen **staatliche Fördergelder genutzt** werden

Die CO₂-Emissionen sollen erheblich gesenkt werden, um

- einen individuellen Beitrag zur **Verbesserung der Umweltqualität** zu leisten
- das **Image** des Eigentümers, Betreibers und Nutzers zu verbessern
- die **Klimaschutzziele** der Bundesregierung zu unterstützen
- und nach Möglichkeiten von **Fördergeldern** oder CO₂-Zertifikaten zu profitieren

Diese attraktiven Ziele wurden zum Ausgangspunkt der Beratung gesetzt. Die Frage, ob und inwieweit die anspruchsvollen Ziele erreicht werden können, war Gegenstand der Untersuchungen durch den Berater. Sie sollen in einer überschaubaren Zeit (max. 1 Jahr) erreicht werden können. Nach Möglichkeit sollen zusätzlich Vorschläge für sehr kurzfristig (1 Monat) erzielbare Erfolge gemacht werden.

8.2 Zusammenfassende Darstellung

8.2.1 Empfohlene Reihenfolge der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan

Für die schrittweise Sanierung wurden die Maßnahmenpakete in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht (Sanierungsfahrplan). Dabei wurden das Alter und der Anlagentechnik sowie der Zustand der Bauteile berücksichtigt. Die Maßnahmen wurden so kombiniert, dass einerseits Bauschäden vermieden und andererseits Investitionskosten reduziert werden.

Schritt	Maßnahmenpakete ¹⁾	Zeitraum	
1	Fensterdichtungen erneuern	2024	
2	Sonnenschutz verbessern – sommerlicher Hitzeschutz	2024	
3	Lampen durch LED ersetzen	2024	
4	Dachsanierung auf ein förderfähiges Niveau mit PV-Anlage zur Eigenstromnutzung	2024 - 2026	
5	Kellerdeckendämmung im unbeheizten Keller von unten	2024 – 2026	
6	Zielvariante: Fenstertausch 3-fach, AW-Kerndämmung in die 2cm dicke Luftschicht	2027 - 2030	

¹⁾ Die Maßnahmenpakete bauen schrittweise aufeinander auf, d.h. dass in Folgemaßnahmen die Maßnahmen aus den Vorgängermaßnahmen einberechnet sind (z.B. das Maßnahmenpaket 2 beinhaltet das Maßnahmenpaket 1, das Maßnahmenpaket 3 beinhaltet die Maßnahmenpakete 1 und 2 etc.).

Abbildung 39: Empfohlene Reihenfolge der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan

8.2.2 Ziel der Sanierung - Kennwerte

Nach Durchführung aller im Sanierungsfahrplan genannten Maßnahmen werden folgende Kennwerte erreicht:

Tabelle 3: Ziel der Sanierung - Kennwerte

	Ist-Zustand	Ziel-Zustand	Einheit	Einsparung
<i>energetisch</i>				
Primärenergiebedarf ¹⁾ / pro m ²	82.622 / 49,5	23.349 / 14,0	[kWh/a] / [kWh/m ² a]	71,7 %
Endenergiebedarf ¹⁾ /pro m ²	160.904 / 96,3	80.229 / 48,0	[kWh/a] / [kWh/m ² a]	50,1%

Norm-Heizlast ²⁾	81,5	45,2	[kW]	
Jahresnutzungsgrad	0,732	0,850		
<i>wirtschaftlich</i>				
Energiekosten ³⁾ pro Jahr / pro m ²	34.798 / 20,83	14.672 / 8,78	[€/a] / [€/m ² a]	57,8 %
Emissionen				
CO ₂ -Emissionen	24,3	9,6	[kg/m ² a]	60,6 %
SO ₂ -Emissionen	13,1	3,5	[g/m ² a]	73,2 %
NO ₂ -Emissionen	13,1	3,5	[g/m ² a]	73,2 %

1) Die Berechnungen erfolgten mit individuellen Randbedingungen.

2) Vereinfachte Heizlastberechnung gem. DIN EN 12831-1.

