

EnEff:Wärme

Pilotprojekt Ismaning - Energieleitplanung



Impressum

Herausgeber Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
10115 Berlin
www.bmwi.de

Förderung Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Förderkennzeichen 0327400D

Autor Technische Universität München
Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen

Projektleitung
Dipl.-Ing. Architekt Oliver Zadow
Dipl.-Ing. (FH) Robert Fröhler M.Eng.

MitarbeiterInnen
Dipl.-Ing. Philipp Vohlidka
Dipl.-Ing. Judith Schinabeck MAS

Gestaltung Technische Universität München
Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen

Stand 24. September 2012 (Öffentliche Version)

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 0327400D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

EnEff:Wärme

Pilotprojekt Ismaning - Energieleitplanung

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	7
2	Einleitung	8
3	Arbeitsgrundlagen	12
	3.1 Datenerhebung	12
	3.2 Bearbeitungsraster	13
	3.3 Technische Voraussetzungen und Datenverarbeitung	15
	3.3.1 CAD - und GIS Software	15
	3.3.2 GemEB	16
4	Bestands - und Potenzialanalyse	24
	4.1 Wärmebedarf	24
	4.1.1 Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung	25
	4.1.2 Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung	27
	4.1.3 Wärmebedarfsermittlung für das Jahr 2030	31
	4.2 Energieinfrastruktur	32
	4.3 Energiepotenziale	35
	4.3.1 Solarenergie	35
	4.3.2 Biomasse	37
	4.3.3 Geothermie	39
	4.3.4 Abwärme	41
	4.3.5 Windkraft	42
	4.3.6 Wasserkraft	43
	4.3.7 Übersicht der Energiepotenziale	44
5	Konzeptentwicklung	46
	5.1 Erste Entscheidungen	46
	5.2 Bestimmung der Handlungsfelder	47
	5.3 Geothermie Ismaning / Wärmenetz	48
	5.4 Kälteversorgung Gewerbegebiet Osterfeld	49
	5.5 Gewerbegebiet Süd	50
	5.6 Wärmenetz Ortsteil Fischerhäuser	51
	5.7 Ismaning West	55
	5.7.1 NT-Wärmenetz	55
	5.7.2 Dezentrale Versorgung	58
6	Ausblick	62

Glossar	64
Abkürzungen und Einheiten	67
Quellen-, Literatur- und Softwareverzeichnis	68
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	71
Anhang	74

1 Zusammenfassung

Der fortschreitende Klimawandel erfordert neben großen, richtungsändernden Entscheidungen des Bundes und der Länder auch auf Ebene von Gemeinden Maßnahmen zu einem sinnvollen Umgang und einer nachhaltigen Versorgung mit dem sensiblen Gut Energie. Die Gemeinde Ismaning hat sich deshalb eine gesamtheitliche und effiziente Energieplanung zum Ziel gesetzt.

Die in diesem Bericht vorgelegte Energieleitplanung der Technischen Universität München wird die Gemeinde diesem Ziel näher bringen. Der am Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen) entwickelte Energienutzungsplan zeigt als Planungsinstrument ähnlich einem Flächennutzungsplan der Gemeinde für das gesamte Gemeindegebiet konkrete Planungsziele auf.

In einem ersten Schritt wird in der „Bestands- und Potenzialanalyse“ die vorhandene Energieinfrastruktur und der Energiebedarf, bzw. -verbrauch (Wärme und Strom) in der Gemeinde untersucht und ermittelt. Die Ergebnisse zeigen einen aktuellen Wärmebedarf von ca. 210.000 MWh/a und ein Stromverbrauch von 84.000 MWh/a.

Anschließend wird das Potenzial an erneuerbaren Energien im Gemeindegebiet erforscht und untersucht, wie weit dieses nutzbar gemacht werden kann. Das Ergebnis dieser umfassenden Untersuchung zeigt ein vorhandenes Wärmepotenzial von ca. 60.800 MWh/a; das Potenzial in der Stromerzeugung ist mit fast 100.000 MWh/a sogar höher als der momentane Verbrauch.

Im darauf folgenden Schritt wird unter Berücksichtigung von Bevölkerungszuwachs, Nachverdichtung und typischen Sanierungszyklen ein zukünftiger Wärmebedarf für das Gemeindegebiet ermittelt. Dieser ist ausschlaggebend für eine zukunftsfähige Energieversorgung, da sich hierauf alle weiteren Planungen stützen. Der prognostizierte Wärmebedarf der gesamten Gemeinde liegt im Jahr 2030 bei ca. 97.000 MWh/a. Bei einer Ausnutzung aller auf dem Gemeindegebiet vorhandenen Energiepotenziale kann damit der Bedarf zu fast 2/3 gedeckt werden.

Ein großer Teil der für den Wärmebedarf benötigten Energie (ca. 45.000 MWh/a) kann zukünftig von der im März 2011 beschlossenen Tiefengeothermie gedeckt werden. Durch ihren hohen Anteil am Gesamtwärmebedarf der Gemeinde hat sie eine entscheidende Auswirkung auf die weitere Planung. Kleine, bereits bestehende Wärmenetze bieten dabei Anknüpfungspunkte für den weiteren Ausbau (Abb. 1.1 Handlungsfeld 1).

Für das Gewerbegebiet Osterfeld (Abb. 1.1 Handlungsfeld 2) wird in einer Zukunftsvision eine zentrale Kälteversorgung vorgeschlagen. Eine Absorptionskältemaschine könnte hierfür in den Sommermonaten ungenutzte Wärme der Tiefengeothermie nutzen.

Der hohe Stromverbrauch des im Süden gelegenen Gewerbeparks (Abb. 1.1 Handlungsfeld 3) kann durch zwei BHKW gedeckt werden. Eine Absorptionskältemaschine bedient gleichzeitig den Kühlbedarf.

Im Ortsteil Fischerhäuser (Abb. 1.1 Handlungsfeld 4) sollte die bisher ungenutzte Wärme des bereits bestehenden BHKW am Gut Karlshof über ein neues Wärmenetz nutzbar gemacht werden.

Für den westlichen Teil der Gemeinde (Abb. 1.1 Handlungsfeld 5) werden zwei verschiedene Konzepte entwickelt. Einerseits wird überprüft inwieweit das Gebiet wirtschaftlich an den Rücklauf des Fernwärmenetzes der Tiefengeothermie angeschlossen werden kann, andererseits werden verschiedene Sanierungsmaßnahmen auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht, um damit Aussagen über sinnvolle Fördermaßnahmen der Gemeinde machen zu können. Hierfür ist eigens die Software „GemEB“ am Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen) entwickelt worden.

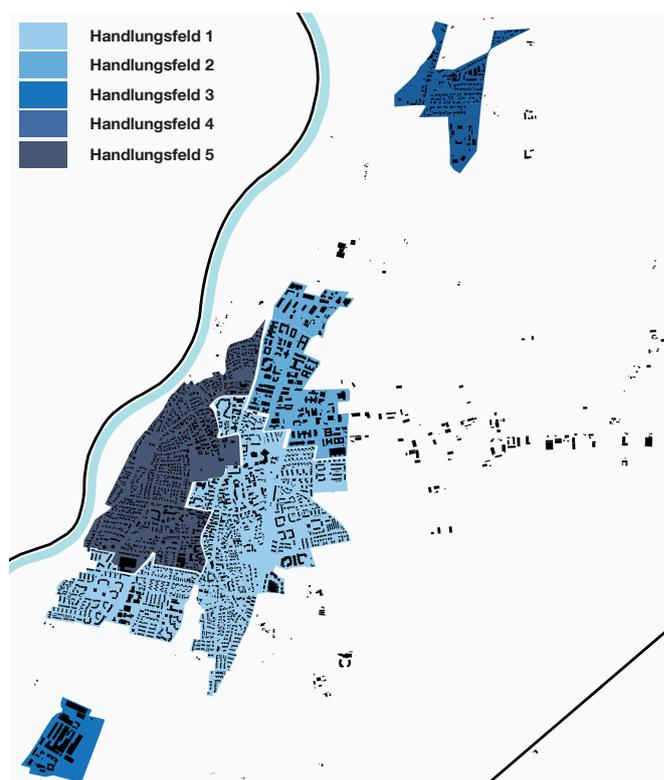


Abb. 1.1: Überblick der Handlungsfelder in der Gemeinde Ismaning

2 Einleitung

Ausgangssituation

Vor dem Hintergrund des Klimawandels spielen neue Visionen und Denkansätze zur Energieeffizienz auch in Kommunen und Städten eine immer wichtigere Rolle. Die Reduzierung von CO₂-Emissionen ist dabei ein wichtiges Ziel auf dem Weg, die Klimaerwärmung zu bremsen. Entscheidungen auf kommunaler Ebene sind dabei wichtige Einflussfaktoren auf diesem Weg. Hier gibt es zur Zeit Vorgaben in Form von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen. Bei der Frage der Energieversorgung fehlt jedoch oft ein übergeordnetes Planungsinstrument zur erfolgreichen Koordination der Maßnahmen. Dabei sind die Einflussmöglichkeiten gewaltig. Oftmals sind Kommunen und Städte Anteilseigner kommunaler und regionaler Stadt- und Gemeindewerke, Verkehrsbetriebe und Stadtentwicklungsgesellschaften. Mit diesen Gesellschaften haben sie direkten Einfluss auf energieeffiziente Versorgungsstrukturen.

Bis heute sind zwei unterschiedliche Vorgehensweisen zu beobachten: Auf der einen Seite wird in den Kommunen durch beispielhafte Projekte bei den eigenen Liegenschaften die Energieeffizienz erhöht. Über Öffentlichkeitsarbeit und in Agenda 21-Gruppen soll der Bürger zum Energiesparen motiviert werden. Bei der Auswahl dieser „beispielhaften Projekte“ aus den öffentlichen Liegenschaften stehen häufig eher publikumswirksame Maßnahmen im Vordergrund. Diese führen jedoch durch ihr oft ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis selten zu Nachahmerprojekten. Auf der anderen Seite beschränken sich die meist privatwirtschaftlich geführten Unternehmen - die Wert auf schnelle Kapitalrücklaufzeiten ihrer Investitionen in kommunale Versorgungssysteme legen - nur auf den Bau oder die Erweiterung von Nah- und Fernwärmenetzen. Beides erfolgt bis heute unabhängig voneinander.

Diese Trennung von Nutzer- und Versorgerinteressen führt häufig zum Verfehlen politisch gewünschter Effizienzziele. Der gegenseitige Einfluss von Gebäudestandard und Verteilnetz bleibt unberücksichtigt. Dadurch kann kein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage entstehen. Für eine effiziente und in die Zukunft gerichtete Versorgungsstruktur ist dies jedoch notwendig. Hinzu kommen unterschiedliche Betrachtungszeiträume. Sinnvolle Energieeffizienzmaßnahmen sind langfristig nachhaltig. Aus politischer und wirtschaftlicher Sicht werden jedoch schnelle Erfolge erwartet. Die Erreichung der örtlichen Klimaschutzziele scheitern daher nicht an mangelnden technischen Voraussetzungen oder an nicht gegebener Wirtschaftlichkeit, es fehlt vielmehr ein konkretes Zusammenbringen des Wissens, um die örtlichen Begebenheiten, Verbrauch und Versorgungsstruktur in einem „integralen Planungsansatz“ zu bearbeiten.

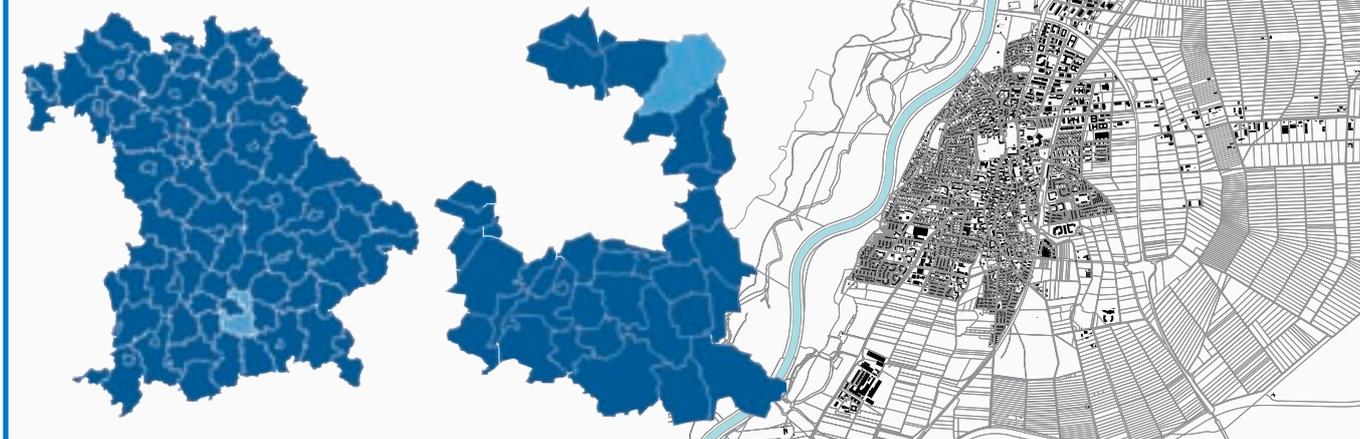
Auch die Gemeinde Ismaning hat in der Vergangenheit verschiedenste Maßnahmen und Fördermöglichkeiten geschaffen. Für eine optimale Gesamtplanung der Energienutzungsmöglichkeiten sowie Ermittlung der vorhandenen Energiepotentiale ist deshalb der Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik der Technischen Universität München (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hausladen) mit der Erstellung eines Energienutzungsplans beauftragt worden. Auftraggeber ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Das Forschungsprojekt ist eingebunden in die bundesweite Forschungsinitiative „EnEff:Wärme - Energieeffiziente Wärme- und Kältenetze“ des BMWi. Die zugeordnete Förderstelle ist das Forschungszentrum Jülich GmbH (PTJ). Darüber hinaus besteht zwischen dem Lehrstuhl und der Gemeinde Ismaning im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine Kooperationsvereinbarung über die Bereitstellung erforderlicher Daten sowie eine finanzielle Beteiligung.



Abb. 2.1: Luftbildaufnahme der Gemeinde Ismaning

Ismaning in Zahlen [1]

Bundesland	Bayern
Regierungsbezirk	Oberbayern
Landkreis	München
Höhe	485 m über NN
Fläche	4.019 Hektar
darunter Landwirtschaftsfläche	2.787 Hektar
darunter Siedlungs- und Verkehrsfläche	606 Hektar
Einwohner (Stand 31. Dezember 2009)	15.224 EW
Bevölkerungsdichte	379 EW je km ²



Ziel des Vorhabens

Die Gemeinde Ismaning hat sich das Ziel gesetzt, aus den bisher bestehenden unabhängig voneinander realisierten Einzellösungen eine für die Gemeinde umfassende Gesamtplanung zu erstellen. Diese soll der Gemeinde eine Planungsperspektive für die nächsten Jahre geben und so Einfluss auf die Förderpolitik, sowie die gemeindeeigenen Erweiterungsprozesse nehmen. Langfristig strebt die Gemeinde einen hohen Grad an autarker Energieversorgung aus den vorhandenen Potenzialen an. Hierbei ist es wichtig, nicht nur die gemeindeeigenen Gebäude, sondern auch Privatgebäude über entsprechende Förderanreize mit einzubeziehen.

Dieses Ziel der gesamtheitlichen Energieplanung verfolgt das Forschungsprojekt. Anhand der Gemeinde Ismaning wird deshalb exemplarisch eine Vorgehensweise - beginnend bei den Vorbereitungen bis hin zu den resultierenden Ergebnissen - entwickelt und überprüft. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen anderen Gemeinden ebenfalls eine gesamtheitliche Betrachtung und lassen sich auf größere Gemeinden und Städte übertragen.

Um das Ziel einer energieeffizienten Kommune zu erfüllen werden deshalb Gebäude und Netze gleichzeitig betrachtet. Das Projekt untersucht eine Erweiterung der vorhandenen Planungsinstrumente der Kommunen (Flächennutzungsplan und Bebauungsplan) um die Dimension Energie.

In dieser Energieleitplanung werden Energieversorgungssysteme (Angebot) mit der Flächennutzungsplanung (Nachfrage) verknüpft. Auf der Nachfrageseite ist dabei die dynamische Veränderung durch zukünftige energetische Sanierung, Nachverdichtung, Nutzungsänderung und Neubau zu berücksichtigen. Im Rahmen der Forschungsarbeit werden dazu Planungsinstrumente erarbeitet und die Möglichkeiten der Umsetzung untersucht. Dabei werden dynamische Analyse- und Planungshilfsmittel weiterentwickelt, die unterschiedliche Tiefe je nach Art der Planung bzw. des Fachgebiets der Planer ermöglichen. Diese Hilfsmittel zeigen auf, in welchen Bereichen konkrete Vorhaben den größten Nutzen bringen. Hier werden alle technischen, baulichen und städtebaulichen Randbedingungen berücksichtigt und die nutzerspezifischen Faktoren wie Lage, energetischer Gebäudestandard, städtebaulich bedingte Energiedichte, Ausrichtung, unterschiedliche

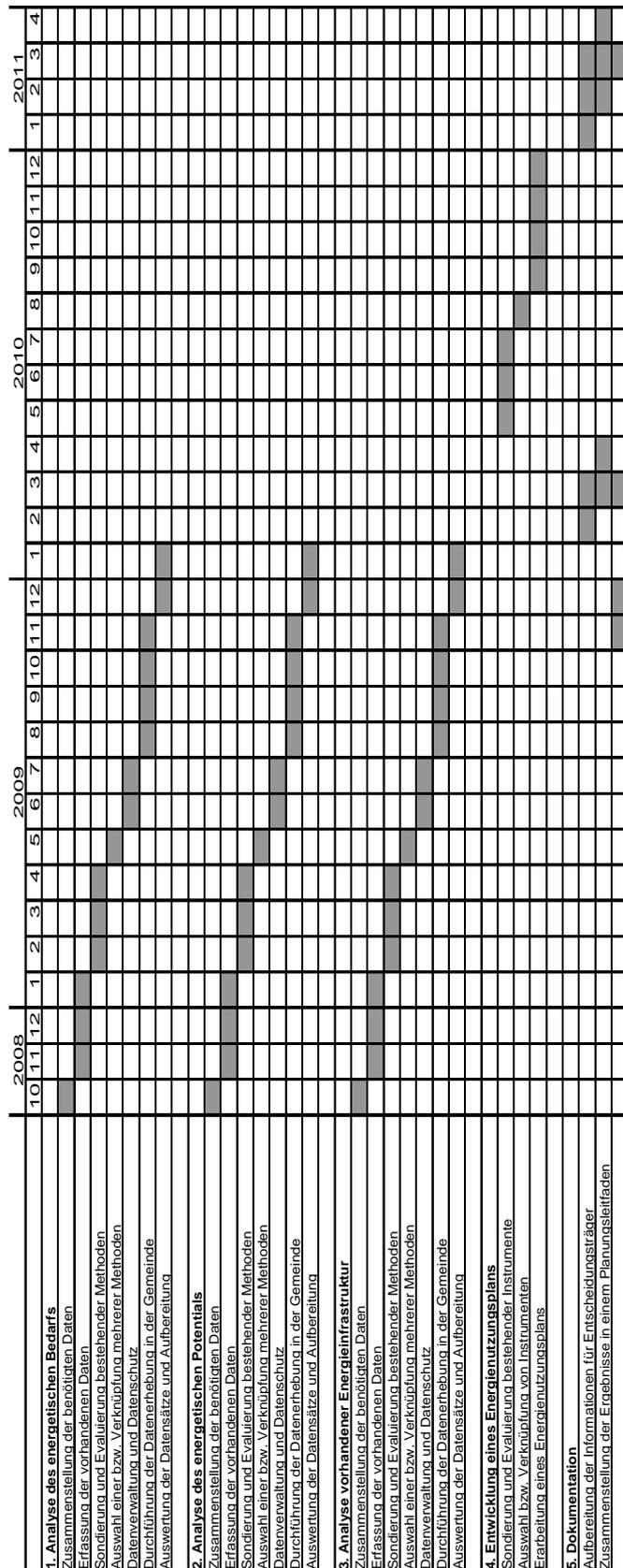


Abb. 2.2: Projektzeitplan

Nutzeranforderung usw. betrachtet. Dies ermöglicht nicht pauschal, sondern individuell auf die einzelnen Quartiere einzugehen.

Eine einfache und transparente Darstellung der Zusammenhänge ist wichtig, um politische Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit in den Prozess mit einbeziehen zu können. Ohne deren Mitwirken ist die Umsetzung der örtlichen Klimaschutzziele nicht möglich. Dafür hat die Gemeinde Ismaning den runden Tisch „Energie-Zukunft für die Gemeinde Ismaning“ gegründet. Zusammen mit der Forschung sind dort Vertreter der politischen Gremien und der Gemeindewerke beteiligt. Neben den planerischen Parametern werden auch rechtliche bzw. politische Rahmenbedingungen aufgezeigt, um eine schnelle Umsetzung in die Praxis zu fördern.

Die Sektoren Haushalt, Industrie und Gewerbe der Gemeinde Ismaning sind auf einem relativ kleinen Gebiet vorzufinden. Hinzu kommt die Besonderheit, dass die Gemeinde eine mehrheitliche Beteiligung an der Gas- und Stromversorgung besitzt. Eine ganzheitliche Betrachtung der Gemeinde ist deshalb von großer Bedeutung. Die aus dem Forschungsbericht gewonnenen Erkenntnisse sollen in der Gemeinde direkt umgesetzt und die resultierenden Verbesserungen in einem Monitoring evaluiert werden. Dieses Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der Projektphase 1: Planung (Energieeffizienz, Prioritätenfestlegung, Umsetzungsplanung) der Demonstrationsvorhaben, welche im Rahmen des Förderkonzepts „EnEff:Wärme“ [2] förderbar sind. Die weiteren vorgesehenen Projektphasen 2 (Bauliche Realisierung, Inbetriebnahme) und 3 (Monitoring) werden anschließend auf den Ergebnissen dieses Forschungsprojekts aufbauen und als eigene separate Projekte beantragt.

Herangehensweise und Durchführung

Vergleichbar mit dem Flächennutzungsplan in der räumlichen Planung zeigt der Energienutzungsplan (ENP) ganzheitliche energetische Konzepte und Planungsziele. Der ENP ist ein informelles Planungsinstrument für Gemeinden zum Thema Energie. Die Basis bildet eine Analyse des Ist-Zustands (Referenzjahr 2009) mit einem Ausblick auf die zukünftige Entwicklung im Jahr 2030. Der ENP gibt einen detaillierten Aufschluss über den Energiebedarf von Wärme und Strom für die Sektoren Haushalt sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) der Gemeinde. Ausgenommen bei der Betrachtung ist der Sektor Verkehr. Darüber hinaus zeigt er die vor Ort vorhandene Energieinfrastruktur

sowie Energiepotenziale auf und verknüpft alle Informationen räumlich zueinander.

Anhand dieser vorangegangenen Analysen werden in der Konzeptphase unterschiedliche Ansätze zur Energieversorgung und zur energetischen städtebaulichen Entwicklung erarbeitet. Zukunftsfähige, effiziente Versorgungskonzepte mit einem möglichst hohen Anteil an erneuerbaren und regionalen Energien sowie sinnvolle Sanierungsmaßnahmen werden priorisiert, lokalisiert und zu einem Gesamtkonzept verarbeitet. Dieses bildet das eigentliche Ergebnis und gibt der Gemeinde die Grundlagen zur Umsetzung des kommunalen Energienutzungsplans.

Dabei ist für ein gutes Gelingen der Umsetzung das Einbeziehen der Bürger ein ebenso entscheidender Faktor wie die Kooperation mit den ortsansässigen Energieversorgern. Während des Forschungsprojektes gibt es somit eine enge Zusammenarbeit mit dem Leiter der Gemeindewerke (GWI - Gemeindewerke Ismaning), der gleichzeitig Umweltbeauftragter der Gemeinde ist. Die GWI ist mehrheitlicher Anteilseigner der Stromgesellschaft (SVI - Stromversorgung Ismaning GmbH) und der Gasversorgung (GVI - Gasversorgung Ismaning GmbH). Von beiden sind Daten über Energieverbräuche und Infrastrukturen zur Verfügung gestellt worden.

Neben der gesamtheitlichen Energieleitplanung für die Gemeinde wird zudem ein Planungstool entwickelt, das in Gebieten mit dezentralen Handlungsoptionen angewendet werden kann. Hier wird in unterschiedlichen Bereichen eine erste, grobe Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt, die den Akteuren eine Hilfestellung für die Entscheidung zur Durchführung der Maßnahme geben kann. Das neuentwickelte Tool wird in Kapitel 3.3.2 detailliert vorgestellt.

Als weiterer Projektbeteiligter leitet das Ingenieurbüro Ebert-Ingenieure GmbH & Co. KG das Forschungsprojekt „EnEff:Wärme - Geothermie Ismaning“. Eine mögliche Versorgung des Gemeindegebiets mit Wärme aus Tiefengeothermie ist ein Teilaspekt der untersuchten Energiepotenziale und ist schon vor dem Forschungsprojekt angedacht worden. Wegen der engen thematischen Verknüpfung besteht mit Ebert-Ingenieure ein Kooperationsvertrag. So fließen Ergebnisse aus oben genanntem Projekt in die Betrachtungen der Potenzialanalyse mit ein. Andererseits werden Ergebnisse dieser Analyse des energetischen Bedarfs, des Energiepotenzials und der Infrastruktur der Energieversorgung an Ebert-Ingenieure als Basis zur weiteren Forschung übergeben.