3) Die verwendeten Energieträgerpreise finden Sie im Abschnitt "Wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmenpakete" des Hauptberichts

Die folgende Grafik zeigt den Endenergiebedarf (einzukaufende Energie) vor und nach Durchführung der Maßnahme(n) in Bezug zum Ist-Zustand:

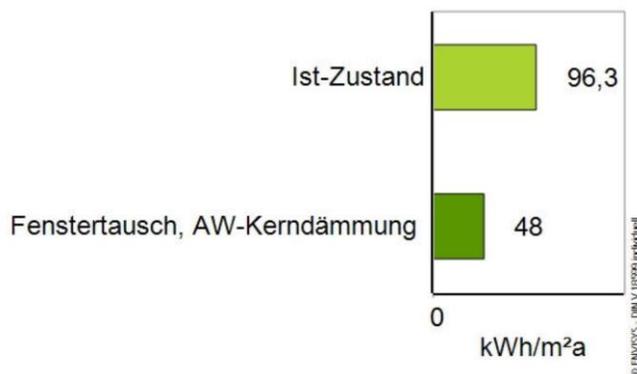


Abbildung 40: Einzukaufende Energie vor und nach Maßnahmendurchführung

8.2.3 Kennzahlen der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan

Die Maßnahmenpakete (Sanierungsschritte) bauen schrittweise aufeinander auf, d.h. dass in Folgemaßnahmen die Maßnahmen aus den Vorgängermaßnahmen einberechnet sind (z.B. das Maßnahmenpaket 2 beinhaltet das Maßnahmenpaket 1, das Maßnahmenpaket 3 beinhaltet die Maßnahmenpakete 1 und 2 etc.). Die in der folgenden Tabelle genannten Einsparungen und Kosten beziehen sich immer auf den vorigen Sanierungsschritt!

<i>energetisch</i>		Energiebedarf ¹⁾		Einsparung ²⁾		Einsparung ³⁾
		[kWh/a]	[kWh/m ² a]	[kWh/a]	[%/a]	[kWh/30a]
	Ist-Zustand	160.904	96,3	./.	./.	./.
1	Fensterdichtungen erneuern	154.616	92,6	6.289	3,9	188.665
2	Sonnenschutz verbessern	155.402	93,0	-786	-0,5	-23.582
3	Lampen durch LED ersetzen	151.530	90,7	3.872	2,5	116.163
4	Dachsanierung mit PV	129.430	77,5	22.100	14,6	662.989
5	Kellerdeckendämmung	122.329	73,2	7.101	5,5	213.025
6	Fenstertausch, AW-Kerndämmung	80.229	48,0	42.100	34,4	1.263.006
	<i>Summe</i>			<i>80.676</i>	<i>50,1</i>	<i>2.420.266</i>
<i>wirtschaftlich</i>		Investition ⁴⁾	Instand ⁵⁾	EffizienzKosten ⁶⁾	Energiekosten ⁷⁾	Einsparung ⁸⁾
		[€]	[€]	[€]	[€/a]	[€/a]
	Ist-Zustand	./.	./.	./.	34.798	./.
1	Fensterdichtungen erneuern	3.366	0	3.366	33.667	1.131
2	Sonnenschutz verbessern	21.479	0	21.479	33.950	-283
3	Lampen durch LED ersetzen	13.363	0	13.363	30.668	3.282
4	Dachsanierung mit PV	311.105	0	311.105	23.536	7.132
5	Kellerdeckendämmung	34.635	0	34.635	22.257	1.279
6	Fenstertausch, AW-Kerndämmung	188.302	0	188.302	14.672	7.585
	<i>Summe</i>	<i>572.251</i>	<i>0</i>	<i>572.251</i>	<i>./.</i>	<i>20.126</i>
<i>Umwelt (Emissionen)</i>		SO ₂	NO _x	Staub	CO ₂	CO ₂ -Einsp.
		[g/a]	[g/a]	[g/a]	[kg/a]	[%]
	Ist-Zustand	21.865	21.865	2.838	40.633	./.
1	Fensterdichtungen erneuern	21.554	21.554	2.775	39.504	2,8
2	Sonnenschutz verbessern	21.928	21.928	2.813	39.928	1,7
3	Lampen durch LED ersetzen	15.612	15.612	2.230	34.061	16,2
4	Dachsanierung mit PV	8.324	8.324	1.459	24.861	38,8
5	Kellerdeckendämmung	7.967	7.967	1.388	23.582	42,0
6	Fenstertausch, AW-Kerndämmung	5.851	5.851	966	15.995	60,6
	<i>Gesamteinsparung</i>					<i>60,6</i>

Gebäudehülle (U-Wert) ⁹⁾		Gesamt	Dach	Wand	Keller	Fenster
		[W/m ² K]				
	Ist-Zustand	0,89	0,36	0,84	0,81	3,39
1	Fensterdichtungen erneuern	0,89	0,36	0,84	0,81	3,39
2	Sonnenschutz verbessern	0,89	0,36	0,84	0,81	3,39
3	Lampen durch LED ersetzen	0,89	0,36	0,84	0,81	3,39
4	Dachsanierung mit PV	0,84	0,17	0,84	0,81	3,39
5	Kellerdeckendämmung	0,84	0,17	0,84	0,81	3,39
6	Fenstertausch, AW-Kerndämmung	0,57	0,17	0,64	0,81	0,91

- 1) Energiebedarf im Jahr bzw. pro m² beheizter Fläche: Hierbei handelt es sich um die Energie, welche eingekauft werden muss.
- 2) Einsparung an Energie pro Jahr
- 3) Einsparung an Energie über einen Zeitraum von 30 Jahren
- 4) Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).
- 5) Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2023 anfallen.
- 6) energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- 7) Jährliche Energiekosten
- 8) Jährliche Energiekosteneinsparung: Ersparte Kosten durch geringeren Energiebedarf und/oder dem Wechsel zu einem anderen Energieträger. Die Berechnung erfolgt mit individuellen Nutzungsrandbedingungen (DIN V 18599).
- 9) U-Wert: Qualität der Gebäudehülle, je geringer der Wert, desto weniger Energie geht über die Bauteile verloren.

8.2.4 Fördermöglichkeiten für den ersten Sanierungsschritt` "Fensterdichtungen erneuern"

Für den Sanierungsschritt 1 "Fensterdichtungen erneuern" wurden Fördermöglichkeiten des Bundes (Bundesförderung für effiziente Gebäude) untersucht. Die Einhaltung der Förderrichtlinien sowie der technischen Mindestanforderungen wurde dabei geprüft. Für den ersten Sanierungsschritt konnten keine Bundesförderungen ermittelt werden.

8.2.5 Fachplanung / Baubegleitung

Rund um energetische Maßnahmen werden die Fachplanung und eine qualifizierte Baubegleitung durch einen externen, unabhängigen Experten für Energieeffizienz vom Bund gefördert. Das schließt folgende Aufgaben mit ein:

- Leistungen zur Detailplanung
- Unterstützung bei der Ausschreibung und Angebotsauswertung

- Kontrolle der Bauausführung
- Abnahme und Bewertung der Maßnahmen

Informationen zu den möglichen Zuschüssen des Bundes finden Sie im Abschnitt *Energetisches Sanierungskonzept* des Hauptberichts.

8.2.6 Energiemanagementsystem - Vorteile

Es wird die Einführung eines Energiemanagementsystems (EnMS) empfohlen. Dieses System hat folgende Vorteile:

- Offenlegung der Energie-Einsparpotentiale
- Ermittlung von effizienten Erzeugungswegen für Strom und Wärme
- Gewährleistung der Spannungs- und Stromqualität im Bereich der Stromversorgung
- Gewährleistung wirtschaftlicher Strom- und Wärmepreise
- Berücksichtigung von Umweltgesichtspunkten

- Verringerung der Energiekosten und damit die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit sowie