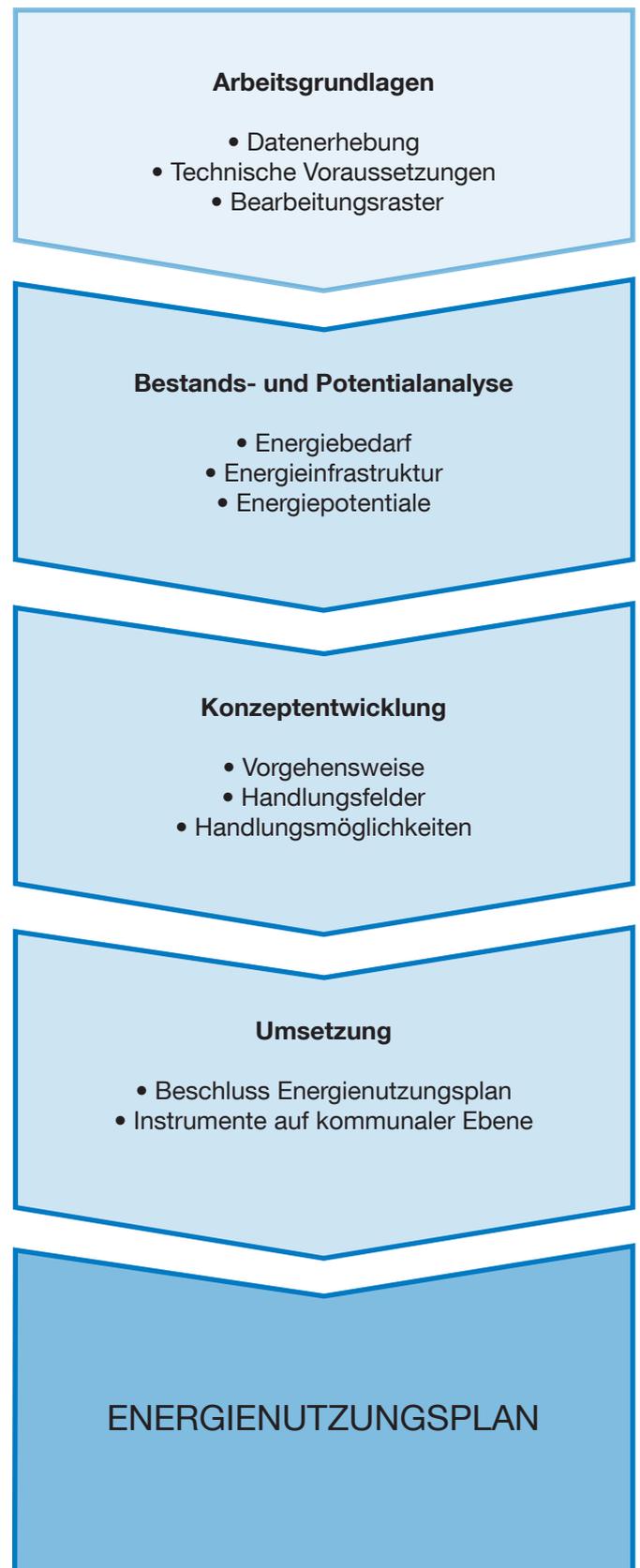


Abb. 2.3: Handlungsschritte des Energienutzungsplans

3 Arbeitsgrundlagen

3.1 Datenerhebung

Die Grundlage zur Erstellung eines Energienutzungsplans sind Karten und Pläne, die mit Daten aus dem Gemeindegebiet Ismaning hinterlegt werden. Zu Beginn des Forschungsprojekts ist deshalb mit der Gemeinde abgeklärt worden, welche Karten und Daten zur Verfügung gestellt werden können. Diese bilden die Grundlage zur Erstellung von Karten bezüglich des energetischen Bedarfs, des energetischen Potenzials und der energetischen Infrastruktur.

Folgende Daten werden erhoben:

Für die Ermittlung des energetischen Bedarfs

- Digitale Flurkarte
- Bebauungspläne aus Teilgebieten
- Auflistung der Gewerbe- und Industriebetriebe
- Auflistung kommunaler Liegenschaften
- Literaturwerte zum Energiebedarf von Wohn- und Gewerbebauten [3], [4], [5], [6]
- Reale Energieverbrauchswerte für Gas und Fernwärme
- Selbst erhobene Daten zum Energiebedarf von Gebäuden

Für die Ermittlung des energetisches Potenzials

- Biomasse: land- und forstwirtschaftliche Flächen (Gemeindeeigen und Privat) sowie biogene Reststoffe
- Gut geeignete Dachflächen zur Nutzung von Solarenergie
- Oberflächennahe Geothermie und Tiefengeothermie
- Daten zu Abwasserkanälen für Abwärmepotenziale
- Wind- und Wasserkraft

Für die Ermittlung der Energieinfrastruktur

- Trassenverlauf bestehender Gasnetze inkl. angeschlossener Gaskunden mit Energieverbrauch
- Trassenverlauf, Art und Leistung bestehender Wärmenetze inkl. angeschlossener Fernwärmekunden mit Energieverbrauch
- vorhandene Wasserkraftwerke
- Anzahl vorhandener Elektroheizungen und Wärmepumpen
- Anzahl vorhandener Photovoltaik- und Solarthermieanlagen

Die Daten werden dem Lehrstuhl hierbei größtenteils von den Gemeindewerken Ismaning zur Verfügung gestellt.

Zusätzlich wird das gesamte Gemeindegebiet von Mitarbeitern begangen und zu jedem, öffentlich einsehbares Haus weitere Informationen gesammelt und erfasst. So können auch Daten über Gebäude aus Gebieten ohne Bebauungsplan aufgenommen werden.

Es handelt sich um wichtige Informationen zur weiteren Bearbeitung wie z.B. das Baualter, die Anzahl der Geschosse oder die Art der Nutzung. Zusätzlich werden bei der Ortsbegehung Informationen gesammelt, die den energetischen und baulichen Zustand des Gebäudes beurteilen. So wird z.B. festgehalten, ob Sanierungsmaßnahmen der Fassade, der Fenster und/oder des Dachs durchgeführt worden sind.

Aufgenommen werden auch auf dem Dach installierte Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen. Dabei wird deren Größe grob geschätzt. Die erfassten Daten werden dann mit dem Datenstand der Gemeinde abgeglichen und gegebenenfalls ergänzt. Möglich ist dies über Listen, die vorangegangene Fördermaßnahmen der Gemeinde solcher Anlagen beinhalten. Anhang 1 zeigt exemplarisch einen Auszug des Auswertungsbogens der Ortsbegehung.

Als weitere Maßnahme wird eine Umfrage zur Datenerhebung an Gewerbebetriebe im Ortsteil Osterfeld in Form von Fragebögen gestartet (s. Anhang 2). Fehlende Daten zum Kühlbedarf sollen so ermittelt werden. Die Betriebe werden per Post angeschrieben und zusätzlich telefonisch kontaktiert. Abschließend kann gesagt werden, dass die Resonanz dieser Befragung ermutigend ist. Nur ein Betrieb hat den Fragebogen ausgefüllt zurückgeschickt.

Die Erfahrung aus anderen Forschungsprojekten zeigt, dass der Rücklauf aus Bürgerbefragungen normalerweise bei durchschnittlich 12% liegt. Dieser geringe Prozentsatz reicht nicht zur alleinigen Datenerfassung aus. Er ist jedoch gut nutzbar zur stichprobenartigen Verifizierung von Ergebnissen aus anderen Quellen.



Abb. 3.1: Mitarbeiter der TUM bei der Ortsbegehung zur Datenaufnahme

3.2 Bearbeitungsraster

Um die erhobenen und verwerteten Daten (z.B. Baualterklasse, Wärmebedarf, etc.) in Karten der Gemeinde darzustellen und dabei den Datenschutz zu wahren, müssen die Gebäude zur Anonymisierung in Rastereinheiten zusammengefasst werden. Jede Rastereinheit muss mehrere Gebäude beinhalten und zeigt immer den Durchschnittswert der jeweiligen Einheit.

In der zunächst angewendeten Methodik des Quadratrasters wird das gesamte Gemeindegebiet in $66 \cdot 66$ Meter große Quadrate eingeteilt. Abbildung 3.2 zeigt am Beispiel der Wärmebedarfskarte das Resultat.

Im Laufe der weiteren Bearbeitung stellte sich bald heraus, dass das Quadratraster hierfür ungeeignet ist. Das liegt insbesondere daran, dass es keinen Bezug zu vorhandenen Gebäudestrukturen nimmt. Für eine teilträumlich differenzierte Betrachtung des Gemeindegebiets ist dies jedoch wichtig. Da sich außerdem die bestehende, im Zuge der Forschungsarbeit neu geplante, Energieinfrastruktur am Straßenverlauf orientiert, wird es als sinnvoll erachtet, ein individuelles Bearbeitungsraster für die Gemeinde zu entwickeln.

Unter Einbeziehung unterschiedlicher Faktoren sollte eine möglichst homogene Struktur als Bearbeitungsraster entwickelt werden. Vor allem bei einer siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung (s. Kapitel 4.1.1) ist es wichtig, Gebäude des gleichen Typs in einer Rastereinheit zu vereinen.

Folgende Eigenschaften nehmen Einfluss auf die Entstehung einer Rastereinheit:

- Straßenverlauf
- Flächennutzung
- Gebäudetyp
- Baualter
- bereits bestehende Nahwärmenetze

Das endgültige Bearbeitungsraster für die Gemeinde Ismaning, das im weiteren für alle Karten Verwendung findet, zeigt Abbildung 3.3 beispielhaft anhand des Wärmebedarfs. Insgesamt wird das Gemeindegebiet in 362 Rastereinheiten eingeteilt (s. Anhang 3).

Datenschutz

Bei der Arbeit an dem Energienutzungsplan wird auch die Problematik des Datenschutzes behandelt. Zur Erstellung eines ENP sind teilweise gebäudebezogene Daten erforderlich, die wiederum auf die Eigentümer bzw. Mieter zurückzuführen sind. Wichtig für einen korrekten Datenschutz ist es zu wissen, an welchen Stellen im Projekt diese personenbezogenen Daten auftreten können. Dies trifft in folgenden Fällen zu:

- Verwendung realer, auf einzelne Gebäude bezogener Energieverbrauch im Projekt: Bei großen Gebäuden ist nicht zwingend ein Personenbezug möglich, jedoch wird sicherheitshalber immer von diesem Fall ausgegangen. Somit sind diese Daten besonders zu schützen.
- Bei Umfragen: Diese Daten dürfen im Projekt verwendet werden, sofern die Teilnehmer an der Umfrage eingewilligt haben.
- Daten von Firmen (insbesondere der Energieverbrauch): In diesem Fall werden diese oft aus Gründen des Betriebsgeheimnisses zurückgehalten. Da die Daten von Firmen nur durch freiwillige Mitarbeit und ihre Einwilligung erhoben werden, können die Firmen hinsichtlich des Datenschutzes im Projekt aufgeklärt werden.

Für den Fall der personenbezogenen Datenverwendung gilt grundsätzlich, dass alle diese Daten ausschließlich für dieses Projekt verwendet und nur anonymisiert veröffentlicht werden dürfen.

Für die Kartendarstellungen werden die Daten auf ein Raster gemittelt, das grob genug ist, um keinen Gebäudebezug mehr herstellen zu können und mindestens drei Gebäude umfasst. Diese gerasterten Daten können dann problemlos von der Gemeinde außerhalb des Forschungsprojekts weiterverwendet und auch veröffentlicht werden.

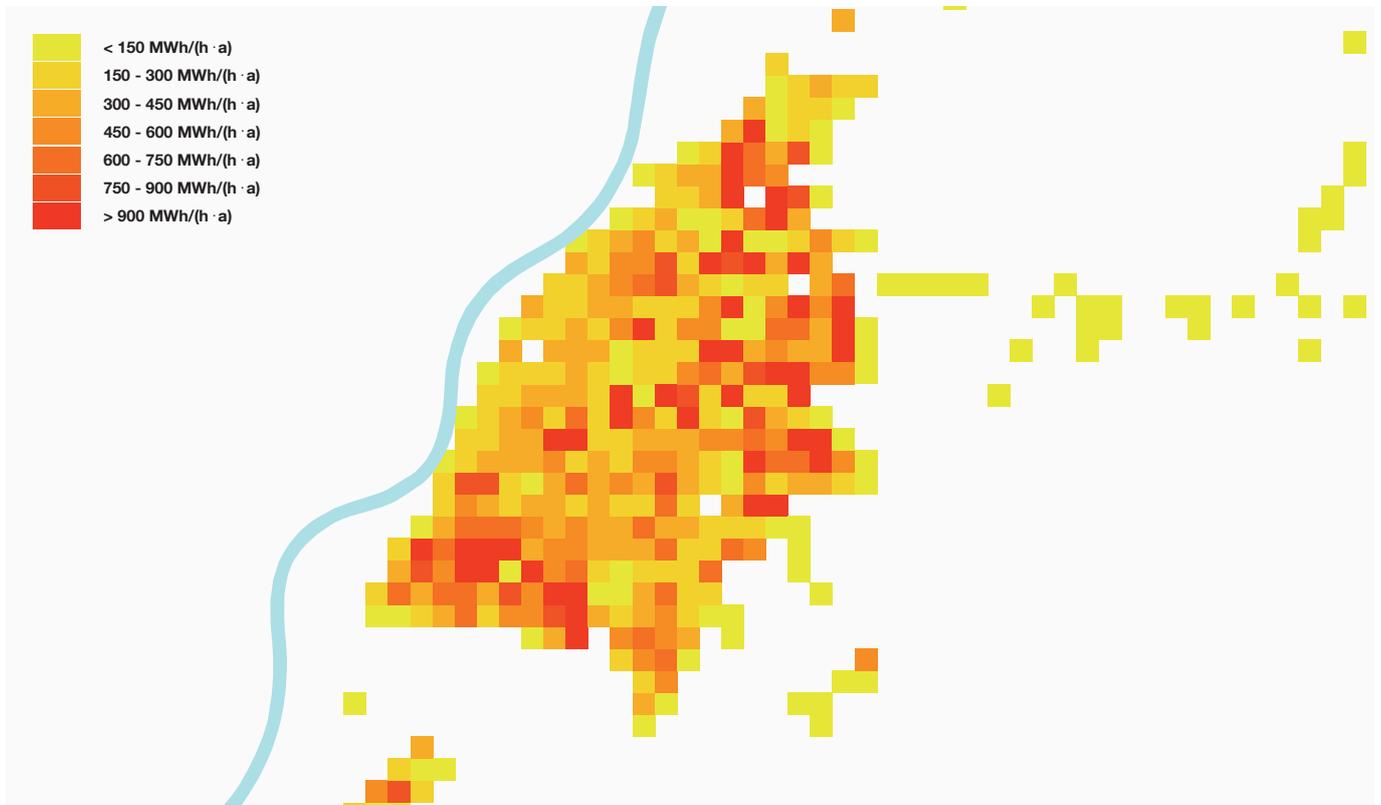


Abb. 3.2: Darstellung des Wärmebedarfs mit dem Quadratraster

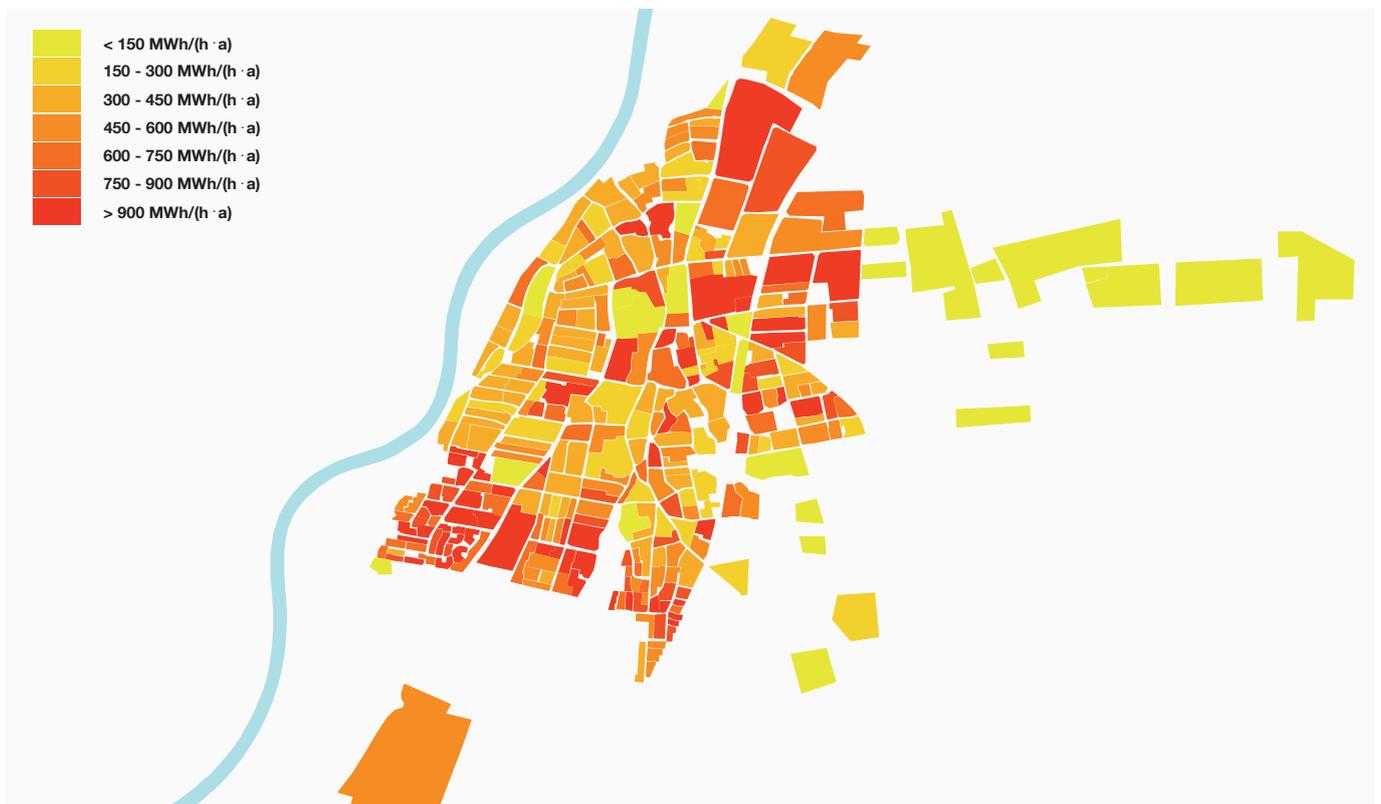


Abb. 3.3: Darstellung des Wärmebedarfs mit einem individuellen Raster mit homogener Struktur

3.3 Technische Voraussetzungen und Datenverarbeitung

3.3.1 CAD- und GIS-Software

Ein Hauptbestandteil des Energienutzungsplans ist die Erstellung von Kartenmaterial, in denen unterschiedlichste Informationen dargestellt werden können, wie z.B. Energiebedarfswerte. Die dazu benötigten Informationen stammen aus zuvor erfassten Daten und werden den zugehörigen Flächen bzw. Gebäuden zugeordnet. Die richtige Verortung der Daten ist deshalb enorm wichtig. Um dies optimal zu realisieren und anschließend gut darzustellen, sind zu Beginn des Projekts geeignete Softwarestandards für die Bearbeitung der anfallenden Daten evaluiert worden. Die zwei grundsätzlich zur Bearbeitung in Frage kommenden Lösungen bilden CAD- (Computer Animated Design) und GIS- (Geoinformationssystem) basierte Softwaretools.

Die ersten Versuche, ein Datenablagensystem innerhalb der Zeichnungsdatei der digitalen Flurkarte zu schaffen, sind mit CAD gestartet worden. Hier ist das Programm AutoCAD von Autodesk mit der implementierten Programmiersprache VBA (Visual Basic for Applications) eingesetzt worden. Der Vorteil dieses Systems ist, dass sämtliche, sensible Daten in einer Datei gespeichert sind. So ist bezüglich des Datenschutzes ein guter Überblick über den Verbleib der Daten gewährleistet. Außerdem können mit VBA ganz individuelle Datenverarbeitungs- und -auswertungsprozeduren programmiert werden. Dennoch zeigen sich schnell die daraus resultierenden Nachteile einer solchen Vorgehensweise. Da die Daten in der Zeichnung versteckt eingebunden

sind, können sie nur mit einer VBA-Software bearbeitet und visualisiert werden. Dabei muss für jede Darstellung ein neuer Softwarecode programmiert werden. Durch diese Komplexität ist eine spätere Bearbeitung für Externe, wie z.B. Gemeindemitarbeiter, nahezu ausgeschlossen. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die Einbindung von Daten in Zeichnungsobjekte zu einer langsamen Datenverarbeitung führt und somit nur schwer praktikabel ist.

Nachdem die Probleme mit dem CAD-Tool aufgetreten sind, ist nach Alternativen der Datenverarbeitung gesucht worden. Als optimale Lösung kristallisierten sich hierbei GIS-Programme heraus. Der Vorteil liegt in der Vereinigung von Datenbanken und der gleichzeitigen Bearbeitung der Daten mit den erforderlichen Werkzeugen der grafischen Darstellung. Diese Systeme sind durch das Datenformat Shape (.shp) untereinander weitestgehend kompatibel und werden in den meisten Gemeinden, wie auch in Ismaning, bereits in anderen Bereichen eingesetzt.

Hauptsächlich ist mit dem Open Source Programm gvSIG gearbeitet worden. Bei zunehmender Datenmenge stößt dieses Programm allerdings an seine Grenzen. Deshalb ist zum Ende des Forschungsprojekts die Software Quantum GIS (QGIS) zum Einsatz gekommen. Diese ist ebenfalls als Open Source Software kostenlos verfügbar.

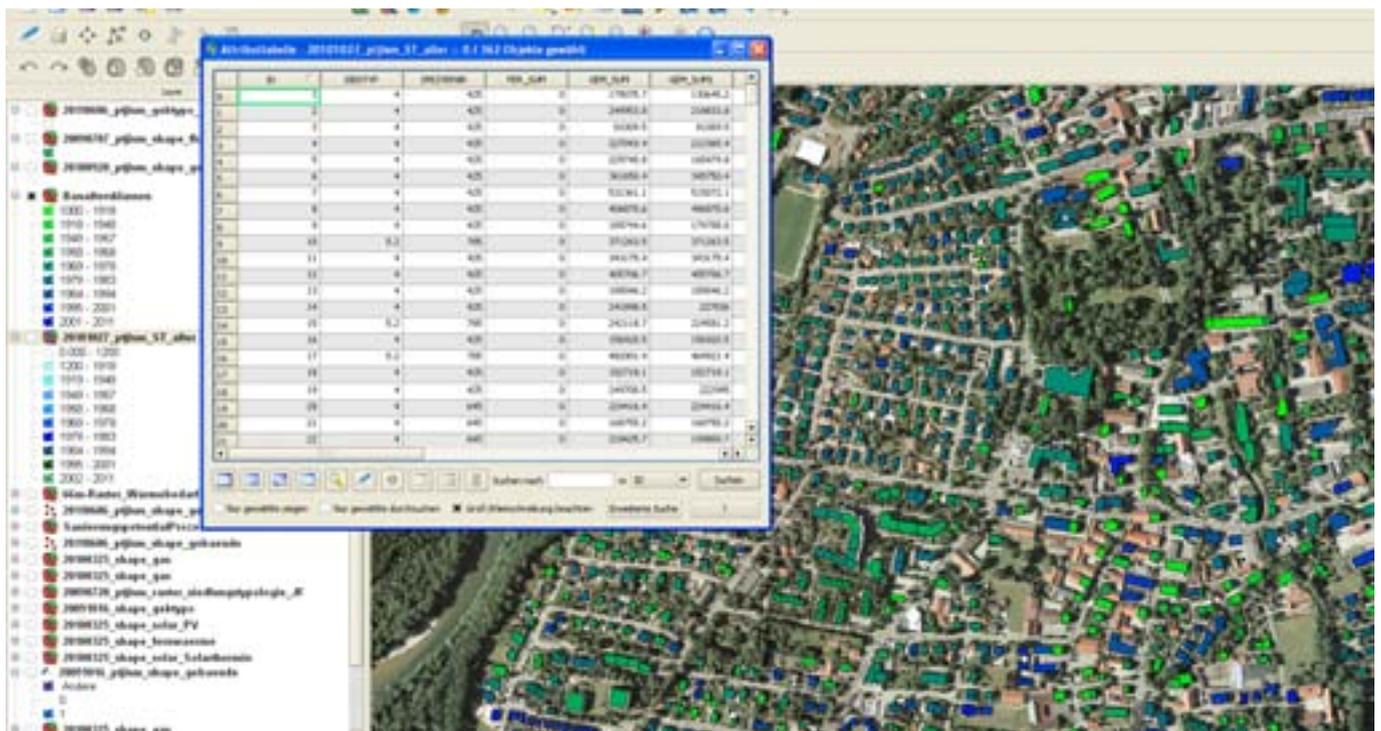


Abb. 3.4: Arbeitsfläche des Geoinformationssystems Quantum GIS

3.3.2 Software GemEB

Am Lehrstuhl wird im Verlauf des Forschungsprojekts das Softwaretool GemEB (Gemeinde-Energieberatung) entwickelt. Dieses soll für größere Gebäudegruppen oder Siedlungsgebiete eine Abschätzung von Energiekennwerten und der Wirtschaftlichkeit verschiedener Sanierungsmaßnahmen ermöglichen. Die Berechnungen basieren hierbei auf gebäudescharfen Daten der einzelnen Gebäude des Siedlungsgebiets. Dabei handelt es sich um Daten wie Wohnfläche, Gebäudetyp und Baualtersklasse, sowie an diese Daten angepasste typische Werte für die Bauteilgeometrie und deren U-Wert nach IWU [3]. Desweiteren kann das Tool verschiedene Sanierungsszenarien für die einzelnen Gebäude durchspielen und somit Sanierungsvarianten z.B. mit dem geringsten CO₂-Ausstoß ermitteln.