Schaffung eines Wettbewerbsvorteil für das eigene Unternehmen

9 Fazit

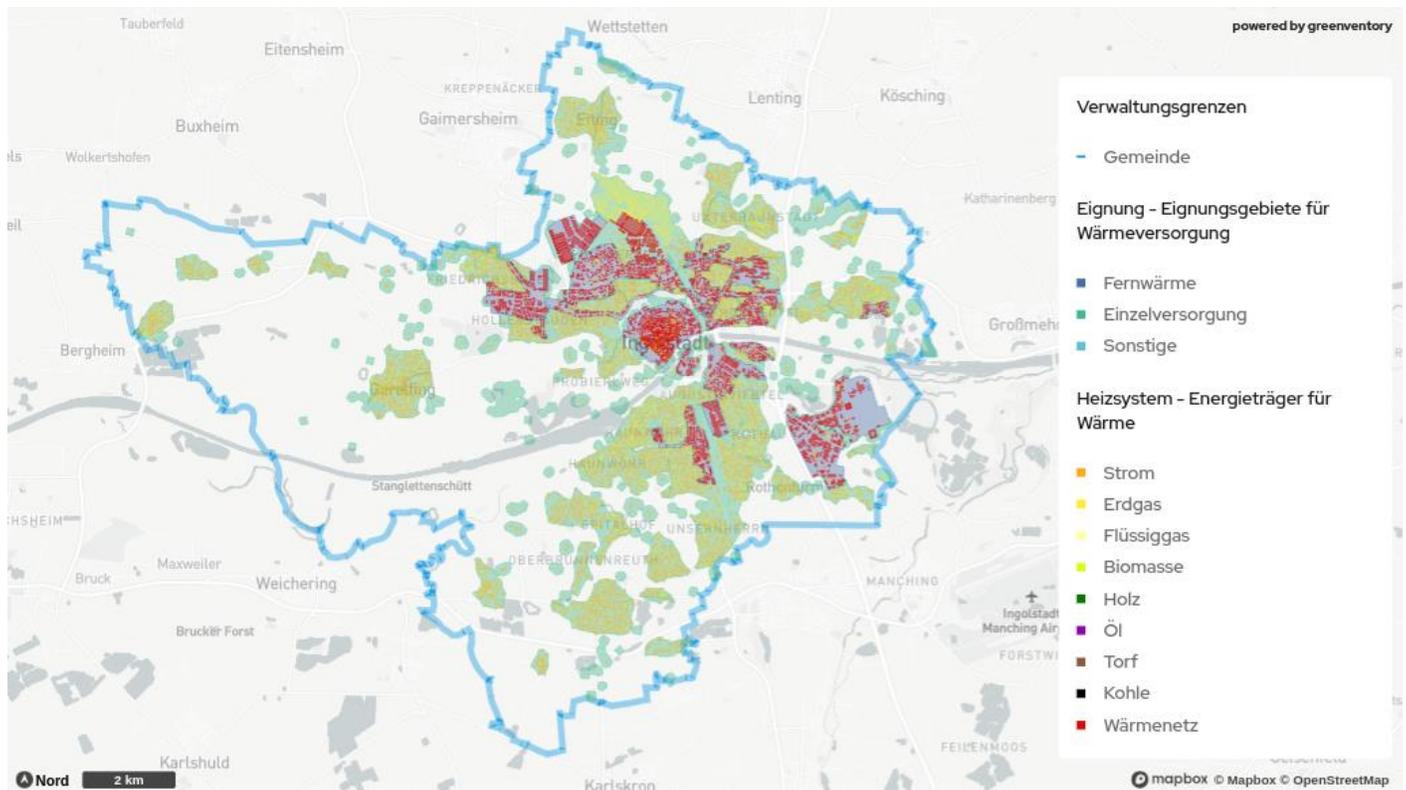


Abbildung 41: Mögliches (technisches) Versorgungsszenario im Zieljahr 2035

Der Energienutzungsplan inklusive der kommunalen Wärmeplanung in Ingolstadt ist ein wichtiger Schritt zur nachhaltigen Energieversorgung der Stadt.

Die Fertigstellung des ENP dient als strategische Planungsgrundlage für die zukünftige Energieversorgung in Ingolstadt. Sie erhöht die Planungssicherheit für Bürgerinnen und Bürger (v. a. außerhalb der Wärmenetzeignungsgebiete). Bei der Stadt, den Stadtwerken und Akteuren sorgt sie für eine Priorisierung und Klarheit um zu definieren auf welche Gebiete sich Folgeaktivitäten und Detailuntersuchungen im Bereich der Wärmenetze, aber auch anderer Energietechnologien erstrecken sollen. Eine Besonderheit des Wärmeplans war das Zusammenspiel von Beteiligung in Workshops, Digitalisierung und kommunaler Expertise, von Analog und Digital sowie neuer Technologie und Erfahrung.

Ein Blick auf die Bestandsanalyse der Wärmeversorgung zeigt deutlichen Handlungsbedarf: 86 % der Wärme basieren auf fossilen Quellen wie Erdgas und Heizöl, die dekarbonisiert werden müssen. Der Wohnsektor ist dabei für etwa 50 % der Emissionen im Wärmesektor und ca. 25 % der Emissionen im Stromsektor verantwortlich. Der Wirtschaftssektor bestehend aus Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie Industrie- und Produktion verursacht ca. 50 % der Emissionen im Wärmesektor und ca. 75 % der Emissionen im Stromsektor. Es wird klar, dass beide Sektoren zur Dekarbonisierung in Ingolstadt eine Schlüsselrolle einnehmen. Sanierungen, Energieberatungen und der Ausbau von Wärmenetzen sind entscheidend für die Wärmewende. Zudem liefert die gesammelte Datengrundlage wichtige Informationen für eine Beschleunigung der

Energiewende. Die Einführung digitaler Werkzeuge, wie den digitalen Wärmeplan unterstützen diesen Prozess zusätzlich.

Im Rahmen des Projekts erfolgte die Identifikation von Gebieten, die sich für Wärmenetze eignen (Eignungsgebiete). Für die Versorgung und mögliche Erschließung dieser Gebiete wurden erneuerbarer Wärmequellen analysiert und konkrete Maßnahmen festgelegt. In den definierten Eignungsgebieten kann die Wärmewende nun zentral vorangetrieben werden, um so im Rahmen weiterer Planungsschritte wie Transformationsplänen die Wärmenetze tatsächlich in die Umsetzung zu bringen. Hierfür sind die in den Maßnahmen aufgeführten Transformationspläne und Machbarkeitsstudien von hoher Bedeutung. Ziel ist es, die Geschwindigkeit des bestehenden Ausbaus der Wärmenetze weiter zu erhöhen.

Während in den identifizierten Eignungsgebieten Wärmenetze ausgebaut bzw. neu installiert werden könnten, wird in den "Gas / Wärmepumpen" Prüfgebieten analysiert werden, ob und wie das Gasnetz in Zukunft wirtschaftlich ggf. auf regenerative Gase umgestellt werden kann, um die Klimaziele der Stadt Ingolstadts, Bayerns und Deutschlands zu erreichen. Alternativ kann hier auch auf Einzelversorgung wie in den Einzelversorgungsgebieten gesetzt werden. In den Einzelversorgungsgebieten vermehrt bestehend aus Einfamilien- und Doppelhäusern der Fokus überwiegend auf eine effiziente Versorgung durch Wärmepumpen, PV und Biomasseheizungen gelegt werden. Gerade in diesen Gebieten mit Einzelversorgung benötigen die Bürgerinnen und Bürger Unterstützung durch eine Gebäudeenergieberatung. Hier gibt es bereits zahlreiche Formate und Akteure in Ingolstadt. Allerdings

sollten diese Angebote gestärkt und gesammelt angeboten werden. Informationskampagnen durch das Sanierungsmanagement oder eine Energiewendemesse sollen unterstützen, Bürgerinnen und Bürger mit relevanten Akteuren aus dem Handwerk, Energieberatungen, der Stadt und Energieversorgern zusammenbringen und die bestehenden Möglichkeiten zur Beratung weiter beworben werden.

Die während des Projekts erarbeiteten konkreten Maßnahmen bieten einen ersten Schritt hin zur Transformation der Wärmeversorgung. Dabei ist insbesondere eine detaillierte Untersuchung in Form von Transformationsplänen und Machbarkeitsstudien des Ausbaus von potenziellen Wärmenetzen, die in den Eignungsgebieten identifiziert wurden, vorgesehen.

Ein weiterer Fokus sollte auf dem Nicht-Wohnsektor liegen. Dies bietet auch die Möglichkeit, die ansässige Industrie mit an der Wärmewende teilhaben zu lassen und deren Potenziale zu erschließen.