Validierung

Die gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung von Wohngebäuden für Energienutzungspläne erfolgt bislang nach Kapitel 3.2.4 des am Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik entwickelten „Leitfaden Energienutzungsplan“ [12]. Demzufolge weisen Gebäude gleichen Typs und Baualters meist vergleichbare Formen, Konstruktionsarten und Baumaterialien auf. Somit lässt sich jeder Baualtersklasse ein spezifischer statistischer Wert zu Heizwärme- und Brauchwarmwasserbedarf zuweisen. Dieser wird dann mit der jeweiligen Energiebezugsfläche der Gebäude multipliziert, um deren Gesamtwärmebedarf pro Jahr zu erhalten. Zugrunde liegen hier flächenbezogene Bedarfskennwerte für Heizwärme der Studie „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) [3],[4]. Diese sind basierend auf dem vereinfachten Heizperiodenverfahren der DIN V 4108-6 [8] ermittelt worden.

GemEB bedient sich ebenfalls der Werte aus den IWU-Studien [3] und [4]. Jedoch werden hier nicht pauschal der Heizwärmebedarf über die Energiebezugsfläche ermittelt, sondern mit den ebenfalls nach Baualtersklassen hinterlegten Werten zu den einzelnen Bauteilen eine vereinfachte EnEV-Berechnung durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass nicht an der Grenze Heizwärme- bzw. Trinkwarmwasserbedarf stehen geblieben wird. Weitere Berechnungen bezüglich Optimierung einzelner baulicher bzw. anlagentechnischer Komponenten bis hin zum Primärenergiebedarf können durchgeführt werden. Ebenfalls ist z.B. eine Optimierung nach Primärenergiebedarf möglich. Die Daten werden zwar gebäudescharf ermittelt, können aber, wie auf S. 23 beschrieben, nur in Bezug auf das gesamte Untersuchungsgebiet ausgewertet werden.

Die eigentlichen Berechnungen der Software GemEB erfolgen in einer eigens erstellten Excel-Arbeitsmappe. Dabei findet ein vereinfachtes Heizperiodenverfahren der DIN V 4108-6 und ein vereinfachtes Berechnungsmodell der DIN V 4701-10 für die Ermittlung der Anlagenaufwandszahl Anwendung. Dabei werden der Rechenalgorithmus und die abgefragten Eingabedaten gegenüber der DIN weiter vereinfacht. Zur Validierung der Excel-Arbeitsmappe werden im Folgenden Vergleichsrechnungen angestellt.

Für jede Baualtersklasse des Typs Einfamilienhaus (EFH) wird mittels der oben beschriebenen Excel-Arbeitsmappe der Heizwärmebedarf auf Grundlage der typischen Gebäudedaten nach [4] berechnet (Tabelle 3.1, Spalte 1) und wohnflächenbezogen dem nach [4] ermittelten ebenfalls wohnflächenbezogenen Wert in Spalte 1 der Tabelle 3.2 gegenüber gestellt. Zusätzlich werden alle Werte des Heizwärmebedarfs mit dem Computer gestützten Rechenprogramm Epass Helena 5.4 Ultra und mit dem frei zugänglichen Excel-Tool der Universität Kassel berechnet. Beide Vergleichsrechnungen werden ebenfalls mit dem Heizperiodenverfahren durchgeführt. Die Ergebnisse werden in den Spalten 4 und 6 der Tabelle 3.1 dargestellt.

Beide Vergleichsrechnungen liefern ähnliche Ergebnisse im Vergleich zur Excel-Arbeitsmappe (vgl. Spalte 2, 4, 6 der Tabelle 3.1). So betragen die durchschnittlichen Abweichungen Null, bzw. 3 % gegenüber der Excel-Arbeitsmappe (vgl. Zeile 12 der Tabelle 3.1). Die Ergebnisse der Excel-Arbeitsmappe weichen jedoch im Vergleich zu den in [4] ermittelten Werten teilweise erheblich ab. Im Durchschnitt liegen die Ergebnisse 15 % über den in [4] ermittelten Werten. Dies liegt darin begründet, dass bei der Ermittlung der Werte in [4] ein empirisch ermittelter „Nutzungsfaktor“ f zur Anpassung des Transmissions- und des Lüftungswärmeverlustes Verwendung findet. Erfahrungen zeigen, dass gemessene Verbrauchswerte in der Praxis oft deutlich unterhalb berechneter Werte für den Heizenergiebedarf liegen. Als Begründung wird in [4] unter anderem eine Teilbeheizung von vor allem großen Wohnungen bzw. Gebäuden mit schlechtem Dämmstandard aufgeführt.

Demnach steigen die effektiven mittleren Raumtemperaturen mit einem besser werdenden Gebäudedämmstandard. Dabei kann gleichzeitig festgestellt werden, dass bei größeren Wohnungen geringere effektive mittlere Temperaturen zu beobachten sind als bei kleineren Wohnungen. Der Einfluss der Wohnungs-/Gebäudegröße verringert sich jedoch mit zunehmendem Dämmstandard.

In einem nächsten Schritt wird deshalb der oben beschriebene Nutzungsfaktor f in die Excel-Arbeitsmappe eingebaut und die Berechnungen erneut durchgeführt. Den vom IWU zusätzlich angenommenen geringeren Innentemperaturen von $16,5^\circ$ bis 19° C wird durch die pauschale Verwendung des Gradtagszahlfaktor F_{Gt} von 66 kWh/a über alle Baualtersklassen hinweg Rechnung getragen. Die Ergebnisse sind in der Spalte 2 der Tabelle 3.2 dargestellt. Die Abweichung zu den Werten in [4] beträgt nun im Mittel etwa 5 %.

Für alle weiteren Berechnungen werden die Geometriedaten der Bauteile an den vorhandenen Datenbestand der einzelnen Häuser angepasst. Dies geschieht basierend auf folgenden Überlegungen.

Wird die Energiebezugsfläche um den Faktor x verändert, so soll dies ohne Änderung der Geschossanzahl erfolgen. Demzufolge wächst oder schrumpft das Gebäude nur in der Ebene. Horizontale Flächen, wie Bodenplatte und Dachflächen ändern sich dann direkt proportional zum Faktor x . Vertikale Flächen, wie Wand- und Fensterflächen hingegen ändern sich proportional zu \sqrt{x} . Dies soll am Beispiel eines Gebäudes mit quadratischer Grundfläche veranschaulicht werden:

Die Seitenlänge der Grundfläche wird von a zu b verändert. Dabei ändert sich die Grundfläche um den Faktor x . Also gilt für die Grundflächen die Beziehung

$$b^2 = x \cdot a^2$$

Damit verhalten sich die Wandflächen wie folgt:

$$A_{AW \text{ vorher}} = a \cdot h$$

und

$$A_{AW \text{ nachher}} = b \cdot h$$

mit

$$b = \sqrt{x} \cdot a$$

ergibt sich

$$A_{AW \text{ nachher}} = \sqrt{x} \cdot a \cdot h$$

Mit zunehmender Größe eines Gebäudes, steigt bei gleichbleibender Kubatur die Kompaktheit womit der spezifische Heizwärmebedarf sinkt. Abbildung 3.5 zeigt für verschiedene Gebäudetypen jeweils die Gebäude mit Wohnfläche und Heizwärmebedarf nach [4] (■), die mit dem Tool errechneten Heizwärmebedarfswerte für die einfache, doppelte und halbe Wohnfläche (▼), sowie die Mittelwerte der jeweiligen Gebäudeklassen aus dem Untersuchungsgebiet Ismaning West nach GemEB (►).

Die Ergebnisse, die sich auf Grund der geometrischen Anpassung der Wohnfläche in den einzelnen Baualtersklassen aller Gebäudetypen für den spezifischen Heizwärmebedarf ergeben, sind in Anhang 4 aufgeschlüsselt dargestellt. Es zeigen sich im Mittel bei doppelter Wohnfläche 18 % niedrigere, bei halber Wohnfläche um 24 % höhere Werte. GemEB liefert demzufolge für ein Siedlungsgebiet, welches im Mittel deutlich von den vom IWU ermittelten typischen Geometrien abweicht auch davon abweichende, aber hinsichtlich der

Tabelle 3.1: Validierung Excel-Mappe nach EnEV - Heizperiodenverfahren

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Baualtersklasse	IWU-Wert [3],[4]	Ergebnis Excel-Arbeitsmappe	Abweichung zu IWU-Wert [3],[4]	Ergebnis Epass Helena	Abweichung zu Excel	Ergebnis Excel Uni Kassel	Abweichung zu Excel
EFH_A	210	270	29%	264	-2%	273	1%
EFH_B	250	308	23%	303	-2%	311	1%
EFH_C	194	222	14%	220	-1%	225	1%
EFH_D	223	242	9%	241	0%	245	1%
EFH_E	166	203	22%	189	-4%	206	1%
EFH_F	182	215	18%	212	-1%	221	3%
EFH_G	120	125	4%	125	0%	143	15%
EFH_H	140	149	6%	153	3%	150	1%
EFH_I	101	104	3%	111	7%	106	2%
EFH_J	72	87	21%	90	3%	89	2%
Durchschnitt			15%		0%		3%

Tabelle 3.2: Validierung GemEB nach IWU - Verbrauchswerten

Spalte	1	2	3	Zeile
Baualtersklasse	IWU-Wert [3],[4]	GemEB-TOOL	Abweichung zu IWU-Wert [3],[4]	1
EFH_A	210	227	8%	2
EFH_B	250	252	1%	3
EFH_C	194	194	0%	4
EFH_D	223	210	-6%	5
EFH_E	166	182	10%	6
EFH_F	182	190	4%	7
EFH_G	120	122	2%	8
EFH_H	140	144	3%	9
EFH_I	101	106	5%	10
EFH_J	72	88	22%	11
Durchschnitt			5%	12

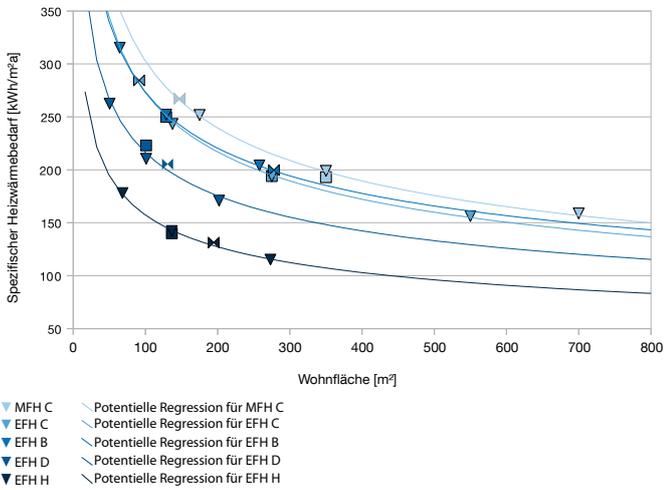


Abb. 3.5: Vergleich der Berechnungsmethoden für verschiedene Gebäudetypen mit Wohnfläche und Heizwärmebedarf

Gebäudegeometrie genauere Ergebnisse zu dem rein über die Wohnfläche ermittelten Heizwärmebedarf.

Grundlagen

GemEB ist als Pluginfunktion der Opensource Geoinformationssoftware Quantum GIS realisiert. Somit kann es direkt in die Benutzeroberfläche des Programms geladen und integriert werden. Die Programmiersprache Python bietet dabei mit den Bibliotheken ‚PyQt4‘ und ‚qgis‘ ein solides Angebot an Grundfunktionen sowie eine leichte Integrierbarkeit mit dem WYSIWYG-Benutzeroberflächenprogramm QtCreator. Während Python das Aufrufen und Speichern der Daten steuert, werden die eigentlichen Berechnungen mit den übergebenen Daten in der Excel-Arbeitsmappe ausgeführt. Zur Berechnung werden die Exceldatei sowie ein QGIS-Layer mit den Daten der Gebäude in den Formaten .dbf, .shp und .shx benötigt.

Quantum GIS muss mindestens in der Version 1.0 vorliegen. Um ein Plugin über QGIS laden zu können, muss der Ordner mit den einzelnen Pluginkomponenten auf dem entsprechenden Benutzerprofil unter /.qgis/python/plugins abgelegt sein. Eine separate Installation von Python oder seinen Erweiterungsbibliotheken ist nicht nötig, da diese in QGIS enthalten sind.

Nach dem Öffnen von QGIS kann das Plugin über „Erweiterungen > Erweiterungen verwalten“ (Abb. 3.6) aktiviert werden (Abb. 3.7). Das Plugin erscheint nun in der Liste der aufrufbaren Erweiterungen (Abb. 3.8).

Alternativ kann es über das Icon in der Werkzeugleiste aufgerufen werden.

Je nach Zugriffsrechten des verwendeten Benutzerprofils auf dem Computer, müssen die Excelarbeitsmappe und/oder die Vektorlayer in einem nicht-schreibgeschützten Ordner liegen, damit das Plugin darauf zugreifen kann.

Benutzeroberfläche

Ist das Plugin über QGIS geladen worden, kann es über „Erweiterungen > GemeindeEnergieBeratung > Energierechner“ geöffnet werden. Die sich öffnende Benutzeroberfläche ist in folgende sechs Tabs unterteilt, die zur Bearbeitung der Recheneinstellungen dienen:

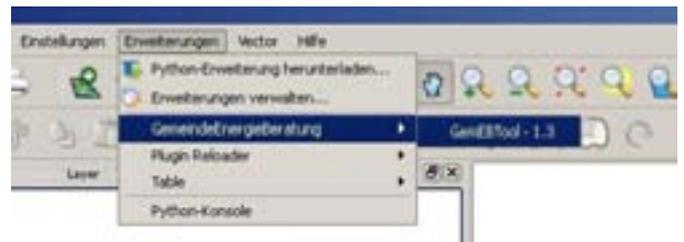


Abb. 3.6: Erweiterungen verwalten

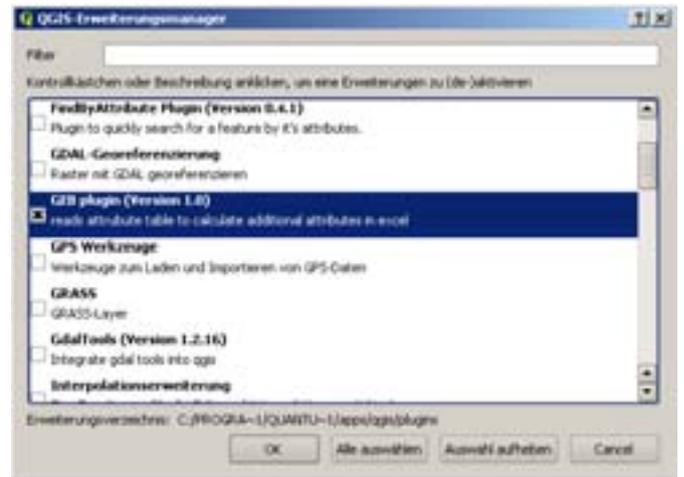


Abb. 3.7: Erweiterungsmanager

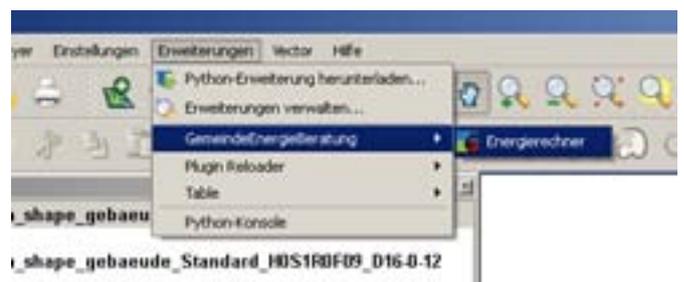


Abb. 3.8: Erweiterung öffnen

- Auf dem Layer-Tab (Abb. 3.9) kann der „Ursprungslayer“, der alle zur Berechnung benötigten Daten enthält, eingestellt werden. Dieser kann entweder aus den bereits geöffneten Vektorlayern gewählt oder neu geladen werden. Außerdem wird im Layer-Tab der Name des neuen Layers festgelegt. Dies geschieht automatisch und passt sich der Wahl des Bearbeitungsmodus und der technischen Angaben (Abb. 3.9) an, kann aber im Anschluss an die Wahl des Bearbeitungsmodus auch manuell geändert werden. Sollte nach der Änderung des Namens der Modus oder technische Angaben geändert werden, geht die Namensänderung verloren.

- Auf dem Rechenvorlage-Tab (Abb. 3.10) kann die verwendete Excel-Datei geändert werden. Ein Laden aus der Datei kann bei eventuellem Bearbeiten der Mappe (zum Beispiel zum Aktualisieren der Daten) nötig sein. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass keine der Referenzzellen verschoben werden, da sonst entsprechende Änderungen im Quellcode des Plugins vorgenommen werden müssen.

- Auf dem Modus-Tab (Abb. 3.11) kann der Bearbeitungsmodus ausgewählt werden. Es stehen Berech-

nungsmodi für einfache Berechnungen eines unsanierten Zustands sowie zur Optimierung der Haustechnik oder Dämmung zur Verfügung. Eine Erläuterung der verschiedenen Modi findet sich in dem Abschnitt „Berechnungsmodi“.

- Auf dem Technische Angaben-Tab (Abb. 3.12) können je nach gewähltem Modus weitere Angaben über die Heizungsart, Solaranlage, Raumluftechnik, U-Werte der Fenster und Dämmstoffstärken getroffen werden. Diese gelten jeweils für alle Datenpunkte bzw. Häuser der Auswahl.

- Auf dem Attributzuordnung-Tab (Abb. 3.13) werden die Input-Daten aus dem Vorlagelayer den benötigten Parametern Wohnfläche/Energiebezugsfläche, Baualtersklasse und Gebäudetypologie zugewiesen. Der Parameter „im Auswahlgebiet“ erlaubt es, die Berechnung nur für Teilbereiche des Layers durchzuführen. Hierfür wird eine Spalte mit den Werten 1 (ja) und 0 (nein) in QGIS benötigt. Wenn hier keine Spalte zugewiesen wird, werden alle vorhandenen Datenpunkte bearbeitet. Die Tabellenansicht gibt eine Übersicht über die Attribute des im Layer-Tab gewählten Vorlagelayers

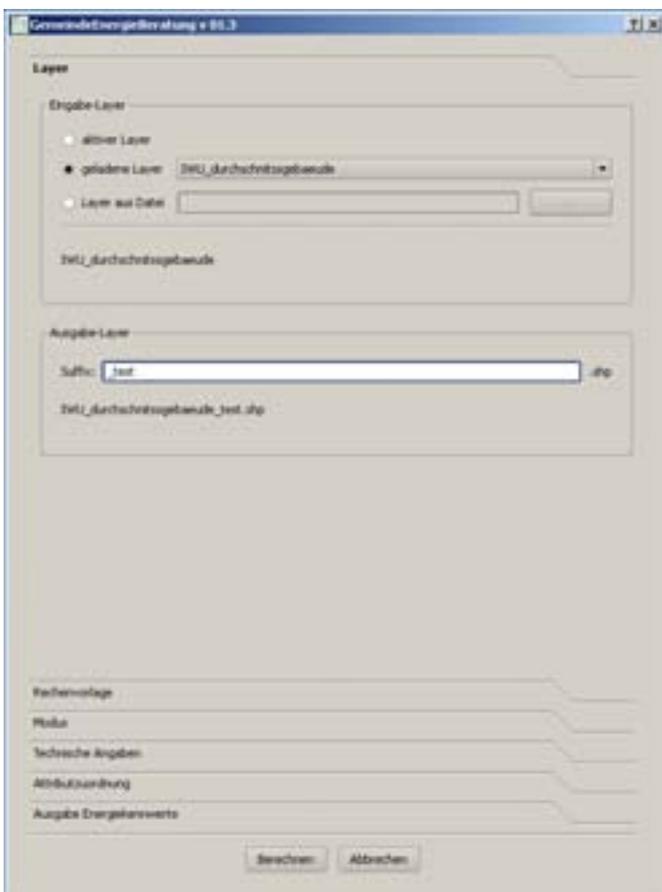


Abb. 3.9: Layer-Tab



Abb. 3.10: Rechenvorlage-Tab

und deren Datentyp. Die „Auswahl“-Schaltfläche der Parameter wird aktiviert sobald ein Attribut ausgewählt worden ist. Auf dem Ausgabe Energiekennwerte-Tab (Abb. 3.14) können die Ausgabewerte gewählt werden, die von Interesse sind und dem neuen Layer hinzugefügt werden sollen. Standardmäßig werden außerdem Informationen über die Haustechnik, Dämmstärken und - je nach Modus – Amortisationszeit, in den neuen Layer geschrieben.

Berechnungsmodi

Das Plugin GemEB bietet Berechnungsmodi für verschiedene Anwendungsbereiche:

Im Standard-Modus kann eine Kombination aus Haustechnik und Dämmung angegeben werden, die dann auf alle Gebäude gleichermaßen angewandt wird um Energiekennwerte zu berechnen. In der Kategorie Dämmung wird wie im Standard-Modus die Haustechnik vorgegeben.

Im Modus ‚optimale Dämmstärken‘ wird im Bezug auf den Fall ohne Dämmung die Dämmstärke für je Kellerdecke, Dach und Außenwand mit der kürzesten einfachen finanziellen Amortisationszeit bestimmt. Dabei können die Anforderungen der EnEV 2009, Anlage 3 Tabelle 1 „Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen“ [2] nicht unterschritten werden.

Im Modus ‚Dämmung bis zur maximalen Wandstärke‘ kann eine maximale Stärke des Außenbauteilaufbaus vorgegeben werden. Die Dämmstärke wird dann jeweils als aus der Differenz zwischen derzeitiger und maximaler Bauteilstärke berechnet.

In der Kategorie Technik werden keine Angaben über die Haustechnik oder Fenster verlangt, vielmehr werden diese pro Haus optimiert, jeweils nach folgenden Kriterien:

- kürzeste einfache Amortisationszeit
- niedrigster Jahresprimärenergiebedarf
- niedrigster CO₂-Ausstoß



Abb. 3.11: Modus-Tab



Abb. 3.12: Technische Angaben-Tab

Ablauf der Berechnungen

Wenn alle Angaben vollständig sind, kann der Rechenvorgang mit Hilfe der Schaltfläche ‚Berechnen‘ gestartet werden. Die Benutzeroberfläche schließt sich und es erscheint ein kleines Fenster, das eine Fortschrittsleiste zeigt. Diese zeigt an, wie viel Prozent der Datenpunkte des Ursprungslayer bereits bearbeitet worden ist. Sie gibt keine akkurate Einschätzung der verbleibenden Berechnungszeit, da nur die Anzahl der gesamten Datenpunkte beachtet wird, nicht aber die der tatsächlich Ausgewählten.

Zur Vorbereitung des Rechenvorganges wird programmatisch zuerst die Excel-Vorlage als unsichtbarer Prozess geöffnet. Die Mappe kann also während der Berechnung nicht eingesehen werden und – sofern erwünscht, z.B. im Falle eines Programmabsturzes – nur über „Windows Task-Manager > Prozesse“ terminiert werden.

Der neue Layer wird zunächst leer in das gleiche Verzeichnis wie der Ursprungslayer mit derselben Enco-

dierung gespeichert (als .dbf, .prj, .shp, .shx, .qpf) und in das QGIS-Bedienfeld „Layer“ geladen. Seine .dbf-Datei wird mit den ursprünglichen Attributen (Spalten der Attributetabelle) beschrieben, wobei die Dateneinträge noch leer bleiben.

Die eigentlichen Berechnungen werden über eine For-Schleife gesteuert, die über alle Datenpunkte des Layers iteriert. Sollte dem Parameter „Auswahl“ keine Spalte zugeschrieben worden sein, werden alle Datenpunkte bearbeitet und in den neuen Layer geschrieben. Wenn „Auswahl“ eine Spalte zugewiesen worden ist, werden nur die Datenpunkte berechnet und in den neuen Layer geschrieben, für die hier der Wert „1“ eingetragen ist. Damit werden auch nur diese Daten später in dem neuen Layer visualisiert. Ein Übereinanderlegen der beiden Layer zeigt schnell, ob alle gewünschten Datenpunkte markiert waren.

Die für das Heizperiodenverfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 benötigten Daten werden aus dem Attributzuordnung-Tab an die Excel-Arbeitsmappe gebäudeweise übergeben. Hierfür ist eine Datenbank,

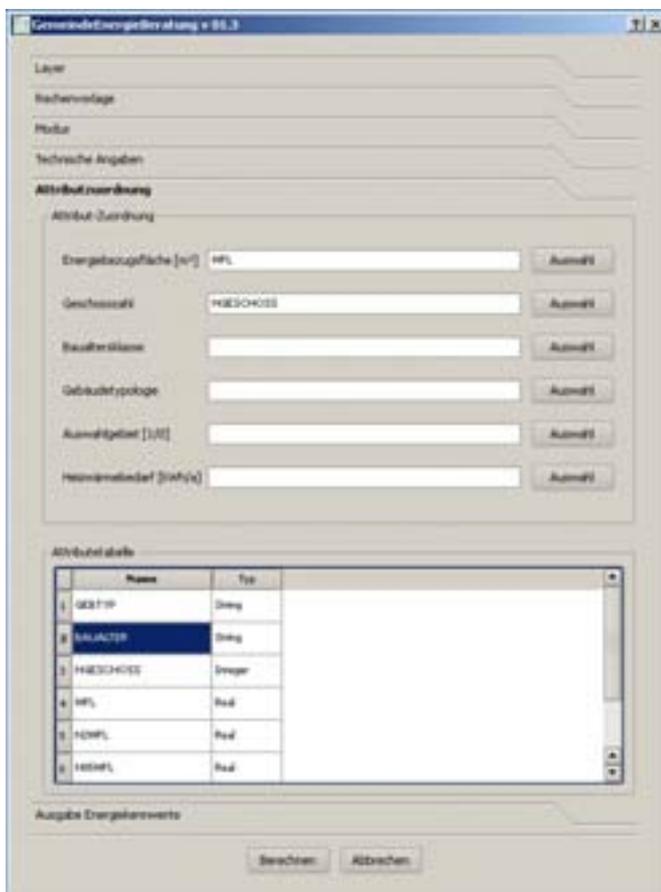


Abb. 3.13: Attributzuordnung-Tab



Abb. 3.14: Ausgabe Energiekennwerte-Tab

basierend auf Datensätzen von [3] im Programm hinterlegt. Diese Datensätze liefern in Abhängigkeit von Baualter und Gebäudetyp insbesondere typische Werte für die Bauteilgeometrie und deren U-Werte. Dabei wird laut IWU von einem noch nicht nachträglich wärmege- dämmten Gebäude ausgegangen.