Die Energiewende ist für alle mit einem erheblichen Investitionsbedarf verbunden. Der Start mit ökonomisch sinnvollen Projekten wird als zentraler Ansatzpunkt für das Gelingen der Wärmewende betrachtet. Gerade für die Transformation und Neubau von Wärmenetzen gibt es Förderprogramme, welche genutzt werden können, um das Risiko zu senken. Zudem sind fossile Versorgungsoptionen mit einem zunehmenden Preis- und Versorgungsrisiko verbunden, das durch die Bepreisung von CO₂-Emissionen zunehmen wird. Abschließend ist hervorzuheben, dass die Wärmewende sich nur durch eine Zusammenarbeit zahlreicher lokaler Akteure bewältigen lässt, neben der lokalen Identifikation wird durch die Wärmewende auch die lokale Wertschöpfung erhöht.

10 Literaturverzeichnis

- Audi. (2023). *Umwelterklärung 2023*. Audi AG. Aufgerufen am 27. Mai 2024 unter https://www.audi.com/content/dam/gbp2/sustainability/ethical-leadership/documents-policies/environmental-management/umwelterk%C3%A4rungen/ingolstadt/audi_umwelterklaerung_2023_ingolstadt.pdf
- BAFA. (2024). *Förderprogramm im Überblick*. BAFA.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html
- BMWK. (2023). *Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Gebäudeenergiegesetz (GEG)*. Energiewechsel.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Navigation/DE/Service/FAQ/GEG/faq-geg.html>
- BMWK. (2023). *Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. BMWK.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/entwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-aenderung-des-bundes-klimaschutzgesetzes.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- BMWSB. (2023). *Bundesregierung einigt sich auf neues Förderkonzept für erneuerbares Heizen*. BMWSB.de. Aufgerufen am 13. Februar 2024 unter <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/04/geg-foerderkonzept.html>
- BMWSB. (2023). *Novelle des Gebäudeenergiegesetzes auf einen Blick (GEG)*. BMWSB.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/geg-auf-einen-Blick.pdf;jsessionid=AD290818DAE9254DBAF11EC268661C84.1_cid505?__blob=publicationFile&v=3
- dena. (2016). *Der dena-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand*. Deutsche Energie-Agentur dena.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/8162_dena-Gebaeudereport.pdf
- FfE. (2024). *Wärmepumpen an Fließgewässern. Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern*. Forschungsstelle für Energiewirtschaft. Aufgerufen am 23. April 2024 unter <https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2024/04/Waermepumpen-an-Flieessgwaessern-1.pdf>
- ISE. (2022). *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende - Ein Leitfaden für Deutschland*. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE).. Aufgerufen am 27. Oktober 2023 unter <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>

- IWU. (2012). „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.iwu.de/index.php?id=205>
- KBA. (2024). Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden. Kraftfahrtbundesamt. Aufgerufen am 15. April 2024 unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_nod_e.html
- KEA. (2020). Leitfaden Kommunale Wärmeplanung. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf
- KEA. (2022). Technikatalog zur kommunalen Wärmeplanung | Wärmewende. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikatalog>
- KfW. (2024). Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (432). KfW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)
- LfStat, Bayerisches Landesamt für Statistik. (2021). Statistik kommunal 2021. Kreisfreie Stadt Ingolstadt 09 161 Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten. Aufgerufen am 22. Mai 2024 unter https://statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2021/09161.pdf
- MVA, (2020). Müllverwertungsanlage Ingolstadt. Aufgerufen am 15. April 2024 unter <https://www.mva-ingolstadt.de/>
- SWI. (2023). Was steckt in Ihrem Strom?. Stadtwerke Ingolstadt Energie GmbH. Aufgerufen am 08. Mai 2024 unter https://sw-i.de/fileadmin/media/02_PK/C_PK_Downloads/01_Strom/Strommix/SWI-Strommix.pdf
- SWI. (2024a). Beschreibung Netzgebiet Erdgas SWI. Stadtwerke Ingolstadt Netze GmbH. Aufgerufen am 8. April 2024 unter <https://swi-netze.de/erdgas/netzbeschreibung/>
- SWI. (2024b). Beschreibung Netzgebiet Strom SWI. Stadtwerke Ingolstadt Netze GmbH. Aufgerufen am 8. April 2024 unter <https://swi-netze.de/netzbeschreibung/>
- Umweltbundesamt. (2023). Erneuerbare Energien in Zahlen. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- Umweltbundesamt. (2024a). Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 14. Februar 2024 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme>
- Umweltbundesamt. (2024b). Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 15. April 2024 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren>