Es ist zu beachten, dass zu diesem Zeitpunkt nur Gebäude im Wohnbau der Gebäudetypologien EFH, MFH, GMH, DHH und RH bearbeitet werden können, da der IWU Datensatz nur zu diesen Typologien Werte enthält (DHH wird mit EFH genähert). Für Datenpunkte, die zwar im Auswahlbereich liegen, aber nicht mit IWU abgeglichen werden können, werden dem neuen Layer nur die ursprünglichen Attribute eingeschrieben, die restlichen Attribute enthalten den Wert „NULL“.

Wenn die Daten für das erste Gebäude aus den IWU-Datensätzen [3] ergänzt und geometrisch angepasst worden sind, werden sie in die entsprechenden Zellen der Excel-Arbeitsmappe geschrieben. Diese berechnet dann Primärenergiebedarf, Transmissionswärmeverluste und Jahresendenergiekosten. In den Modi ‚Standard‘ und ‚Dämmung bis zur maximalen Wandstärke‘ ist die Teilrechnung damit beendet. Die Werte werden in die entsprechende Zeile des neuen Layers geschrieben und das nächste Gebäude eingelesen.

In allen übrigen Modi werden die ersten Werte pro Gebäude als Basisvariante gespeichert. Zur Optimierung der Dämmung wird in der Basisvariante angenommen, dass keine Zusatzdämmung vorhanden ist. In allen darauffolgenden Schritten wird für jeweils eine der dämmbaren Außenbauteilgruppen Dach, Wand, Kellerdecke, schrittweise die Dämmstärke angehoben und die daraus resultierende Amortisationszeit wie folgt berechnet:

$$T_{\text{Amortisation}} = \frac{\text{Investitionskosten}_i}{\text{Jahresenergiekosten}_{\text{basis}} - \text{Jahresenergiekosten}_i}$$

Wenn die Amortisationszeit der Variante i kürzer ist als die zuletzt Gespeicherte, wird die Dämmstärke und die Amortisationszeit als derzeitig beste Variante festgehalten. Sobald die Amortisationszeit wieder steigt, gilt das Optimum als überschritten und die vorherige Dämmstärke wird gespeichert. Dieser Vorgang wird für die drei Bauteilgruppen wiederholt und im Anschluss die Amortisationszeit der kombinierten optimalen Dämmstärken sowie die dazugehörigen Energiekennwerte berechnet und zusammen mit den Dämmstärken in den Layer geschrieben.

Tabelle 3.3: Erläuterung der neu hinzugefügten Attribute

Spaltenkopf	Einheit	Beschreibung	Excel - Referenz
t(Amort)	[a]	Amortisationszeit	-
Heizung		Art der Heizung	optH0 optH1 optH2
RLT		Lüftung mit/ohne WRG	optRLT0 optRLT1
Solar		Art der Solaranlage	optS0 optS1 optS2
Fenster	[W/m²K]	U-Wert des Fenster	optFx optF11 optF09 optF07
Dach	[cm]		B8
Aussenwand	[cm]	Dicke der Zusatzdämmung	B7
Keller	[cm]	Dicke der Zusatzdämmung	B9
CO2[kg/a]	[kg/a]	Dicke der Zusatzdämmung	F19
EnEV2009	ja/nein	Wird die EnEV 2009 erfüllt?	F20
EE_Bedarf	[kWh/a]	Jahresendenergiebedarf	F16
EUR/a	[€/a]	Jahresenergiekosten	F17
EUR/m2a	[€/m²a]	Jahresenergiekosten	F18
Erz.kW	[kW]	Größe des Wärmeerzeugers	F15
H'T_EnEV	[W/m²K]	Transmissionswärmeverlust	F6
H'T_2009	[W/m²K]	MIN(H' _{T_EnEV} ; H' _{T_Refmax})	L18
H'T_2012	[W/m²K]	0,8 * H' _{T_Refmax}	L19
H'T_Refmax	[W/m²K]	H' _T des Referenzgebäudes nach EnEV 2009	F7
H'T_ist	[W/m²K]	H' _T des Ist-Zustandes	F8
H'T_ist/max	[%]	Verhältnis H' _{T_ist} /H' _{T_Refmax}	F9
H'T_kfw40	[W/m²K]	Max. H' _T für KfW40	L21
H'T_kfw55	[W/m²K]	Max. H' _T für KfW55	L20
KostTech	[€]	Investitionskosten Technik (alles)	F11
KostDaemm	[€]	Investitionskosten Zusatzdämmung	F12
KostFenster	[€]	Mehrkosten Fenster (zu keiner Sanierung)	F13
PE_2009	[kWh/m²a]	Primärenergiebedarf nach EnEV2009	F3
PE_2012	[kWh/m²a]	... nach EnEV2012	L3
PE_ist	[kWh/m²a]	... im Ist-Zustand	F4
PE_ist/max	[%]	Verhältnis PE _{ist} /PE _{max}	F5
PE_kfw40	[kWh/m²a]	Max Primärenergiebedarf für KfW40	L5
PE_kfw55	[kWh/m²a]	Max Primärenergiebedarf für KfW55	L4
PE_max	[kWh/m²a]	Max. Primärenergiebedarf	F3

Für eine Energieeinsparberatung nach BAFA-Richtlinie wäre die alleinige Beurteilung der Wirtschaftlichkeit über die Betrachtung der Amortisationszeit nicht zulässig. Hier wird ausdrücklich ein zusätzliches Verfahren gefordert, das einen besseren Wirtschaftlichkeitsvergleich zulässt (z.B.: Interner Zinsfuß, Annuitätenmethode) [11]. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass z.B. steigende Energiepreise unberücksichtigt bleiben. Die Amortisationszeit liefert zwar eine einfache und leicht nachvollziehbare Möglichkeit der Abschätzung, kann jedoch lediglich Tendenzen aufzeigen. Die mit diesem Tool ermittelten Amortisationszeiten sollen deshalb auch nur einen qualitativen Vergleich verschiedener Maßnahmenkombinationen und Einzelmaßnahmen in einem Siedlungsgebiet ermöglichen und einen möglichen Ausblick auf die Entwicklung der Gebäudestandards geben. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzelner Gebäude muss zudem etwaige Förderprogramme mit berücksichtigen.

Zur Optimierung der Technik gilt als Basisvariante folgende Gebäudeausstattung: Erdgasbrennwertkessel, keine Solarnutzung, keine Wärmerückgewinnung sowie Bestandsfenster aus dem Baujahr. Alle derzeit 72 möglichen Kombinationen der Teilbereiche Heizung, Solar, Lüftung und Fenster werden geprüft. Wie auch bei der Dämmsoptimierung wird die jeweilige Variante gespeichert, wenn die Amortisationszeit kürzer ist als die, die für eine andere Variante bisher gespeichert worden ist. Die Kostendaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung sind in einem Tabellenblatt der Excel-Arbeitsmappe hinterlegt. Sie entsprechen dem Stand 2011 und können bei Bedarf angepasst werden. Die Kostendaten stammen hierbei aus [10].

Auslesen der Datensätze

Zur Auswertung der errechneten Daten kann neben QGIS selbst auch OpenOffice „Scalc“ oder Microsoft Excel verwendet werden. In Scalc kann die .dbf Datei des Datensatzes direkt geöffnet werden. Ein direktes Laden ist in Excel leider nicht möglich, die Daten können jedoch in QGIS z.B. als .csv-Datei gespeichert und dann in Excel importiert werden.

Wenn alle Gebäude bearbeitet worden sind, schließt das Plugin die Arbeitsmappe. Gegebenenfalls informiert ein Popup-Fenster darüber, welche Gebäude nicht bearbeitet werden konnten. Der Layer wird nun auf dem QGIS-Canvas angezeigt und die Attributetabelle kann eingesehen werden. Eine Erklärung der neu hinzugefügten Attribute in der Attributetabelle findet

sich in Tabelle 3.2. Besonders in den Optimierungsmodi kann der Rechenvorgang – je nach Anzahl der Datenpunkte und Rechnerleistung - bis zu zwei Stunden dauern. Die Dateinamen der neuen Layer werden automatisch generiert. Die Benennung folgt folgendem Muster:

- (Name des Ursprungslayers)_
- (Berechnungsmodus)_
- (Heizungsvariante)(Solaranlage)(Lüftungsanlage)(Fensterart)_
- (Dämmstärken in cm: (Außenwand)(Keller)(Dach)

Je nach Modus fällt ein Teil der Benennung weg. Zum Beispiel im Modus „Dämmung optimieren“ werden die Dämmstärken nicht in den Dateinamen aufgenommen, da diese ja erst pro Haus berechnet werden. Im Modus „nach Primärenergie optimieren“ fällt demnach zusätzlich das Suffix für die Haustechnik (Heizung, Solar, RLT, Fenster) weg.

Um die Dateinamen kurz zu halten, werden die Endungen gekürzt. Nachfolgend eine Übersicht über die verschiedenen Anlagenkürzel:

Heizung

H0	Erdgas Brennwertkessel
H1	Holzpelletofen
H2	Sole-Wasser-Wärmepumpe

Solaranlage

S0	Keine Solaranlage
S1	Zur Warmwasserbereitung
S2	Zur Heizungsunterstützung

Lüftung (RLT)

R0	Ohne Wärmerückgewinnung
R1	Mit Wärmerückgewinnung

Fenster

Fiwu	Fenster wie im Bestand (nach IWU)
F11	U-Wert = 1,1 W/m ² K
F09	U-Wert = 0,9 W/m ² K
F07	U-Wert = 0,7 W/m ² K

Demnach bedeutet z.B. der Dateiname *Ismaning_Standard_H0S1R0F09_D16-0-12*, dass der neue Layer auf dem Layer mit dem Dateinamen „Ismaning“ basiert. Die Berechnung hat im Modus „Standard“ stattgefunden und es wird angenommen, dass alle Gebäude mit einem Erdgas Brennwertkessel, einer Solaranlage zur Warmwassererwärmung, Lüftung ohne Wärmerückgewinnung und Fenster mit einem U-Wert von 0,9 W/ m²K ausgestattet sind. Bei den Außenbauteilen sind die Außenwände mit zusätzlich zu den aus IWU ermittelten U-Werten mit 16 cm Dämmung und das Dach mit 12 cm Dämmung verbessert worden.

4 Bestands- und Potentialanalyse

4.1 Wärmebedarf

Die Ermittlung des Wärmebedarfs einer Gemeinde ist eine der wichtigsten Schritte bei der Erstellung eines Energienutzungsplans und bildet die Grundlage für viele weitere Bearbeitungsvorgänge. Der gesamte Wärmebedarf eines Gebäudes setzt sich aus Heizwärme, Brauchwarmwasser und, abhängig von der Nutzung, Prozesswärme zusammen. Dabei muss zwischen den folgenden Begriffen zur Energie differenziert werden:

Primärenergie ist die Energiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des notwendigen Brennstoffs und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik auch die Energiemenge einbezieht, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen. Dies ist die Größe mit dem der Energiekennwert eines öffentlich rechtlichen Nachweises nach EnEV [7] gebildet wird.

Endenergie ist die Energiemenge, die für die Gebäudebeheizung unter Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs und der Verluste des Heizungssystems aufgebracht werden muss. Es ist also die Energiemenge, die an der Systemgrenze Gebäude der Anlagentechnik übergeben und mit dem jeweiligen Energieversorger abgerechnet wird.

Nutzenergie ist der Wärmebedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone während der Heizzeit benötigt wird. Darin beinhaltet sind Speicher- und/oder Leitungsverluste, die innerhalb eines Gebäudes entstehen. Es ist also die *Energie*, die der Verbraucher auch tatsächlich *nutzen* kann.

In vorliegenden ENP wird der Wärmebedarf auf Basis der Nutzenergie berechnet. Die von den Gemeindewerken Ismaning bezogenen Endenergiewerte werden mit dem Faktor 0,8 auf Nutzenergie umgerechnet. Die gebäudeinternen Verluste werden hierbei vernachlässigt.

Anhand der erstellten Karten der Wärmebedarfsdichte kann die Verteilung des Wärmebedarfs im gesamten Gemeindegebiet visuell sichtbar gemacht werden. Dadurch können Gebiete mit einer hohen Energieabnahmedichte auffindig gemacht werden, die sich gut für Fernwärmenetze eignen. Auf der anderen Seite können Gebiete ermittelt werden, die sich auf Grund ihres geringen Wärmebedarfs eher für eine dezentrale Energieversorgung eignen.

Abhängig vom gewünschten Detaillierungsgrad, dem vorgesehenen Zeitrahmen, der Größe der Stadt bzw. Gemeinde, der Verfügbarkeit bzw. Anwendbarkeit der Datenquellen sowie der Qualifikation und Erfahrung der Bearbeiter gibt es mehrere Methoden für die Ermittlung des Wärmebedarfs. Ziel ist dabei immer, mit begrenztem Aufwand möglichst genaue Aussagen über den Wärmebedarf treffen zu können. Zugleich ist es wichtig, dass die gewählte Methodik möglichst auch für die Gemeinde selbst zu einem späteren Zeitpunkt praktisch umsetzbar ist. Entscheidend ist dabei, den Wärmebedarf zu verorten, also wenn möglich gebäudescharf ermitteln zu können. Zwei bestehende Methoden werden in der Gemeinde Ismaning angewendet, die siedlungsbezogene und die gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung. In den folgenden Kapiteln werden beide Methoden ausführlich beschrieben.

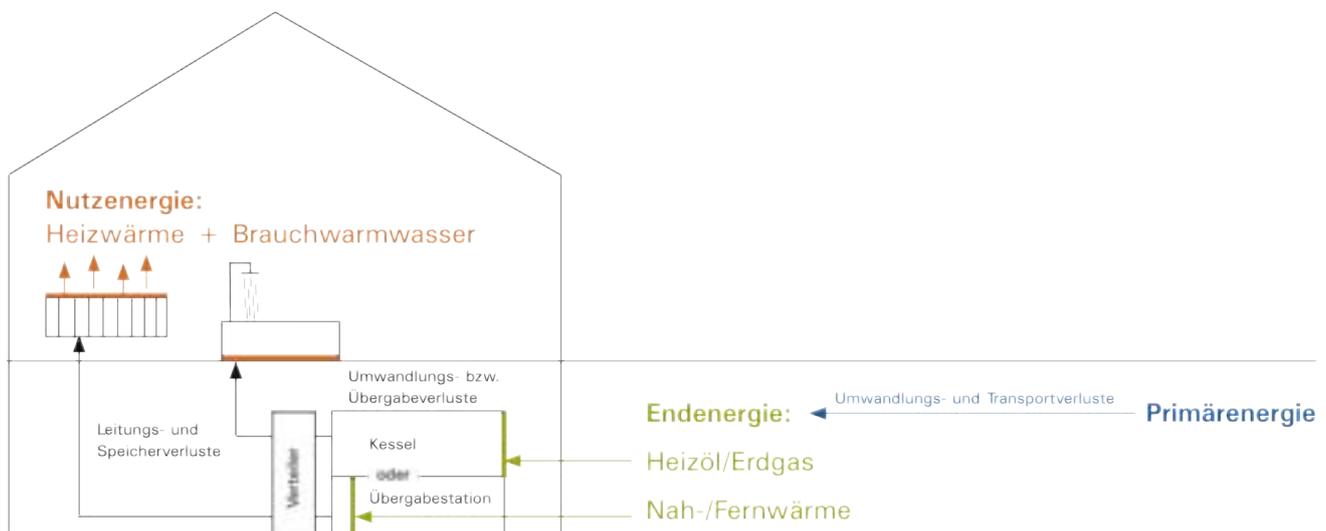


Abb. 4.1: Schematische Darstellung zur Differenzierung der Energieströme bei der Wärmeversorgung am Beispiel eines Gebäudes mit Mischnutzung [12]

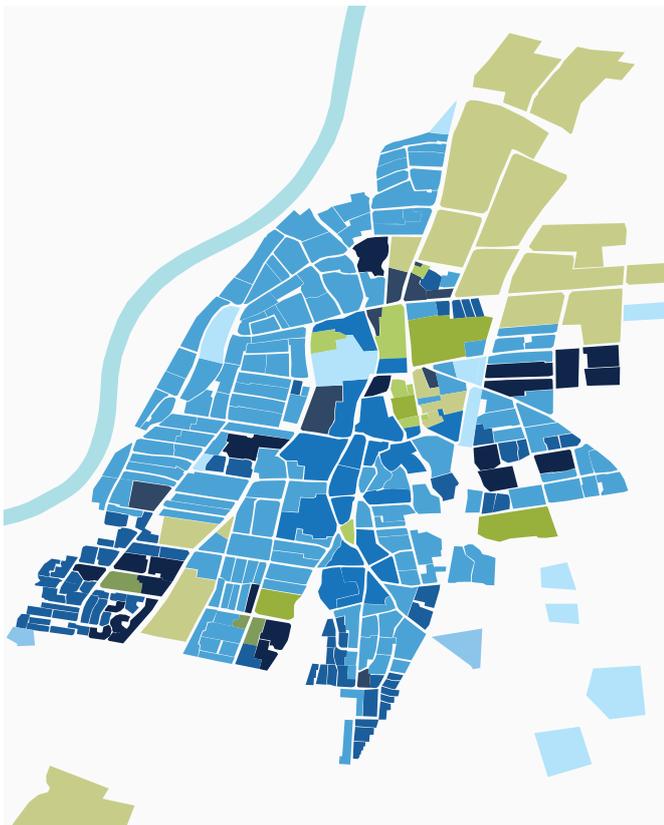
4.1.1 Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung

Bei der Methode der siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung wird das gesamte Gemeindegebiet in entsprechende Siedlungseinheiten mit gleicher Gebäudetypologie eingeteilt. In diesem Verfahren werden charakteristische Siedlungstypologien mit einem bestimmten statistischen Wärmebedarfswert hinterlegt (s. Tabelle 4.1). Das Gebäudealter ist bereits in die Literaturwerte, auf die zurückgegriffen wird, eingearbeitet [6], [13].

Die jeweilige Einteilung erfolgt anhand von digitalen Flurkarten, Flächennutzungs- und Bebauungsplänen, Luftbildern und einer groben Vor-Ort Begehung.

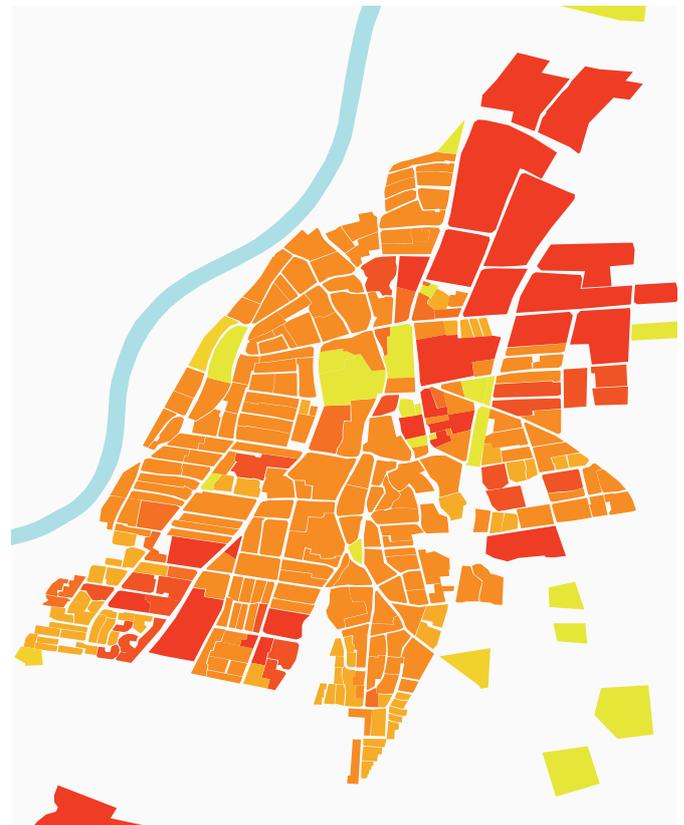
Die siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung eignet sich vor allem in großen Gemeinden und Städten, da der Zeitaufwand im Vergleich zur gebäudebezogenen Wärmeermittlung geringer ist. Die Ergebnisse fallen anhand der Generalisierung jedoch weniger genau aus.

Da bei der siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung keine personenbezogenen Daten verwendet werden, ist der Datenschutz sichergestellt.



ST 0	freistehende Einzelgebäude
ST 1	lockere offene Bebauung (Streusiedlung)
ST 2	Einfamilienhaus- und Doppelhaussiedlung
ST 3b	ländlicher Dorfkern
ST 4	Reihenhäuser
ST 5a	Siedlung kleiner Mehrfamilienhäuser
ST 5b	Zeilenbebauung mit kleinen und großen MFH
ST 6	Zeilenbebauung mit großen MFH oder Hochhäusern
ST 10a	Öffentliche Sonderbauten, groß
ST 10b	Öffentliche Sonderbauten, klein
ST 11b	gewerbliche Sonderbauten / Dienstleistungsbauten
ST 12	sonstige Versorgungsgebiete

Abb. 4.2: Bestimmung der Siedlungstypologie in Ismaning



< 150 MWh/(h · a)
150 - 300 MWh/(h · a)
300 - 450 MWh/(h · a)
450 - 600 MWh/(h · a)
600 - 750 MWh/(h · a)
750 - 900 MWh/(h · a)
> 900 MWh/(h · a)

Abb. 4.3: Siedlungsbezogen ermittelte Wärmebedarfskarte

Tabelle 4.1: spezifische Wärmebedarfswerte (Nutzenergie) von Siedlungstypen [6], [13]

Siedlungstyp	Beschreibung	Gebäudegrundfläche	Geschosse	Anzahl Gebäude pro ha	Wärmebedarf [MWh/(ha*a)]
ST 0	freistehende Einzelgebäude	bis 250 m ²	1,5 - 2,5	0,05	k.A.
ST 1	lockere offene Bebauung	bis 255 m ²	2	7,7	255
ST 2	Einfamilienhaus - und Doppelhaussiedlung	bis 230 m ²	1,5 - 2,5	12,6	456
ST 3a	städtischer Dorfkern	bis 480 m ²	bis zu 8	15,6	525
ST 3b	ländlicher Dorfkern	bis 480 m ²	1,5 - 2	15,6	506
ST 4	Reihenhäuser	bis 110 m ²	1,5 - 2,5	19,14	425
ST 5a	Siedlung kleiner Mehrfamilienhäuser	bis 350 m ²	2 - 3	15,24	645
ST 5b	Zeilenbebauung mit kleinen und großen MFH	bis 210 m ²	3 - 5	11,7	785
ST 6	Zeilenbeb. mit großen MFH oder Hochhäusern	bis 1.108 m ²	bis ca. 16	7,2	1.013
ST 7a	Blockbebauung niedriger Dichte	bis 1.100 m ²	3 - 5	15,41	1.043
ST 7b	dichte Blockbebauung	bis 2.000 m ²	3 - 5	14,84	1.065
ST 8	Citybebauung	bis 8.585 m ²	bis ca. 6	9,01	1.178
ST 9	historische Altstadt	bis 2.340 m ²	bis 3,5	22,93	1.012
ST 10a	öffentliche Sonderbauten, groß	bis 8.430 m ²	bis Hochhaushöhe	2,26	1.017
ST 10b	öffentliche Sonderbauten, klein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
ST 11a	Industriebauten mit Produktion	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
ST 11b	gewerbliche Sonder- /Dienstleistungsbauten	bis 18.000 m ²	k.A.	3,4	12.53
ST 12	sonstige Versorgungsgebiete	bis 750 m ²	k.A.	0,32	k.A.

4.1.2 Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung

Die Methode der gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung basiert darauf, jedem einzelnen Gebäude im gesamten Gemeindegebiet einen individuellen Wert zuzuordnen. Dies bedeutet natürlich einen erheblichen Zeitaufwand, ist jedoch auch deutlich präziser als die siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung. Grundlage ist die Einteilung eines jeden Gebäudes in die Nutzung, den Gebäudetyp und die Baualtersklasse. Diese Einteilung beruht auf der Tatsache, dass Gebäude der gleichen Typologie und des gleichen Baualters oft ähnliche Bauweisen, Materialien und Bauformen aufweisen und folglich einen vergleichbaren Wärmebedarf haben.

In einem ersten Schritt ist die Nutzung des Gebäudes zu bestimmen: Handelt es sich um ein Wohngebäude, um einen Büro-, Handel- bzw. Industriebau?

Wohngebäude werden dabei unterteilt in Einfamilienhäuser (EFH), Doppelhäuser (DHH), Reihenhäuser (RH), Mehrfamilienhäuser (MFH) mit bis zu 6 Wohneinheiten, große Mehrfamilienhäuser (GMH) mit bis zu 12 Wohneinheiten sowie Hochhäuser (HH). Kleine büroähnliche Betriebe können in Bezug auf ihren Energiebedarf mit Wohngebäuden gleich gesetzt und die entsprechenden Werte von Wohngebäuden für die Berechnung verwendet werden.

Die Einteilung in die verschiedenen Baualtersklassen richtet sich nach der Studie „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts Wohnen und Umwelt [4] und unterscheidet nach zehn Baualtersklassen (Baualter A - J).



Abb. 4.4: Rasterung mit dem durchschnittlichen Baualter

Tabelle 4.2: Spezifische Heizwärmebedarfswerte für Wohngebäude (Nutzenergie), [KWh/m²a]; [4]

Baualter	Baujahr	EHF DHH	RH	MFH	GMH	HH
		[KWh/m²a]				
A	vor 1918 Fachwerk	210		241		
B	vor 1918	250	204	180	159	
C	1919-1948	194	166	193	164	
D	1949-1957	223	163	211	173	
E	1957-1968	166	135	168	172	119
F	1969-1978	182	159	139	140	103
G	1979-1983	120	129	118	116	
H	1984-1994	140	97	122	82	
I	1995-2001	101	89	98	73	
J	ab 2002	72	70	65	51	

Tabelle 4.3: Spezifische Brauchwarmwasserbedarfswerte für Wohngebäude, [KWh/m²a] [13]

Baualter	Baujahr	EHF DHH	RH	MFH	GMH	HH
		[KWh/m²a]				
A	vor 1918 Fachwerk	21	18	24	27	k.A., ersatzweise können die Werte für das GMH veranschlagt werden
B	vor 1918	21	18	24	27	
C	1919-1948	20	20	29	33	
D	1949-1957	19	20	25	28	
E	1957-1968	18	20	20	24	
F	1969-1978	16	20	23	18	
G	1979-1983	14	16	20	18	
H	1984-1994	19	21	21	21	
I	1995-2001	19	19	21	21	
J	ab 2002	k.A., ersatzweise können die Werte für das Baualter I veranschlagt werden				

Rechenbeispiel

für ein 3-geschossiges Mehrfamilienhaus aus dem Jahr 1972 mit 120 m² Gebäudegrundfläche und neuen Fenstern

--> Gebäudetyp: MFH; Baualterklasse: F

$$(139 \text{ KWh/m}^2\text{a} + 23 \text{ KWh/m}^2\text{a} - 14 \text{ KWh/m}^2\text{a}) \cdot 120 \text{ m}^2 \cdot 3 \cdot 0,8 = 42.624 \text{ KWh/a}$$

Aus der Kombination Typologie und Baualter lassen sich aus den Tabellen 4.2 und 4.3 spezifische Werte des Heizwärmebedarfs und des Brauchwarmwasserbedarfs ermitteln. Die jeweiligen Werte werden nun mit der Energiebezugsfläche (entspricht der Gesamtwohnfläche) des Gebäudes multipliziert, um den Gesamtwärmebedarf pro Jahr zu erhalten. Ist die Gesamtwohnfläche nicht bekannt, wird der Wert für die Energiebezugsfläche wie folgt berechnet:

$$\text{Gebäudegrundfläche} \cdot \text{Geschossanzahl} \cdot 0,8$$

Berechnet werden alle Vollgeschosse außer dem Keller. Das Dachgeschoss unter Schrägdächern wird als halbes Geschoss gerechnet.

Als weiterer Faktor wird der Sanierungsgrad des Gebäudes mit einbezogen. Ist bekannt oder ersichtlich, dass bestimmte Sanierungsmaßnahmen an einem Gebäude durchgeführt worden sind (z.B. Wanddämmung), müssen entsprechende Abschlagswerte einberechnet werden (s. Tabelle 4.4). Sind zu dem Gebäude keine Informationen zum Sanierungszustand bekannt, wird ein für das jeweilige Baualter typischer Gesamt-sanierungszyklus von 30 bis 65 Jahren angenommen und der entsprechende Wert aus Tabelle 4.4 abgezogen.

Nicht-Wohngebäude haben wegen ihrer extremen Vielfalt von Nutzungen einen viel unterschiedlicheren Wärmebedarf. In der vorliegenden Forschungsarbeit werden die in der Gemeindestruktur Ismaning existierenden Nicht-Wohngebäude aus Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) in folgende Verbraucherklassen unterteilt: Einzel- und Großhandel (GHA), betriebliche Dienstleistungen (GBD), Gebietskörperschaften, Kreditinstitute, Versicherungen, Organisationen (GKO) und Gaststätten (GGA).

Anhand Tabelle 4.5 wird nach der entsprechenden Verbraucherklasse der Energieverbrauch ermittelt. Industriegebäude sind in der Gemeinde nicht vorhanden und werden deswegen nicht behandelt.

Tabelle 4.4: Spezifischer Abschlag je Sanierungsmaßnahme nach Gebäudetyp und Baualter, [KWh/m²a], [4]

Gebäudetyp	neue Fenster	Dachdämmung	Wanddämmung	Kellerdeckendämmung	Gesamt-sanierung
	[KWh/m ² a]				
EFH					
EFH A	-17	-45	-59	-9	-130
EFH B	-5	-26	-105	-24	-160
EFH C	-6	-34	-64	-13	-117
EFH D	-7	-59	-47	-16	-129
EFH E	-10	-24	-43	-15	-93
EFH F	-6	-23	-52	-11	-92
EFH H	-8	-8	-39	-4	-59
RH					
RH B	-9	-23	-62	-14	-108
RH C	-12	-15	-42	-20	-89
RH D	-14	-18	-32	-12	-76
RH E	-6	-25	-29	-10	-70
RH F	-35	-14	-19	-14	-82
RH G	-10	-17	-16	-9	-52
RH H	-8	-6	-15	-5	-34
MFH					
MFH A	-5	-50	-89	-6	-150
MFH B	-8	-51	-33	-12	-104
MFH C	-21	-27	-53	-9	-110
MFH D	-11	-35	-56	-28	-130
MFH E	-8	-42	-42	-8	-100
MFH F	-14	-14	-25	-12	-65
MFH G	-9	-7	-28	-6	-50
MFH H	-12	-2	-31	-3	-48
GMH					
GMH B	-12	-45	-26	-7	-90
GMH C	-9	-10	-65	-8	-92
GMH D	-9	-25	-55	-10	-99
GMH E	-37	-5	-60	-2	-104
GMH F	-9	-8	-53	-4	-74
GMH G	-9	-7	-28	-6	-50
GMH H	-12	-2	-31	-3	-448
HH					
HH E	-18	-2	-30	-1	-51
HH F	-10	-1	-31	-1	-43

Stehen bei der Erstellung der Wärmebedarfsdichte für das entsprechende Gebäude (Wohngebäude als auch Nicht-Wohngebäude) reale Verbrauchswerte zur Verfügung, werden auf Grund des tatsächlichen Verbrauchs diese für die Berechnung des Wärmebedarfs verwendet.

Tabelle 4.5: Spezifische Wärmebedarfswerte für den Sektor GHD (Nutzenergie), [KWh/m²a], [5], [14], [15], [34]

Verbraucher- klassen	Baualter	Kennwert [KWh/m²a]
GHA		66
GBD + GKO	A - C	137
	D - F	150
	G + H	88
	I + J	68
GGA		177

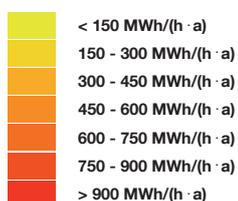
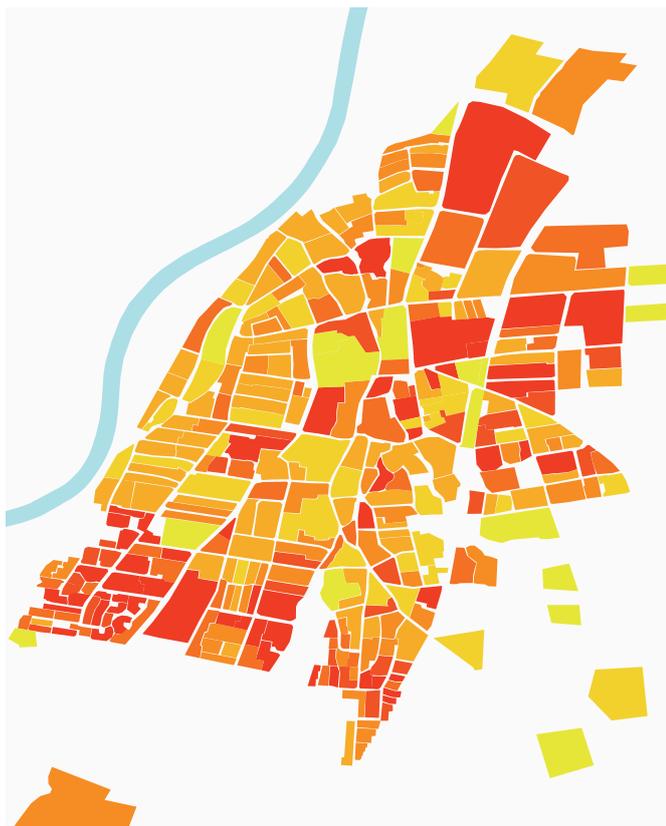


Abb. 4.5: Wärmebedarf aller Wohn- und Nicht-Wohngebäude nach Baualterklassen

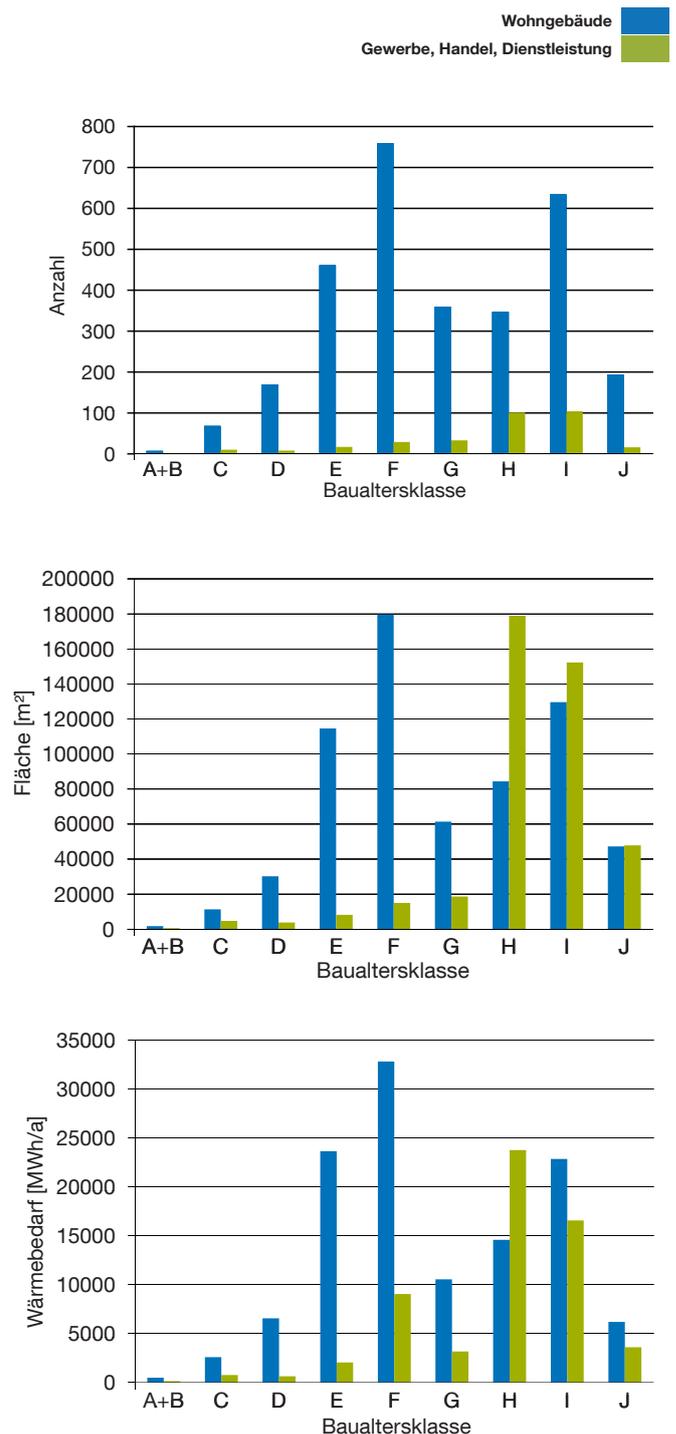


Abb. 4.6: Verteilung der Baualterklassen aller Wohn- und Nicht-Wohngebäude nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf

In jeder Rastereinheit wird die Summe aller Wärmebedarfswerte ermittelt und durch die Gesamtfläche der Rastereinheit dividiert. Somit erhält jedes Raster einen individuellen Durchschnittswert, der analog zur siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung mit einer entsprechenden Farbe versehen wird (s. Abb. 4.5).

Die weitere Bearbeitung des Energienutzungsplans für die Gemeinde Ismaning sowie alle weiteren Berechnungen nehmen wegen der weitaus höheren Genauigkeit die Werte der gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung als Grundlage.

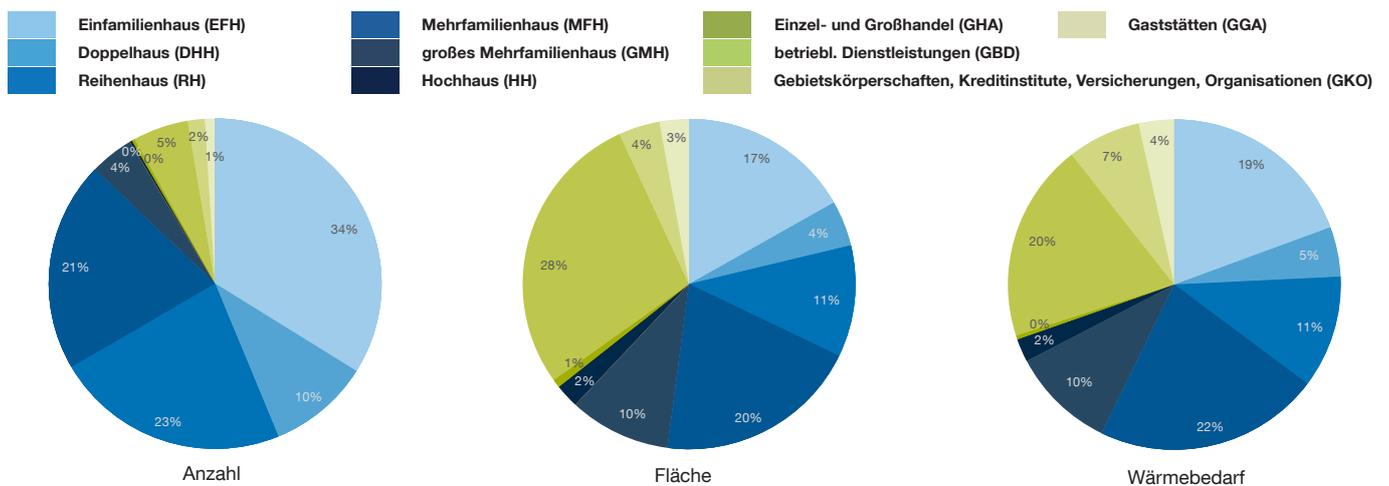


Abb. 4.7: Prozentualer Anteil der verschiedenen Typologien nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf

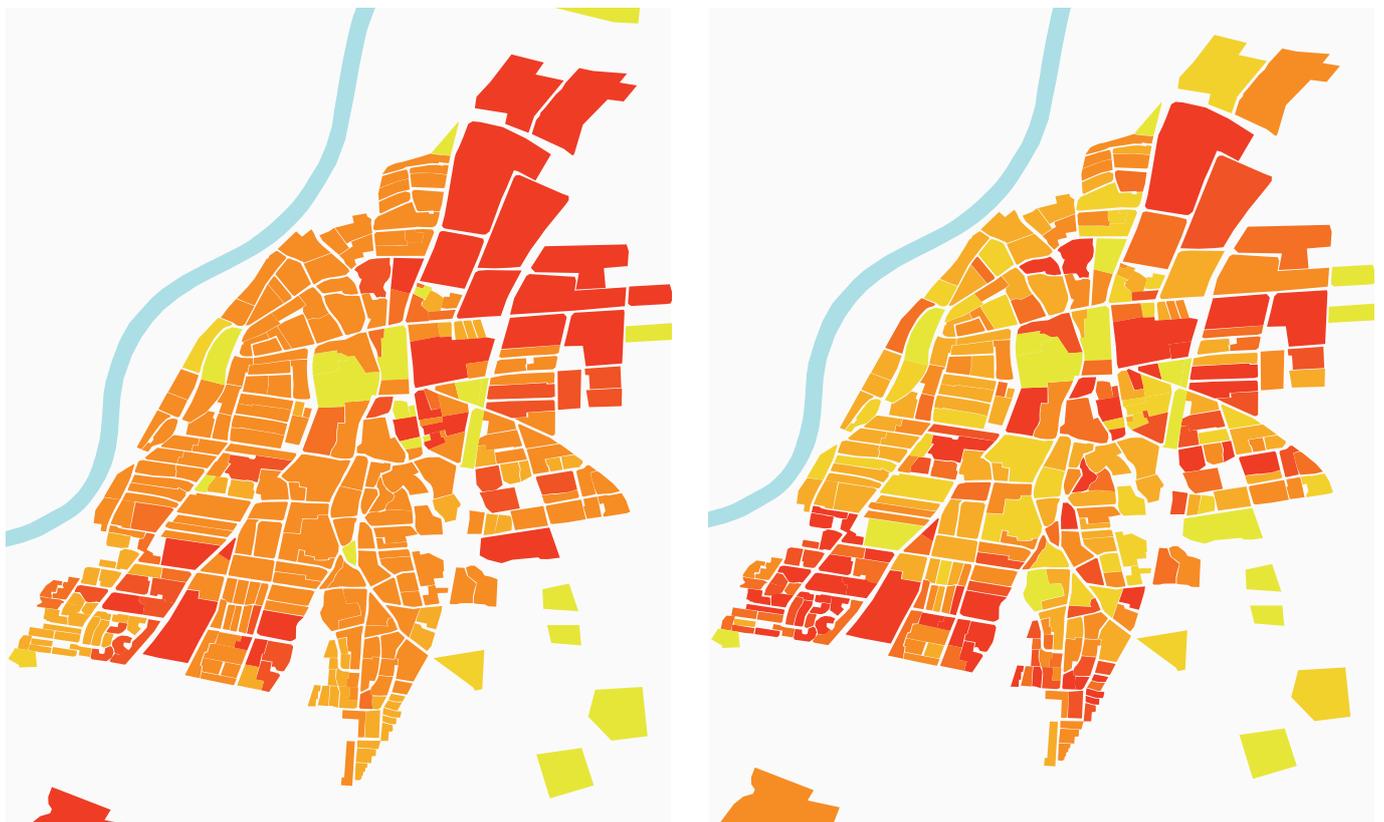


Abb. 4.8: direkter Vergleich der Wärmebedarfsverteilung nach siedlungsbezogener (links) und gebäudebezogener (rechts) Wärmebedarfsermittlung

4.1.3 Wärmebedarfsermittlung für das Jahr 2030

Um einen zukunftsfähigen Energienutzungsplan für die Gemeinde Ismaning zu erstellen und auch langfristig sinnvolle und wirtschaftliche Konzepte zu entwickeln, liefern aktuelle Wärmebedarfskarten die Grundlage zur Berechnung des zukünftigen Energiebedarfs. Eine tatsächliche Entwicklung ist nicht genau vorhersehbar, da viele Parameter wie z.B. die Energiekosten stark schwanken. In einem Zukunftsszenario für das Jahr 2030 wird der Bevölkerungszuwachs und die Entstehung von Neubaugebieten ebenso berücksichtigt wie der Rückgang des Energieverbrauchs durch Sanierung des Gebäudebestands.

Das aktuelle Sanierungspotential aller Gebäude wird in Abbildung 4.9 dargestellt. Grundlage sind die Aufzeichnungen aus der Vor-Ort-Begehung, in denen der Sanierungsbedarf von Fenster, Fassade und Dach bzw. aller drei Komponenten des Gebäudes bewertet wird. Das entsprechende Gebäude wird als sanierungsbedürftig eingestuft, wenn zwei oder mehr Elemente erneuert werden sollten.

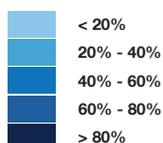
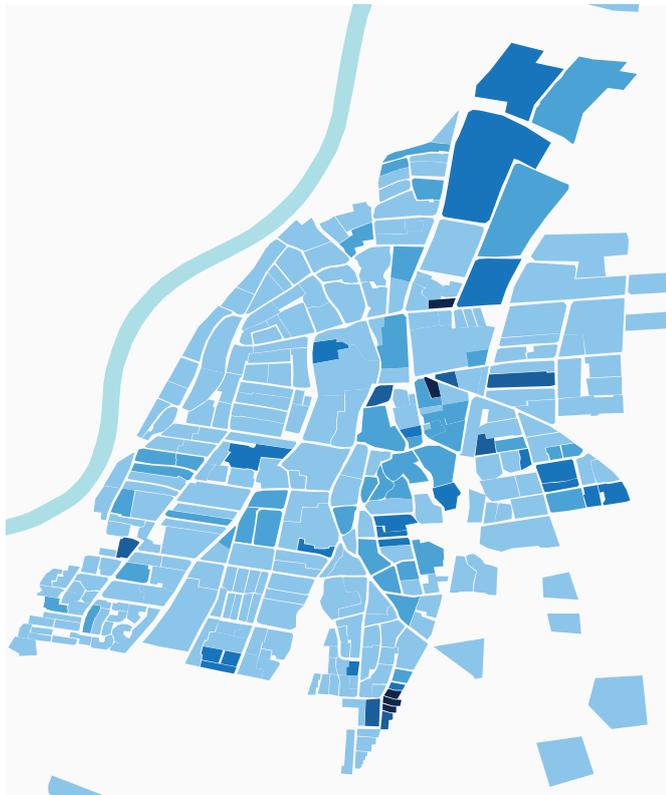


Abb. 4.9: Sanierungspotential im Gemeindegebiet

Die Berechnungsgrundlage für den Wärmeenergiebedarf im Jahr 2030 liefern Daten aus dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen [16]. In diesem wird der Sanierungszyklus für Gebäude aus den 60-er und 70-er Jahren, die den Großteil des vorhandenen Gebäudebestands ausmachen (siehe Abb. 4.6), mit 30 Jahren angenommen.

Dieser Sanierungszyklus wird an allen Gebäuden im Gemeindegebiet angewandt und die neuen Wärmebedarfsberechnungen mit den entsprechenden Abschlagswerten für Vollsanierungen aus Tabelle 4.4 (S. 28) neu berechnet.

Ausgehend von der gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung reduziert sich der Gesamtenergiebedarf von heute 210 GWh/a auf 97 GWh/a im Jahr 2030 (s. Abb. 4.10). Dies entspricht einer jährlichen Abnahme der Energiebedarfsdichte im Mittel von ca. 2,5%.

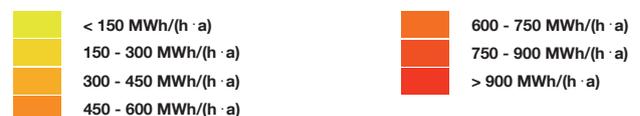
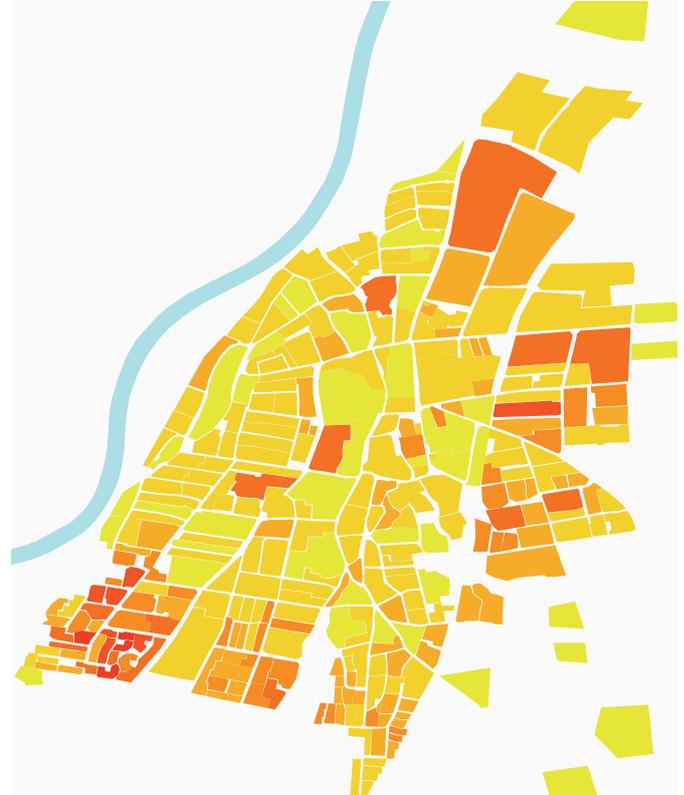


Abb. 4.10: Wärmebedarfsdichte im Jahr 2030

4.2 Energieinfrastruktur

Die Bestandsanalyse umfasst neben der Wärmebedarfsermittlung auch eine umfangreiche Untersuchung der aktuell in Ismaning bestehenden energetischen Infrastruktur. Sie bildet eine Grundlage für die Entwicklung von Energiekonzepten.

Ziel ist es, möglichst alle Energieerzeugungsanlagen sowie alle Netzstrukturen zum Energietransport aufzunehmen. Hauptquelle dazu sind Angaben der Gemeindewerke Ismaning. Zusätzliche Daten über die Kaminkehrer-Innung Oberbayern mit einzubeziehen ist nicht möglich.

Auch hier werden Ergebnisse der Vor-Ort-Begehung und die Analyse von zur Verfügung stehenden Luftbildern, vor allem für die Bestimmung der Solarenergie, mit berücksichtigt.