Anlage 1: Methodikparameter

Die folgende Tabelle stellt die berücksichtigten Restriktionen und Abstände (in Metern) je berechnetem Potenzial dar. Die Restriktionen ergeben sich aus rechtlichen Grundlagen (wie z.B. dem Kriterienkatalog Agri- und Freiflächenphotovoltaik der Stadt Ingolstadt) und Erfahrungen aus Projekten. Die konkreten Datenquellen werden nicht veröffentlicht. Diese beinhalten unter anderem Daten des Bayerischen Landesamts für Umwelt.

Restriktion	Kategorie	Name	Luft-wärme-pumpe	Bio-masse	Tiefen-geo-thermie	See-wärme	FF-PV	Fluss-wärme	Erdwärme-kollektoren	Erdwärme-sonden	FF-Solar-thermie	Wind-kraft
weich	Bodenparameter	lediglich petrothermisches Potenzial	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
hart	Bodenparameter	Ungeeignete Bodentypen	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
weich	Bodenparameter	Karstgesteine	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
weich	Exposition	Flächenausrichtung	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
hart	Flächeneignung	Fließendes Gewässer	-	-	10	-	10	-	0	0	10	20
weich	Flächeneignung	Kulturlandschaft	-	-	-	-	10	-	10	10	10	-
hart	Flächeneignung	Moor, Sumpf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
hart	Flächeneignung	Parkplätze u.ä.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
hart	Flächeneignung	Parks	5	-	-	-	-	-	0	0	-	-
hart	Flächeneignung	PV-Bestandsanlage	-	-	-	-	5	-	5	5	5	-
hart	Flächeneignung	Stehendes Gewässer	-	-	10	-	10	-	0	0	10	20
hart	Flächeneignung	Tagebau/Grube/Steinbruch	-	-	-	-	5	-	5	5	5	20
hart	Flächeneignung	Überflutungsrisikozonen - high risk	-	-	5	-	5	-	5	5	5	-
weich	Flächeneignung	Überflutungsrisikozonen - medium risk	-	-	5	-	5	-	5	5	5	-

hart	Flächeneignung	unbefestigtes Gelände	-	-	-	-	5	-	5	5	5	-
hart	Flächeneignung	Wald	-	-	-	-	10	1	10	10	10	-
hart	Flächeneignung	Wind-Bestandsanlage	-	-	-	-	80	-	80	80	80	-
hart	Hangneigung	extreme Hangneigung (>30°)	-	-	-	-	0	-	-	1	0	10
weich	Hangneigung	Hangneigung	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
weich	Hangneigung	Hangneigung > 20°	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
hart	Hangneigung	starke Hangneigung (>15°)	-	-	0	0	0	0	0	-	0	-
hart	Infrastruktur	Autobahn	20	-	19	19	24	19	3	3	19	100
hart	Infrastruktur	Bahnstrecke	-	-	19	19	19	19	0	5	19	100
hart	Infrastruktur	Bahnhof	-	-	-	-	0	-	0	5	0	100
hart	Infrastruktur	Bundes- und Landesstraßen	15	-	15	15	20	15	-	-	15	40
hart	Infrastruktur	Drehfunkfeuer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3000
hart	Infrastruktur	Erdbebenüberwachung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000
hart	Infrastruktur	Flächen für Flugverkehr	-	-	0	0	0	0	0	0	0	100
hart	Infrastruktur	Flughäfen - Sicherheitszonen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
weich	Infrastruktur	Flugplätze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1750
hart	Infrastruktur	Gehwege	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
hart	Infrastruktur	Hochspannungsfreileitungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
weich	Infrastruktur	Hochspannungsfreileitungen	-	-	-	-	10	-	-	-	10	-
hart	Infrastruktur	Kleinere Straßen und Wege	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
hart	Infrastruktur	Kreisstraßen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
hart	Infrastruktur	Plätze	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