Für eine einheitliche Darstellung der Ergebnisse wird auf die Rasterung der Wärmebedarfskarten zurückgegriffen. Folgende Energieinfrastrukturkarten werden erstellt:

- Anschlussgrad an bestehende Fernwärmenetze
- Versorgungsgrad mit Gas
- Verteilung der vorhandenen Wärmepumpen über das Gemeindegebiet
- Verteilung der vorhandenen Elektroheizungen über das Gemeindegebiet
- Verteilung der vorhandenen Solarthermie- und Photovoltaikanlagen
- Lage der vorhandenen Wasserkraftwerke



Abb. 4.11: Detaillierte Informationen über bestehende Nahwärmenetze

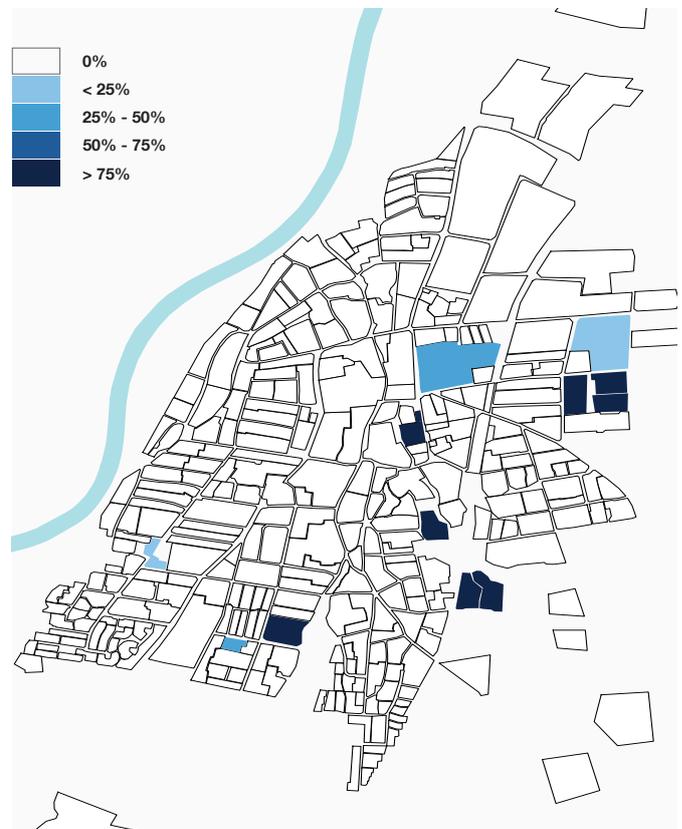


Abb. 4.12: Anschlussgrad bestehender Fernwärmenetze

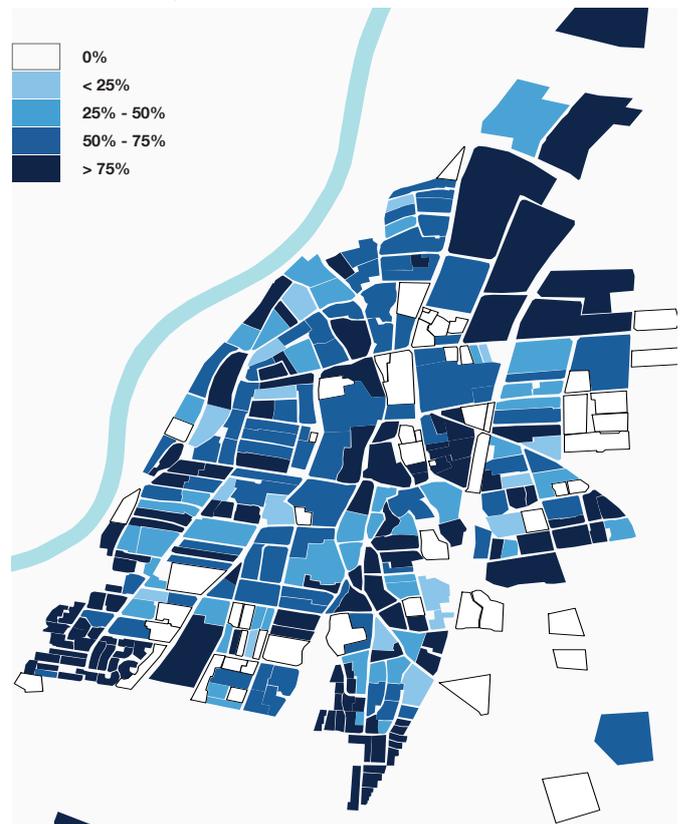


Abb. 4.13: Versorgungsgrad mit Gas

Aus diesen Erkenntnissen der Energieinfrastruktur lassen sich weitreichende Schlussfolgerungen für die vertiefte Bearbeitung in der Konzeptphase erstellen. So ist z.B. das Vorhandensein bereits bestehender Wärmenetze in der Mayerhoferstraße, dem Wendelsteinring und in der nahen Umgebung des alten Schwimmbades interessant. Sie können als Keimzellen für den Fernwärmenetzausbau dienen.

Auch die Erfassung der bereits für Solarthermie und Photovoltaik genutzten Dachflächen ist wichtig, da hier ein sehr großes Potenzial vorliegt (vgl. Kapitel 4.3.1).

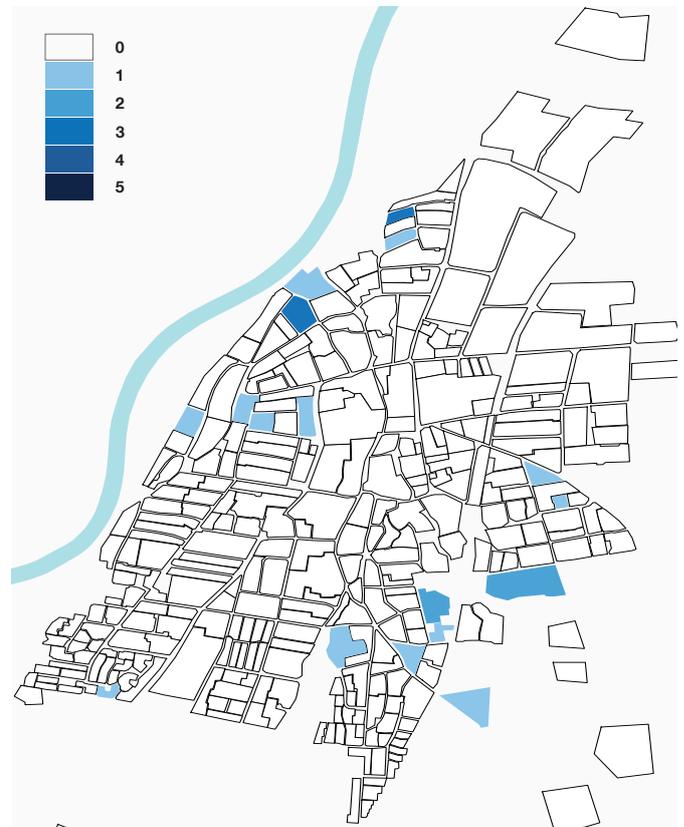


Abb. 4.15: Anzahl vorhandener Wärmepumpen

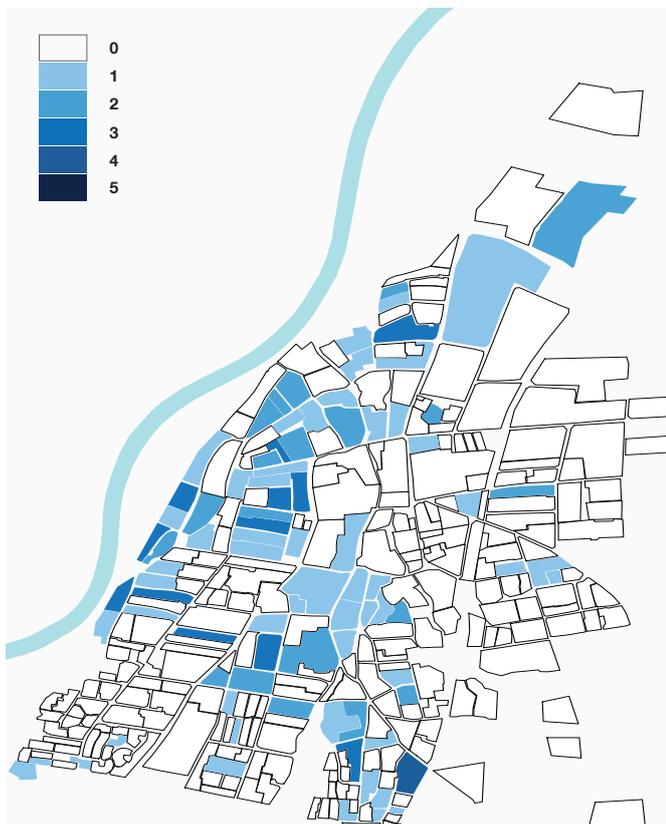


Abb. 4.14: Anzahl vorhandener Elektroheizungen

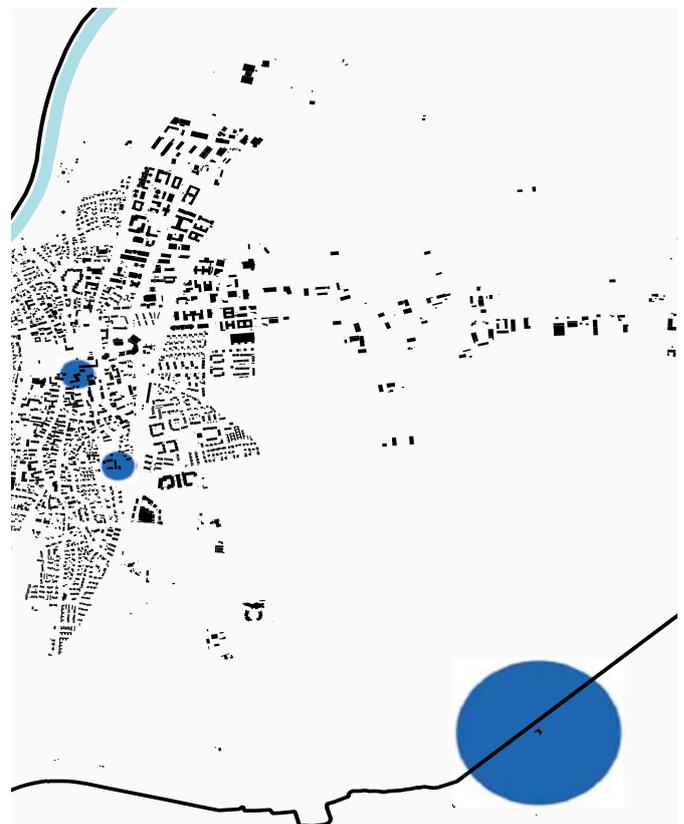


Abb. 4.16: vorhandene Wasserkraftwerke

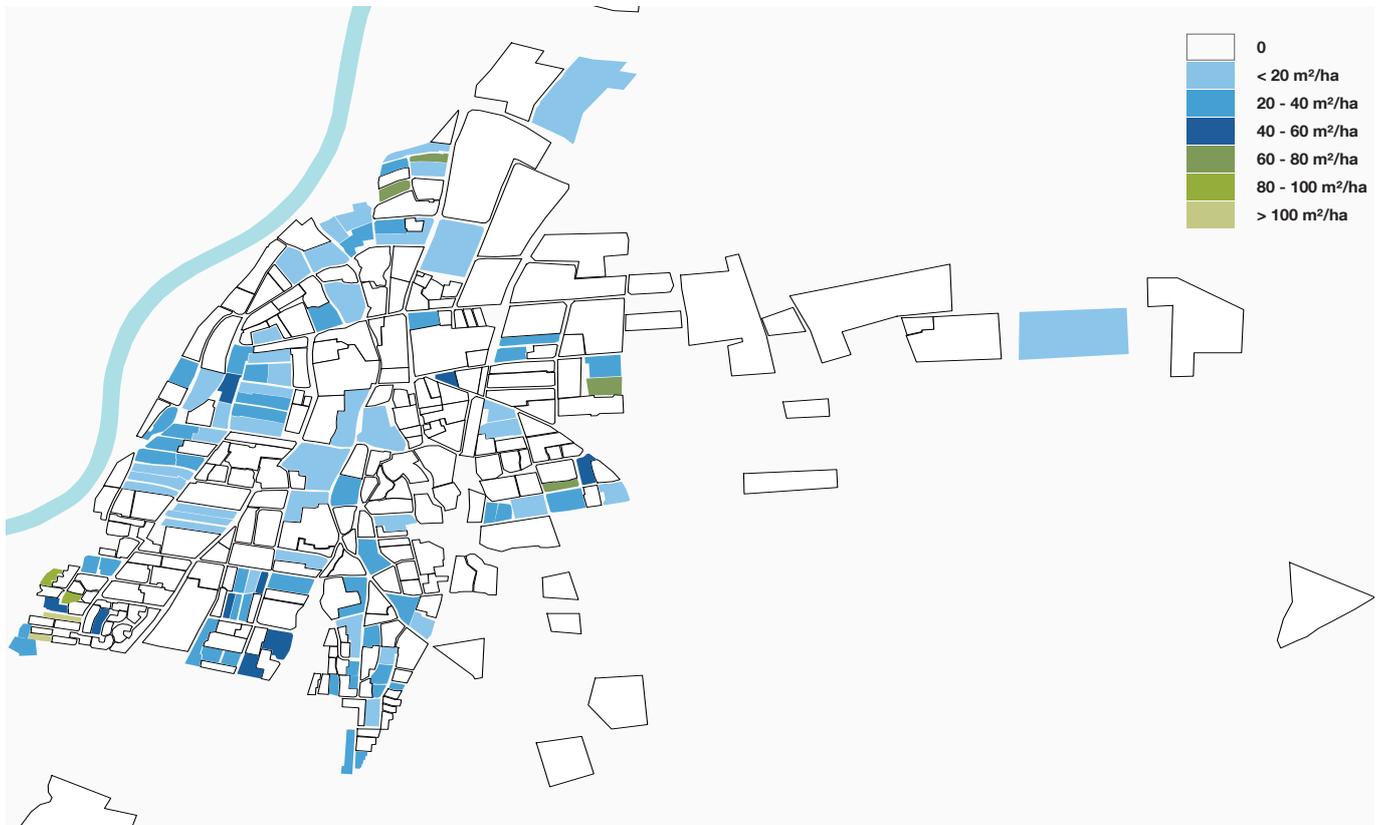


Abb. 4.17: Verteilung der vorhandenen Solarthermieanlagen

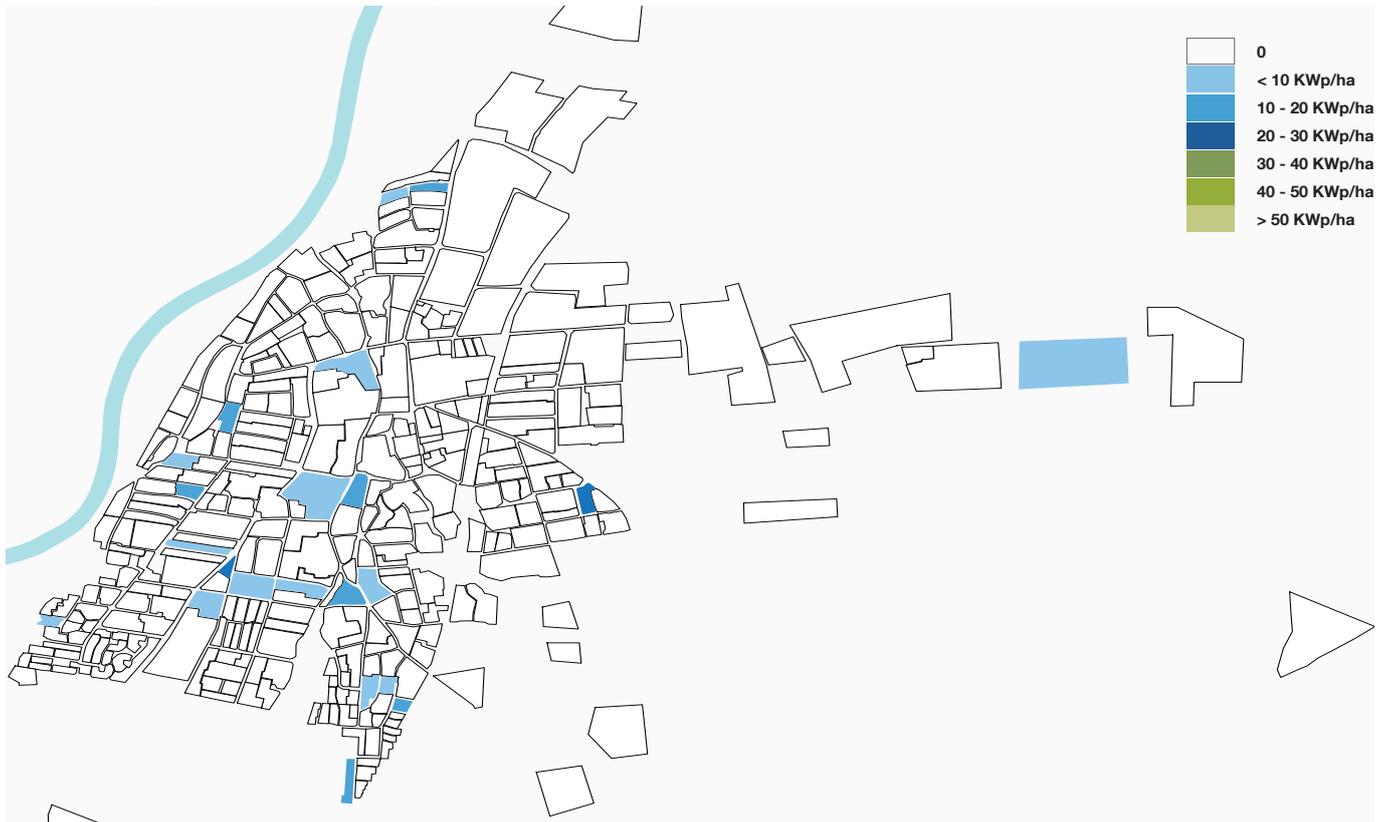


Abb. 4.18: Verteilung der vorhandenen Photovoltaikanlagen

4.3 Energiepotenziale

Ein Hauptziel des Energienutzungsplans ist es Konzepte zu definieren, die eine optimale Nutzung der vorhandenen Potenziale Vor-Ort ermöglichen. Deswegen ist eine möglichst vollständige Erfassung der im Gemeindegebiet verfügbaren energetischen Ressourcen mit den daraus gewinnbaren Energiemengen entscheidend. Dies wird über existierende quellenspezifische Methoden für die Gemeinde Ismaning durchgeführt.

4.3.1 Solarenergie

Das Potenzial an Solarenergie versteht sich hier als die Menge an Energie (Wärme und Strom), die durch die aktive Energienutzung (Solarthermie- bzw. Photovoltaik-Anlagen) und entsprechend dem Stand der Technik in der Gemeinde gewonnen werden kann.

Auf die gesamte horizontale Fläche des Gemeindegebiets Ismaning trifft durch solare Einstrahlung eine Energiemenge in der Größenordnung von 46.300 GWh/a. Dieses theoretische Potenzial kann nur zum Teil durch Anlagen in nutzbare Wärme oder Strom umgewandelt werden. Man spricht hier vom technischen Potenzial.

Im Rahmen dieser Analyse werden ausschließlich geeignete Dachflächen von Hauptgebäuden für die Installation von Solarthermie- oder Photovoltaik-Anlagen betrachtet. Die Möglichkeit einer Nutzung verfügbarer Freiflächen zu diesem Zweck wird aufgrund vielfältiger möglicher anderweitiger Nutzungen (z.B. durch die Landwirtschaft) ausgeschlossen.

In Anlehnung an den Wärmeatlas Baden-Württemberg [5] und den Leitfaden Energienutzungsplan [12] kann das Solarpotenzial auf den Dachflächen in verschiedenen Genauigkeitsstufen erhoben werden. Eine höhere Genauigkeit bedeutet hierbei auch einen höheren Zeitaufwand.

Im vorliegenden Projekt wird in einem ersten Schritt die Methode geringer Genauigkeit aus dem Leitfaden Energienutzungsplan [12] angewendet. Diese ermittelt eine gesamte, auf Dachflächen nutzbare Solareinstrahlung auf Basis der gesamten Gebäudegrundfläche der Gemeinde unter Anwendung einer Strahlungszonen-spezifischen Kennzahl. Diese Kennzahl definiert die gewinnbaren Energiemengen bezogen auf die Gebäudegrundflächen und ist auf Basis von detaillierten Analysen der Dachflächen in Beispielgemeinden entwickelt worden. Daraus ergibt sich eine nutzbare Solareinstrahlung in Höhe von 426.101 MWh/a. Dieses Ergebnis erlaubt eine erste Abschätzung der Größen-

ordnung solar gewinnbarer Energie. Es enthält jedoch keine Betrachtung der konkreten Nutzung (Solarthermie oder Photovoltaik) oder der Effizienz der Anlagen (Jahresnutzungsgrad).

Zur genaueren Untersuchung des Solarpotenzials werden in einem zweiten Schritt aus aktuellen Luftbildern alle geeigneten und verfügbaren Dachflächen entsprechend ihrer Orientierung gebäudeweise heraus gemessen und daraus das Potenzial ermittelt (Methode höherer Genauigkeit). Nord, Nord-West und Nord-Ost Flächen werden aufgrund ihrer geringeren Eignung für die Solarenergiegewinnung von der Betrachtung ausgeschlossen. Die nutzbare Solareinstrahlung wird gebäudespezifisch unter Betrachtung der tatsächlichen Dachorientierung und unter Annahme einer Dachneigung von 30° berechnet. Für Flachdächer wird eine Orientierung nach Süden mit einer Kollektorneigung von 30° und dem benötigten Mindestabstand zwischen den Kollektoren angenommen. Der Mindestabstand ergibt sich dabei aus der auszuschließenden Eigenverschattung der Kollektoren. Verschattung aufgrund von Bäumen oder zwischen den Gebäuden wird nicht betrachtet.

Abbildung 4.19 zeigt alle Dachflächen derjenigen Häuser, die für die Nachrüstung von Sonnenkollektorflächen bzw. Photovoltaikanlagen geeignet sind. Unter Anwendung statistischer jährlicher Werte für Solareinstrahlung, aufgeschlüsselt nach Orientierung und Neigung, kann je Gebäude eine nutzbare jährliche Solarenergiemenge ermittelt werden. Diese beträgt aufsummiert für die gesamte Gemeinde 495.577 MWh/a. Damit zeigt sich eine befriedigende Übereinstimmung der Ergebnisse aus beiden Methoden.

Die ermittelte Energiemenge kann entweder zur Wärme- (Solarthermie) oder zur Stromerzeugung (Photovoltaik) mit entsprechenden Anlagen genutzt werden. Für die praktische Verteilung zwischen diesen zwei Nutzungen wird davon ausgegangen, dass mit Solarthermieanlagen im Schnitt 60 % der Trinkwarmwasserbereitung der Gebäude abgedeckt werden kann. Der Rest der geeigneten Dachflächen findet in diesem Szenario für Photovoltaik Verwendung. Durch Anwendung entsprechender Anlagen-Jahresnutzungsgrade ergibt sich daraus ein Solarthermie-Potenzial von 9.218 MWh/a und ein Photovoltaik-Potenzial von 41.836 MWh/a.

Aufgrund der zeitlichen Diskrepanz zwischen der Nachfrage an Heizwärme und der Wärmeerzeugung aus Solarthermieanlagen wird die solare Heizungsunterstützung ohne Langzeitspeicherung für wenig sinnvoll erachtet und deshalb hier nicht weiter betrachtet.

Zusätzlich werden von den Gemeindewerken Ismaning Daten von bereits installierten Solarthermie-Anlagen und ans Netz angeschlossenen Photovoltaikanlagen zur Verfügung gestellt. Die dadurch erzeugten Wärme- bzw. Strommengen werden den ermittelten Wärme- und Strompotenzialen gegenübergestellt. Es ergibt sich, dass ca. 8,7 % des Wärmepotenzial und 1,2 % des Strompotenzial auf Dachflächen durch bereits bestehende Anlagen ausgeschöpft ist.

Alle Ausgangsdaten, Parameter und Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse können den Tabellen 4.6 bis 4.9 entnommen werden.

Tabelle 4.6: Ausgangsdaten - Solarpotenzial

Ausgangsdaten - Solarpotenzial		
Gemeindefläche	km ²	40,19
Summe aller Gebäudegrundfläche in der Gemeinde (Hauptgebäude)	m ²	626.620
Gesamte Trinkwarmwasserbedarf in der Gemeinde	MWh/a	15.364

Tabelle 4.7: Betrachtete Parameter - Solarpotenzial

Betrachtete Parameter - Solarpotenzial [12], [17]		
jährliche Solareinstrahlung pro m ² horizontaler Fläche	kWh/m ² .a	1.151
jährliche Solareinstrahlung pro m ² Südfläche, 30°-Neigung	kWh/m ² .a	1.348
Nutzbare Solareinstrahlung pro m ² Gebäudegrundfläche	kWh/(m ² _{GF} .a)	680
Jahresnutzungsgrad Solarthermie	%	30
Jahresnutzungsgrad Photovoltaik	%	9
Jährlicher Deckungsgrad des Trinkwarmwasserbedarfs mit Solarthermie	%	60

GF= Gebäudegrundfläche

Tabelle 4.8: Solarpotenzial

Ergebnisse - Solarpotenzial		
Theoretisches Potenzial	MWh/a	46.339.070
Nutzbare Solareinstrahlung (Methode geringer Genauigkeit)	MWh/a	426.101
Nutzbare Solareinstrahlung (Methode höherer Genauigkeit)	MWh/a	495.577
Solarthermie-Potenzial (Methode höherer Genauigkeit)	MWh/a	9.218
Photovoltaik-Potenzial (Methode höherer Genauigkeit)	MWh/a	41.836

Tabelle 4.9: Schon genutztes Solarpotenzial

Schon genutztes Solarpotenzial		
Vorhandene Solarthermie-Anlagen (Kollektor-Fläche)	m ²	1.992
jährliche Wärmeerzeugung, Solarthermie-Anlagen	MWh/a	781
Schon genutztes Solarthermie-Potenzial	%	8,7
jährliche Stromerzeugung vorhandener Photovoltaik-Anlagen (2008)	MWh/a	502
Schon genutztes Photovoltaik-Potenzial	%	1,2

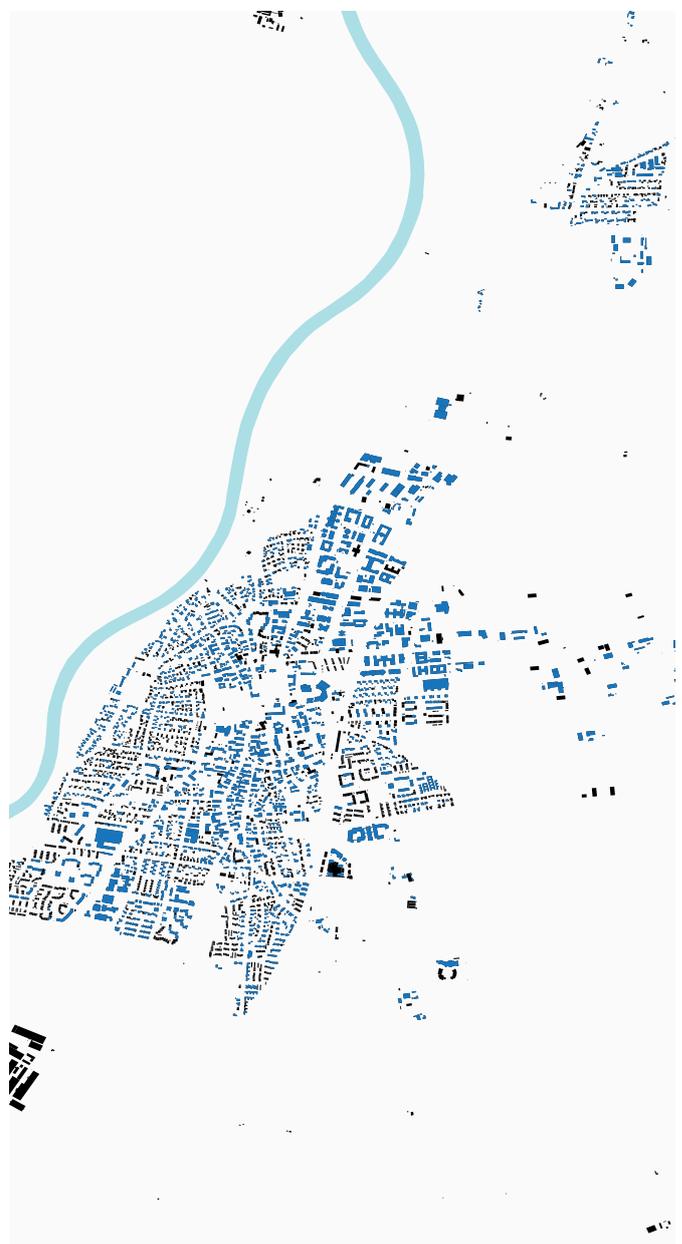


Abb. 4.19: Gut geeignete Dachflächen zur solaren Nutzung (blau dargestellt)

4.3.2 Biomasse

Ziel ist es zu evaluieren, wie viel Energie (Strom und Wärme) aus der Verwertung von forstwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Produkten sowie aus biogenen Reststoffen auf dem Gemeindegebiet gewonnen werden kann.

Potenzial Landwirtschaft

Das landwirtschaftliche Potenzial ist stark von der Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche abhängig. Welcher Anteil dieser Fläche für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden könnte, hängt von vielen Parametern ab (Umweltverträglichkeit, Aufteilung zwischen Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion, etc.). Da es keine einheitliche Meinung darüber gibt, welcher Prozentsatz an landwirtschaftlichen Flächen für Energiepflanzen (im Gegensatz zu Nahrungs- und Futtermitteln) verwendet werden kann, muss dies im Einzelfall in enger Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft abgestimmt werden. Es entstehen in jedem Fall Spannungen zwischen Energieversorgung und Nahrungsproduktion.

In diesem Projekt wird deswegen keine feste Empfehlung gegeben, welcher Anteil der landwirtschaftlichen Fläche für die Energieerzeugung genutzt werden sollte. Es werden lediglich die bereits genutzten Potenziale ausgewiesen. Die entsprechend in Anspruch genommene Fläche wird umgerechnet und dem Anteil der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland, die zum Anbau von Energiepflanzen genutzt wird, gegenübergestellt.

Neben der von der Gemeinde geplanten Biogasanlage auf dem Gut Goldachhof im Osten besteht bereits eine Biogasanlage auf dem Gut Karlshof im Ortsteil Fischerhäuser. Das Gut Karlshof ist ein Mastbetrieb der Stadt München zur Ochsenhaltung. Die Biogasanlagenlage, die ursprünglich auf die Vergasung der anfallenden Gülle ausgelegt worden ist, hat 1999 eine Erweiterung von 140 kW elektrischer Leistung auf 420 kW erfahren. Zusätzlich zur Gülle werden nun Mais und Getreide als Substrat genutzt. Da diese Anlage bisher nur zur Stromproduktion (ca. 3.360 MWh/a) genutzt wird, wird die entstehende Abwärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Es besteht ein vorhandenes Wärmepotenzial von ca. 3.600 MWh/a, deren Nutzung im Hinblick auf die Steigerung der Gesamteffizienz der Anlage besonders anzustreben und gegenüber der Inanspruchnahme von weiteren Flächen zur Energieerzeugung zu priorisieren ist.

Nach Abzug des Anteils des aus der Ochsengülle erzeugten Biogases (400 Ochsen) kann dann die benötigte landwirtschaftliche Fläche zur Erzeugung des restlichen Substrates abgeschätzt werden. Sie beträgt im Falle einer reinen Maisnutzung ca. 119 ha (4,3 % der landwirtschaftlichen Fläche) und im Fall einer reinen Getreidenutzung ca. 267 ha (9,6 % der landwirtschaftlichen Fläche). Angenommen, das Biogas wird insgesamt zu 50 % aus Mais, zu 30 % aus Getreide und zu 20 % aus Gülle erzeugt, ergibt sich dann ein Flächenbedarf von 175 ha (6,3 % der landwirtschaftlichen Fläche). Da die tatsächliche Substratzusammensetzung unbekannt und in der Praxis variabel ist, kann die oben

Tabelle 4.10: Ausgangsdaten - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial [18]

Ausgangsdaten - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial		
Landwirtschaftliche Fläche Deutschland	ha	17.000.000
Fläche zur Energieerzeugung in Deutschland (2007)	ha	1.750.000
Anteil der landwirtschaftlichen Fläche zur Energieerzeugung - Deutschland	%	10,3
Landwirtschaftliche Fläche - Ismaning	ha	2.777
Biogasanlage - Gut Karlshof		
Elektrische Leistung	kW _{el}	420
Anzahl Ochsen	-	400

Tabelle 4.11: Betrachtete Parameter - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial [12], [19], [20], [21]

Betrachtete Parameter - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial		
Bodenertrag Mais	t _{FM} /ha.a	50
Biogasertrag Mais	m ³ /t _{FM}	200
Bodenertrag Getreide	t _{FM} /ha.a	7
Biogasertrag Getreide	m ³ /t _{FM}	640
Energieausbeute pro m ³ Biogas	kWh/m ³	6
Stromwirkungsgrad, Biogas-BHKW	%	37,5
Wärmewirkungsgrad, Biogas-BHKW	%	47,5
Nutzbarer Anteil der erzeugten Wärme (aufgrund des eigenen Bedarfs der Biogasanlage)	%	90
Großvieheinheit / Ochsen [20]	GVE	1,2
Stromleistung pro GVE	kW _{el}	0,175
BHKW-Laufzeit	h/a	8.000

FM = Frischmasse
GVE = Großvieheinheit

Tabelle 4.12: Ergebnisse - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial

Ergebnisse - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzials		
Stromleistung Gülle	kW _{el}	84
Stromleistung Mais/Getreide	kW _{el}	336
Erzeugte Strommenge	MWh/a	3.360
Erzeugte Wärmemenge (verfügbar)	MWh/a	3.830
Benötigte landwirtschaftliche Fläche Mais	ha	119
Anteil der landwirtschaftlichen Fläche Mais	%	4,3
Benötigte landwirtschaftliche Fläche Getreide	ha	267
Anteil der landwirtschaftlichen Fläche Getreide	%	9,6
Benötigte landwirtschaftliche Fläche (Biogasherkunft: 50 % Mais, 30 % Getreide, 20 % Gülle)	ha	175
Anteil der landwirtschaftlichen Fläche (Biogasherkunft: 50 % Mais, 30 % Getreide, 20 % Gülle)	%	6,3

genannte Zusammensetzung als Orientierungshilfe gesehen werden. Die in Anspruch genommene landwirtschaftliche Fläche liegt also tendenziell unterhalb des deutschen Durchschnitts (s. Tabellen 4.10 bis 4.12).

Potenzial biogener Reststoffe

Die energetische Verwertung von biogenen Reststoffen erweist sich als ökologisch besonders sinnvoll. Sie ist vor der Inanspruchnahme von neuen landwirtschaftlichen Flächen für die Energiegewinnung im Hinblick auf die Gesamteffizienz (effiziente Flächennutzung) unbedenklicher und deswegen zu bevorzugen.

Dabei fallen verschiedene Arten von biogenen Reststoffen in einer Gemeinde an. Beispielhaft seien hier Material aus der Landschaftspflege (z.B. Rasenschnitt), organische Siedlungsabfälle (z.B. Bioabfälle), Rückstände aus der Landwirtschaft (z.B. Exkremate und Ernterückstände) sowie Abfälle aus der Industrie (holzverarbeitende Industrie, Lebensmittelindustrie) genannt.

Die quantitative Erfassung aller anfallenden Reststoffe bildet dabei die Hauptschwierigkeit. Im Fall Ismaning werden zumindest Daten zum Aufkommen von Rasenschnitt und Bioabfällen seitens der Gemeinde bereitgestellt. Für den Fall der Vergasung dieser Reststoffe wird eine erzeugbare Energiemenge von 515 MWh/a für das

Strompotenzial und 587 MWh/a für das Wärmepotenzial berechnet (s. Tabellen 4.14 bis 4.15). Eine energetische Verwertung von Rückständen aus der Landwirtschaft erfolgt schon zum Teil durch die Vergasung der Gülle im Gut Karlishof (siehe oben). Es liegen jedoch keine weiteren Daten zum gesamten Tierbestand und zum Aufkommen an Ernterückstände in Ismaning vor. Deswegen wird kein weiteres Potenzial von landwirtschaftlichen Reststoffen ermittelt.

Bezüglich der energetischen Verwertung von Klärschlamm wird davon ausgegangen, dass das Aufkommen an Klärgas aus der Faulung des Klärschlammes des Klärwerks Ismaning derzeit schon einem BHKW zugeführt wird. Die erzeugte Energie wird für den eigenen Bedarf der Kläranlage verwendet. Der resultierende

Tabelle 4.13: Ausgangsdaten - Potenzial biogener Reststoffe

Ausgangsdaten - Potenzial biogener Reststoffe		
Anfall Rasenpflegeschnitt	t _{TS} /a	300
Anfall Bioabfälle	t _{TS} /a	300
Anfall Klärschlamm	t _{TS} /a	300

TS = Trockensubstanz

Tabelle 4.14: Betrachtete Parameter - Potenzial biogener Reststoffe [22] [23]

Betrachtete Parameter - Potenzial biogener Reststoffe		
Klärschlamm (ausgefäult)		
Heizwert	kWh/kg _{TS}	3
davon nutzbar	kWh/kg _{TS}	0,78
Bioabfälle		
oTS	% TS	60
Biogasertrag	m ³ /t _{oTS}	375
Rasenschnitt		
oTS	% TS	87,5
Biogasertrag	m ³ /t _{oTS}	615

TS = Trockensubstanz
oTS = organische Trockensubstanz

Tabelle 4.15: Ergebnisse - Potenzial biogener Reststoffe

Ergebnisse - Potenzial biogener Reststoffe		
Stromerzeugung Bioabfälle (Biogasanlage)	kWh/a	151.875
Stromerzeugung Rasenpflegeschnitt (Biogasanlage)	kWh/a	363.234
Wärmeerzeugung Bioabfälle (Biogasanlage)	kWh/a	173.138
Wärmeerzeugung Rasenpflegeschnitt (Biogasanlage)	kWh/a	414.087
Wärmeerzeugung Klärschlamm (Verbrennung)	kWh/a	234.000

Klärschlamm kann jedoch prinzipiell weiterhin durch eine direkte Verbrennung (mit oder ohne Vortrocknung) energetisch verwertet werden. Die erzeugbare Wärmemenge liegt nach Abzug der zur Trocknung des Klärschlammes benötigten Energiemenge bei ca. 234 MWh/a (s. Tabellen 4.13 bis 4.15).

Potenzial Forstwirtschaft

Ähnlich wie bei landwirtschaftlichen Produkten, erfüllt Holz verschiedene Funktionen in unserer Gesellschaft (Rohstoff / Energie). Die tatsächliche Forstung der Waldfläche einer Gemeinde und deren anschließenden Nutzung ist abhängig von vielen Parametern (Besitzverhältnisse, ökologische Aspekte, usw.). Hier hat die Gemeinde zum Teil keinen Einfluss.

Als Anhaltswert wird deswegen lediglich das Waldrestholzpotenzial betrachtet. Diese konservative Abschätzung wird gewählt, weil nur dieser Teil des Holzes ökologisch unbedenklich verwertet werden kann. Qualitativ hochwertiges Holz sollte nicht zur Energiegewinnung genutzt werden. Tabelle 4.16 definiert die Parameter, die zur Ermittlung des entsprechenden Potenzials betrachtet werden. Daraus ergibt sich ein Potenzial zur Wärmeerzeugung aus Waldrestholz von 1.952 MWh/a. Die Nutzung von weiterem Holzzuwachs für die Energieerzeugung erfordert detailliertere Analysen im Bereich der Forstwirtschaft. Es werden keine Daten zu Restholzaufkommen aus der Holzverarbeitenden Industrie erfasst. Da jedoch keine bedeutsame Holzverarbeitende Industrie in Ismaning bekannt ist, lässt sich das Potenzial hier vernachlässigen.

Der Anbau von Festbrennstoffen zur Wärmeerzeugung auf Ackerflächen (Kurzumtriebsplantage, Miscanthus) fällt wiederum in den Themenbereich einer sinnvollen Aufteilung landwirtschaftlicher Flächen. Dies muss ebenfalls aus ökologischer und landwirtschaftlicher Sicht analysiert werden. Das Projekt liefert dazu keine konkrete Empfehlung. Das schon genutzte Holzpotenzial ist in Ismaning nicht bekannt. Daten zu Festbrennstoffkesseln stehen für weitergehende Untersuchungen nicht zur Verfügung.

Tabelle 4.16: Potenzial Waldrestholz [24]

Potenzial Waldrestholz		
Waldfläche Ismaning	ha	451
Zugrunde gelegter Massenanteil an Waldrestholz	t/ha.a	1
Mittlerer Heizwert	kWh/kg	4,3
Wärmepotenzial Waldrestholz	MWh/a	1.952

4.3.3 Geothermie

Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Erdwärme lässt sich mit Hilfe von horizontalen Erdkollektoren, Erdsonden sowie Grundwasserbrunnen in Kombination mit Wärmepumpen zu Heizzwecken erschließen. Steht eine unbebaute Fläche zur Verfügung ist eine Verlegung von horizontalen Erdkollektoren grundsätzlich möglich. Die Verlegung ist relativ kostengünstig, stellt aber die ineffizienteste Möglichkeit der Erdwärmenutzung dar. Dies liegt darin begründet, dass Erdwärme aus einer Tiefe von ca. 1,2 bis 1,5 m noch saisonalen Temperaturschwankungen unterlegen ist.

Grundwasserbrunnen und Erdsonden sind, außer in Wasserschutzgebieten, verbreitet nutzbar. Wärmepumpen in Kombination mit einem Grundwasserbrunnen arbeiten dabei am effizientesten. Die Grenze der Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen liegt bei einer Grundwassertiefe von ca. 30 m. Steht Grundwasser in größerer Tiefe an, sollten Erdsonden bevorzugt verwendet werden (vgl. [26]).

Mit Hilfe der Grundwasserlinien aus der hydrogeologischen Karte [27] und der Höhenlinien [28] kann dann mit Hilfe des GIS die Grundwassertiefe im Gemeindegebiet ermittelt werden (s. Abb. 4.20). Im Fall Ismaning wird eine Grundwassertiefe zwischen ca. 2 und 12 m ermittelt, eine Grundwassernutzung ist somit weitestgehend möglich. Allerdings ist bei der oberflächennahen Geothermie eine genauere Ermittlung des Potenzials in Form einer erschließbaren Energiemenge nicht möglich. Diese Quelle wird vor allem gebäude-spezifisch genutzt, die zu erschießende Wärmemenge ist grundsätzlich von der Heizleistung des einzelnen Gebäudes abhängig.

Tiefengeothermie

Die Nutzung von Tiefengeothermie wird in dem eingangs bereits erwähnten „EnEff:Wärme - Geothermie Ismaning“ Projekt näher untersucht. Aus der „Stellungnahme zur Wirtschaftlichkeit des Geothermieprojekts Ismaning“ (Gaßner, Groth, Siederer & Coll., Dr. Thomas Reif) werden die folgenden Ausgangswerte entnommen:

- Erwartete Fördertemperatur: 80° C
- Erwartete Schüttung: 65 bis 75 kg/s

Die gewinnbare Wärmemenge ist jedoch abhängig von der tatsächlichen Schüttung und vor allem von der

erreichbaren Temperaturspreizung im Wärmenetz. Untersucht wird die Versorgung des Teils der Gemeinde, der sich prinzipiell am besten für eine Fernwärmeverorgung eignet (s. Kapitel 5.3).

In der Stellungnahme wird von einer Grundlastdeckung der Tiefengeothermie ausgegangen und als gewinnbare Energiemenge voraussichtlich ca. 45.000 MWh/a abgeschätzt.

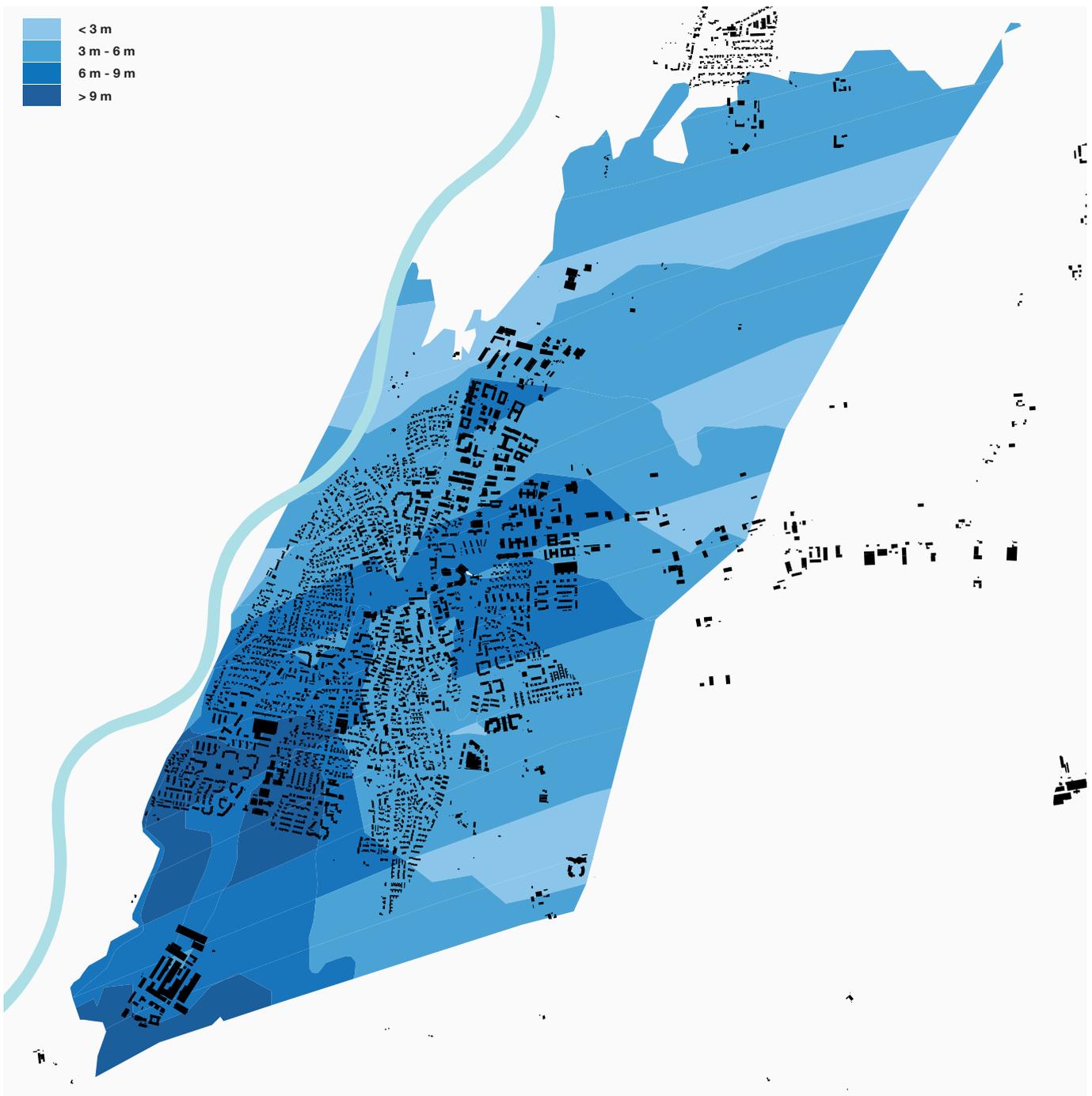


Abb. 4.20: Grundwasserstände

4.3.4 Abwärme

Abwasser

Zur Untersuchung der Wärmepotenziale aus der Abwasser-Kanalisation werden die von der Gemeinde zur Verfügung gestellten Pläne des Kanalnetzes ausgewertet. Die gesamte Abwassermenge der Gemeinde Ismaning wird über eine gemeindeeigene Kläranlage geführt. Der maximale Kanalquerschnitt im Bereich der Kläranlage beträgt 500 mm. Im Mittel sind im Gemeindegebiet Abwasserleitungen mit einem Querschnitt von 250 bis 300 mm verlegt. Für den Einbau eines Wärmetauschers im Kanal ist jedoch laut [29] ein Kanalquerschnitt von mindestens 80 cm grundsätzlich erforderlich. Deswegen wird die Wärmerückgewinnung aus dem Kanalnetz zum Betrieb von Wärmepumpen in Ismaning prinzipiell ausgeschlossen.



Abb. 4.21: Kanalisationsnetz

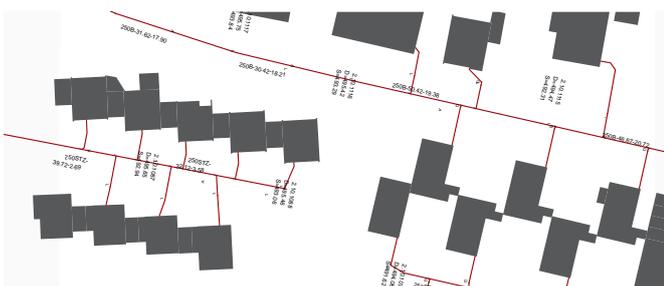


Abb. 4.22: Ausschnitt des Kanalisationsnetzes

Industrielle Abwärme

In Ismaning sind zum einen das Gebiet des Medien- und Gewerbeparks im Süden, zum anderen zwei Gewerbegebiete im Norden (Osterfeld, Lenzenfleck) vorhanden. Hier fällt industrielle Abwärme an. Das Gewerbegebiet Süd wird im Kapitel 5.5 genauer untersucht und daher an dieser Stelle nicht näher behandelt.

Erhoffte Ergebnisse einer im Gewerbegebiet Osterfeld und Lenzenfleck durchgeführten Umfrage-Aktion sind neben der Erfassung des tatsächlichen Energieverbrauchs auch Aussagen über mögliche Abwärmepotenziale. Hierfür ist eigens ein Fragebogen erstellt und an alle relevanten Unternehmen per Brief übermittelt worden (s. Anhang 2). Die durchgeführte Umfrage bleibt jedoch ergebnislos. Nur eine Firma hat den Fragebogen ausgefüllt zurück geschickt. Trotz mehrmaliger telefonischer Rückfragen - auch seitens der Gemeindeverwaltung - sind keinerlei Auskünfte gegeben worden. Aus diesem Grund kann hier dieses Potenzial nicht weiter analysiert werden.

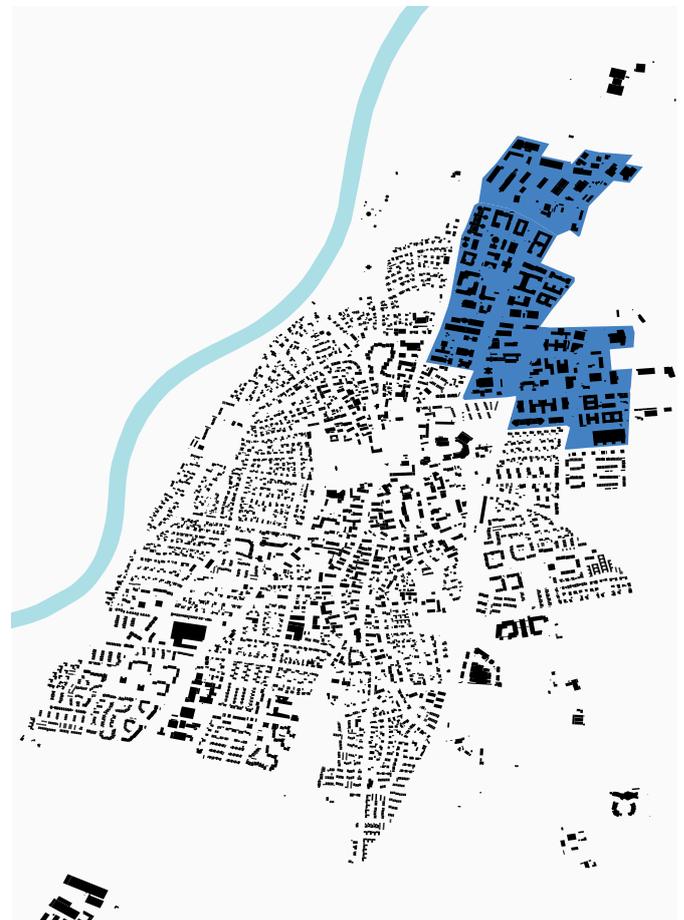


Abb. 4.23: Gewerbegebiete Osterfeld und Am Lenzenfleck

4.3.5 Windkraft

Eine erste Evaluierung der Stromerzeugung aus Windkraft basiert auf Daten zur Windgeschwindigkeit aus [30]. Hierbei werden nur Gebiete ausgewählt, die einen ausreichenden Abstand zu Wohnbebauungen aufweisen. Weitere limitierende bzw. ausschließende Faktoren wie z.B. Naturschutzgebiete bleiben im weiteren Verlauf unberücksichtigt.