hart	Infrastruktur	Strommasten & Umspannwerke	-	-	-	-	10	-	-	-	10	-
hart	Infrastruktur	Wege	10	-	-	-	2	-	3	3	2	-
hart	Infrastruktur	Weitere Straßen	3	-	10	10	20	10	3	3	10	-
weich	Infrastruktur	Wetterradar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5000
weich	Naturschutz	Biosphärenreservat	-	-	0	0	0	0	0	0	0	10
hart	Naturschutz	Biosphärenreservat Zone I+II	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
weich	Naturschutz	Biosphärenreservat Zone I+II	-	-	200	200	-	200	-	-	-	1000
hart	Naturschutz	Feuchtgebiet nach Ramsar	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-
hart	Naturschutz	Flora-Fauna-Habitat-Gebiet (FFH-Gebiet)	-	-	0	0	0	0	0	0	0	-
hart	Naturschutz	geschützter Wald (Schutz-, Erholungs-, Bannwald)	-	-	5	5	5	5	5	5	5	-
weich	Naturschutz	geschützter Wald (Schutz-, Erholungs-, Bannwald)	-	-	-	200	5	200	200	200	200	-
hart	Naturschutz	Landschaftsschutzgebiet	-	0	-	-	0	-	-	-	0	-
weich	Naturschutz	Landschaftsschutzgebiet	-	-	5	5	0	-	0	0	0	-
hart	Naturschutz	Nationalpark	-	-	-	-	0	-	0	0	0	5
weich	Naturschutz	Nationalpark	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
weich	Naturschutz	Naturpark	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-
hart	Naturschutz	Naturdenkmal	-	0	-	-	0	-	-	-	0	-
hart	Naturschutz	Naturparks und -reservate	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
hart	Naturschutz	Naturschutzgebiet	-	0	0	0	0	0	0	0	0	5
weich	Naturschutz	Naturschutzgebiet	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000
hart	Naturschutz	SPA-Gebiet (Vogelschutz)	-	-	-	0	0	0	-	-	0	2000

weich	Naturschutz	SPA-Gebiet (Vogelschutz)	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-
hart	Naturschutz	Wasserschutzgebiet Zone I+II	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
hart	Naturschutz	Wasserschutzgebiet Zone III	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-
weich	Naturschutz	Wasserschutzgebiet Zone III	-	-	0	-	0	-	0	0	0	-
weich	Landnutzung	Besonders hochwertige Landwirtschaftlich nutzbare Flächen	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-
hart	Landnutzung	rechtlich festgesetzte Ausgleichs- und Ersatzflächen (Ökoflächenkataster)	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-
hart	Siedlungsflächen	Einzelwohngebäude	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000
hart	Siedlungsflächen	Freizeitflächen, Sportanlagen	-	-	10	5	10	10	-	-	10	-
hart	Siedlungsflächen	Gebäude	-	-	-	5	10	10	3	3	10	-
hart	Siedlungsflächen	Industrie und Gewerbe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
hart	Siedlungsflächen	Kur- und Klinikgebiete	-	-	-	100	-	-	-	-	-	10
hart	Siedlungsflächen	Ortslageflächen	-	-	800	10	5	10	-	-	0	-
hart	Siedlungsflächen	Reine Wohngebiete	-	-	-	-	100	-	-	-	100	2000
hart	Siedlungsflächen	Siedlungsfreiflächen, Freizeit, Erholung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
hart	Temperaturschichtung	<100°C in 2500m Tiefe	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
weich	Temperaturschichtung	<70°C in 1500m Tiefe	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-

Anlage 2: Energieberatung Gebäude Straßenverkehrsamt Ingolstadt

s. angehängtes Dokument "*Ingolstadt Verkehrsamt Beratungsbericht DINV18599.pdf*"



greenventory
greenventory GmbH

Georges-Köhler-Allee 302
D-79110 Freiburg im Breisgau

<https://greenventory.de>