Windkraftanlagen arbeiten ab einer Windgeschwindigkeit von ca. 3 m/s. Ein Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit von mindestens 5 m/s ist jedoch für die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage notwendig.

Aus den Karten zu mittleren Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen über Grund (10 m, 80 m, 140 m) geht hervor, dass die Windverhältnisse in 10 m Höhe für den Betrieb von Windkraftanlagen unzureichend sind (2,1 bis 2,3 m/s). In 80 m Höhe ist eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 4 bis 5,3 m/s

vorherrschend. In 140 m sind Windgeschwindigkeiten im Mittel von 4,9 bis 6,1 m/s zu erwarten. Der Abstand von Windkraftanlagen zu Wohngebäuden ist gesetzlich nicht festgelegt. Hier bestehen sogar unterschiedliche Empfehlungen. Untersucht werden deshalb drei Mindestabstände: 600 m, 800 m und 1.000 m. Daraus entstehen Karten mit geeigneten Gebieten für Windkraftanlagen.

Die Überlagerung dieser Karten mit den Karten zur Windgeschwindigkeit (s. Abb. 4.24 und 4.25) erlaubt es, die am besten geeigneten Gebiete herauszufiltern. Geeignete Gebiete bezüglich der Einhaltung von Mindestabständen zu Wohngebäuden kommen damit in Zonen mit den höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten zu liegen.

Unter Betrachtung eines Mindestabstands zu den Wohngebäuden von 1000 m und eines Mindestab-

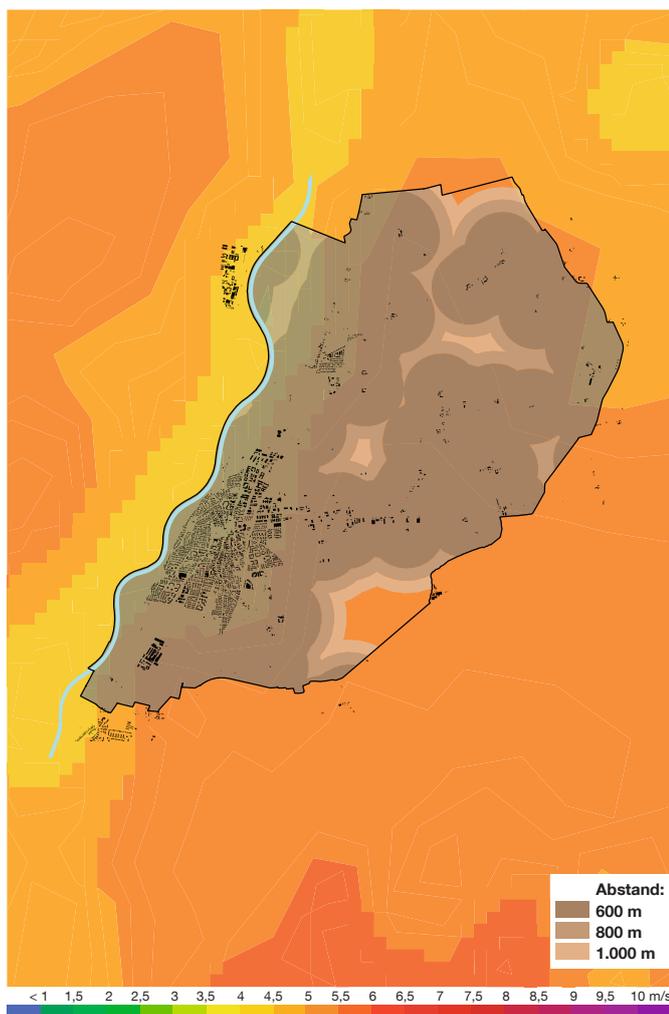


Abb. 4.24: Windgeschwindigkeit (Jahresdurchschnittswerte) in 80 m Höhe über Grund sowie ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Abständen von 600, 800 und 1.000 m zu Hauptgebäuden

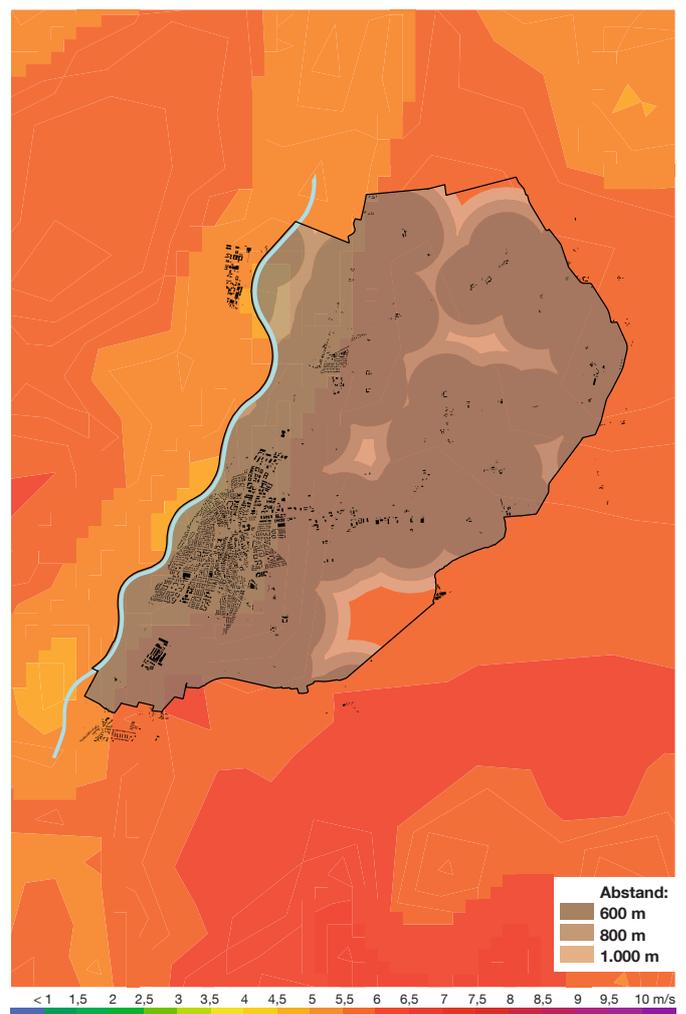


Abb. 4.25: Windgeschwindigkeit (Jahresdurchschnittswerte) in 140 m Höhe über Grund sowie ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Abständen von 600, 800 und 1.000 m zu Hauptgebäuden

4.3.6 Wasserkraft

stands zwischen den Anlagen von 400 m ergeben sich sechs mögliche Anlagen.

Nach [30] erreichen im Jahr 2009 Windkraftanlagen in Deutschland eine mittlere Nennleistung von 2 MW. Wird angenommen, dass diese typischen Anlagen ca. 2.000 Vollbetriebsstunden im Jahr bei einer Windgeschwindigkeit von ca. 5 m/s aufweisen, so ergibt sich hier ein Potenzial von rund 24.000 MWh/a. Wird der Mindestabstand zu Wohngebäuden auf 600 m reduziert, erhöht sich das Potenzial auf 31 Anlagen und damit auf 124.000 MWh/a.

Die betrachteten Parameter sind in Tabelle 4.17 zusammengefasst dargestellt. Für eine weiterführende Planung werden genauere Untersuchungen zu Windverhältnissen und geeigneten Aufstellorten notwendig.

Das Potenzial Wasserkraft wird mit zwei kleinen Kraftwerken (30 und 42 kW) sowie einem Laufwasserkraftwerk (1,3 MW) am Mittlere-Isar-Kanal durch EON bereits zum Teil genutzt. Aus Angaben des Umweltreferenten der Gemeinde werden weitere kleine Potenziale am Seebach und an der Isar von bis zu 620 kW ermittelt.

Weiterhin besteht nach [31] ein Potenzial für ein großes Wasserkraftwerk an der Isar. Mit 8.700 MWh/a ist es zwischen Oberföhring (südlich von Ismaning) und Achering (nördlich von Ismaning) angesiedelt. Wie sich in der Vergangenheit aber immer wieder gezeigt hat, bestehen große Interessenskonflikte zwischen den Vorteilen der Wasserkraft und unvermeidbaren Eingriffen in Natur und Landschaft. Eine Realisierung gestaltet sich damit in der Regel schwierig (vgl. auch [31] und [32]).

Tabelle 4.17: Windkraft - Potenzial

Ausgangsdaten		
Jährliche Mittelwert der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund	m/s	2,1 - 2,3
Jährliche Mittelwert der Windgeschwindigkeit in 80 m Höhe über Grund	m/s	4 - 5,3
Jährliche Mittelwert der Windgeschwindigkeit in 140 m Höhe über Grund	m/s	4,9 - 6,1
Mindestabstand zwischen den Windkraftanlagen	m	400
Anlageleistung	MW	2
Nabenhöhe	m	80
Vollbetriebsstunden	h/a	2.000
Potenziale		
Anzahl Windkraftanlagen bei 1.000 m Mindestabstand zu Hauptgebäude	-	6
Entsprechendes Potenzial bei 1.000 m Mindestabstand zu Hauptgebäude	MWh/a	24.000
Anzahl Windkraftanlagen bei 800 m Mindestabstand zu Hauptgebäude	-	11
Entsprechendes Potenzial bei 800 m Mindestabstand zu Hauptgebäude	MWh/a	44.000
Anzahl Windkraftanlagen bei 600 m Mindestabstand zu Hauptgebäude	-	31
Entsprechendes Potenzial bei 600 m Mindestabstand zu Hauptgebäude	MWh/a	124.000

Tabelle 4.18: Potenzial Wasserkraft

Wasserkraft: schon genutztes Potenzial		
Wasserkraftanlage, Seidl-Mühle	kW	30
Wasserkraftanlage, Gasthof „Zur Mühle“	kW	42
Wasserkraftwerk am Mittlere-Isar-Kanal	kW	1.300
Angenommene Volllaststunden [a]	h	5.000
Jährlich erzeugte Strommenge	MWh	6.860
Weitere Potenziale		
Weitere Potenziale am Seebach und an der Isar	kW	620
Weitere Potenziale Wasserkraft	MWh	3.100

4.3.7 Übersicht der Energiepotenziale

Wärmepotenziale

In Abbildung 4.26 sind die ermittelten Wärmepotenziale aus erneuerbaren Energien zusammenfassend dargestellt und dem Wärmebedarf gegenübergestellt. Dabei wird der abgeschätzte zukünftige Wärmebedarf im Jahr 2030 als Referenz angenommen. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Wärmemengen nur bilanziell betrachtet werden können. Sie berücksichtigen keine Lastverläufe.

Es ist zu erkennen, dass bei reduziertem Wärmebedarf im Jahr 2030 bereits 63 % des Wärmebedarfs mit den hier betrachteten im Gemeindegebiet vorhandenen Potenzialen gedeckt werden kann (Abb.4.26). Eine weitere Steigerung des Deckungsanteils lässt sich z.B. durch die in dieser Bilanz unberücksichtigte Nutzung oberflächennaher Geothermie, industrieller Abwärme oder Abwärme aus dem Rücklauf der Tiefengeothermie durch Aufbau eines NT-Wärmenetzes (vgl. Kapitel 5.7.1) erreichen.

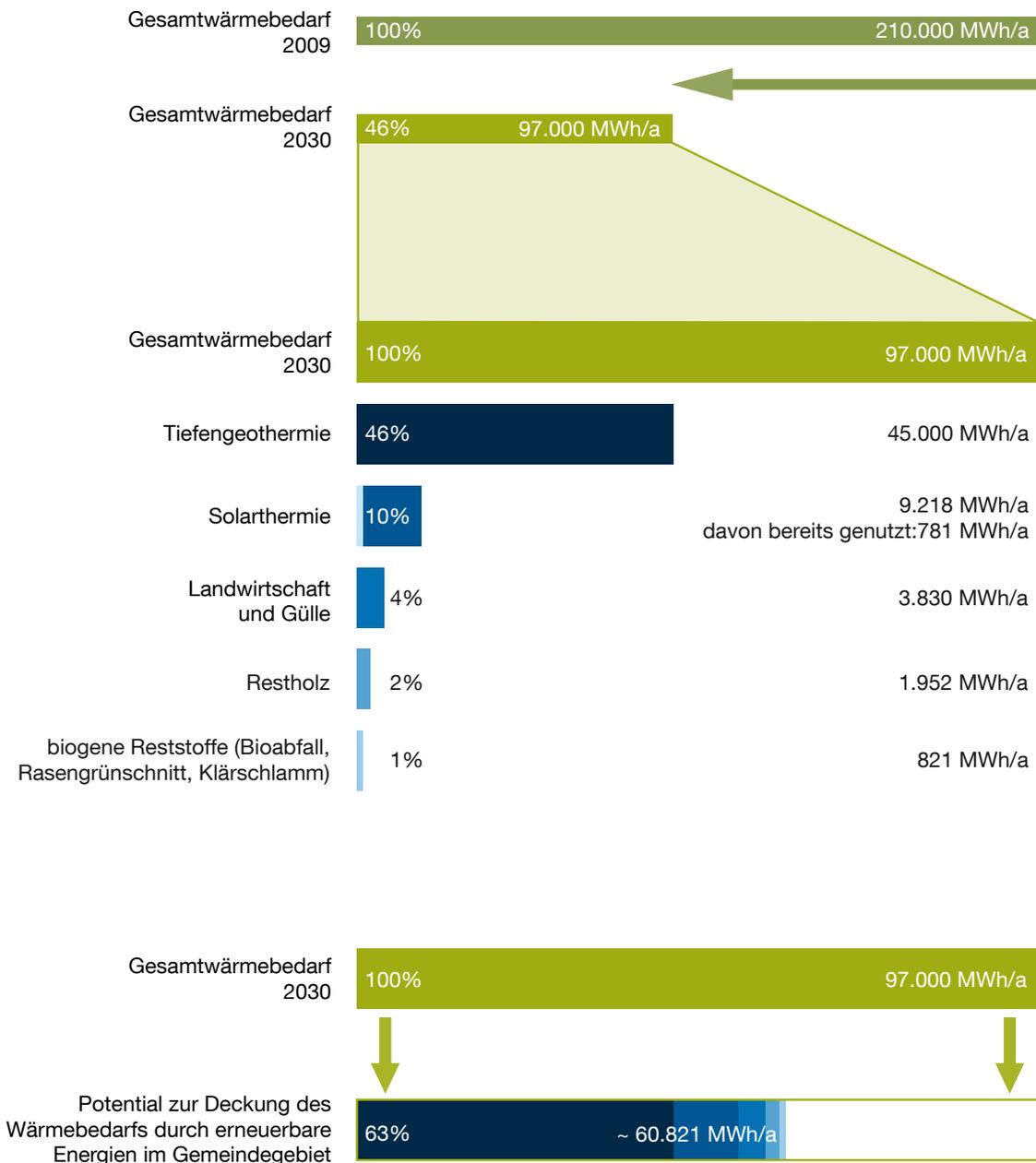


Abb. 4.26: Potenzial zur Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien im Gemeindegebiet

Strompotenziale

In Abbildung 4.27 sind die ermittelten Strompotenziale aus erneuerbaren Energien zusammengefasst dargestellt und dem aktuellen Stromverbrauch der Gemeinde gegenübergestellt. Im Gegensatz zum Wärmebedarf wird zum Stromverbrauch kein Zukunftsszenario für das Jahr 2030 erstellt. Aus Abbildung 4.27 lässt sich aber entnehmen, dass bilanziell sogar eine vollständige Deckung des aktuellen Verbrauchs mit den hier betrachteten lokalen energetischen Ressourcen grundsätzlich denkbar ist. Lastverläufe bleiben aber auch hier unbeachtet.

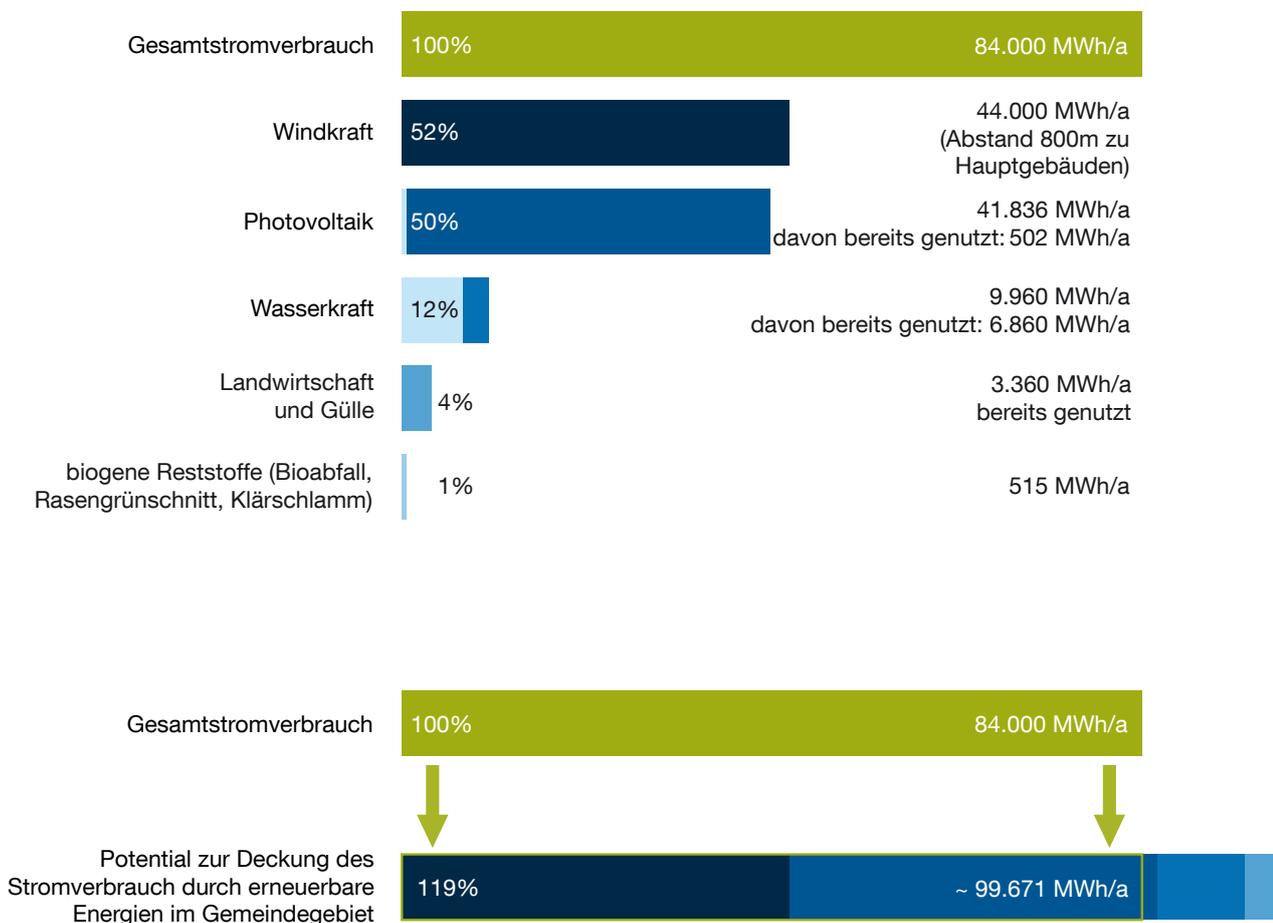


Abb. 4.27: Potenzial zur Deckung des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien im Gemeindegebiet

5 Konzeptentwicklung

5.1 Erste Entscheidungen

Die Bestimmung von potenziellen Handlungsfeldern und die daraus folgende Entwicklung von Energiekonzepten ist von Gemeinde zu Gemeinde unterschiedlich. Sie ist deshalb und auf die speziellen Gegebenheiten vor Ort individuell abzustimmen. Dennoch kann die in diesem Forschungsbericht beschriebene, beispielhafte Herangehensweise anhand der Gemeinde Ismaning auf andere Standorte übertragen werden. Um ein ganzheitliches, nachhaltiges und vertieftes Konzept zur Energieversorgung zu entwickeln, bilden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse die notwendigen Grundlagen.

Eine anschließende Auswertung der Bestands- und Potenzialanalyse gibt Aufschluss über die Gebiete mit und ohne Handlungsbedarf. Existiert z.B. ein Neubaugebiet, in dem ein niedriger Wärmeenergiebedarf vorhanden ist und das mit einem hohen Anteil regenerativ versorgt wird, besteht kein akuter Handlungsbedarf.

Erkennt man Gebiete mit Handlungsbedarf, ist vor allem die Berechnung des zukünftigen Wärmebedarfs (s. Kapitel 4.1.2) ein entscheidender Faktor. Grundsätzlich ist danach zu entscheiden, in welchen Gebieten Wärmenetze realisiert werden sollten und wo sich eher dezentrale Lösungen anbieten. Die Realisierung von Wärmenetzen ist eine sehr kostenintensive Maßnahme, die Investitionskosten amortisieren sich meist erst nach Dekaden. Es muss deshalb gewährleistet sein, dass auch in der Zukunft die für die Wirtschaftlichkeit notwendige Wärmeabnahme in dem betreffenden Gebiet vorhanden ist.

Generell ist eine Deckung des Bedarfs durch lokal vorhandene Potenziale erneuerbarer Energie anzustreben. Bei der Priorisierung von Energiequellen ist der Primärenergiefaktor zu berücksichtigen. Die Bewertung der jeweiligen Energiequellen, auch in Hinblick auf Energieinhalt und Wertigkeit (Exergie), sollte in jedem Fall vorgenommen werden. Das Vorgehen wird im Folgenden beschrieben:

Priorität 1: ortsgebundene hochwertige Abwärme

Darunter versteht man ungenutzte hochwertige Abwärme aus Industrie und Stromerzeugungsprozessen. Diese Energie steht in jedem Fall zur Verfügung. Die produzierte Wärme als „Abfallprodukt“ wird ausschließlich über ein Wärmenetz verteilt.

Priorität 2: Solarthermie

Sonnenenergie ist eine unendliche Wärmequelle, ihre Nutzung macht auf Grund der zeitlichen Diskrepanz von Verfügbarkeit und Bedarf allerdings nur in Kombination mit einem Wärmespeicher und einer zusätz-

lichen Wärmequelle zur Spitzenlastabdeckung Sinn. Solarthermische Wärmenetze sind in Kombination mit einem Langzeitwärmespeicher möglich, allerdings ist Solarthermie als dezentrale Lösung besser geeignet.

Priorität 3: Tiefengeothermie

Bei der Tiefengeothermie wird im Untergrund vorhandenes, warmes Wasser zur Speisung von Wärmenetzen genutzt. Dabei wird für die Pumpenergie Strom und somit Primärenergie benötigt.

Priorität 4: Biomasse

Biogene Roh- und Reststoffe gibt es in unterschiedlichen Formen (flüssig, gasförmig, fest). Optimal genutzt werden sie in Verbindung mit einer Kraft-Wärme-Kopplung. Die Verteilung erfolgt hier über ein Wärmenetz. Alternativ bietet sich ein reines Biomasse-Heizwerk an. Bei einer dezentralen Lösung kann Biomasse in einem Kessel vor Ort genutzt werden.

Priorität 5: ortsgebundene niederwertige Ab- und Umweltwärme

Hierunter versteht man Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen der Industrie sowie Umweltwärme, z.B. Grundwasser, das mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird. Die Wärmeversorgung kann sowohl zentral als auch dezentral erfolgen.

Priorität 6: fossile Energieträger

Fossile Energieträger, z.B. in Form von Erdgas oder Erdöl, setzen durch Verbrennung Energie frei. Bei dem Verbrennungsprozess wird auch fossil gebundener Kohlenstoff freigesetzt. Fossile Energieträger können in Kesseln als auch in KWK-Prozessen eingesetzt werden.

Bei der Konzeptentwicklung muss darauf geachtet werden, dass sich die in den Handlungsfeldern vorgesehenen Energiekonzepte nicht gegenseitig schwächen, wie z.B. solarthermische Anlagen in einem Gebiet mit Fernwärme. Hier würden individuelle Solarthermieanlagen die Gesamteffizienz des Wärmenetzes mindern. In diesem Fall sollten an ihrer Stelle Photovoltaikanlagen installiert werden.

[12], [33]

5.2 Bestimmung der Handlungsfelder

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Bestands- und Potenzialanalyse, der Bestimmung der Handlungsfelder sowie der Priorisierung der lokal vorhandenen Potenziale haben sich für die Gemeinde Ismaning sechs Handlungsfelder herausgebildet. Sie werden im Folgenden kurz beschrieben und in den folgenden Kapiteln ausführlich erläutert.

Im März 2011 hat die Gemeinde Ismaning den Beschluss zur Bohrung für die Nutzung von Tiefengeothermie getroffen. Dies hat im Weiteren eine erhebliche Auswirkung auf die gesamte Energieplanung Ismanings. Ein großer Teil des Gemeindegebiets kann somit zukünftig über ein Fernwärmenetz mit Wärme aus Tiefengeothermie versorgt werden. Zwei kleinere bestehende Wärmenetze bieten sich als „Keimzelle“ für den weiteren Ausbau an. Die erarbeiteten Maßnahmen in diesem Gebiet werden in Kapitel 5.3 erläutert.

Die Nutzung der Tiefengeothermie ist auch für das Gewerbegebiet Osterfeld geplant. In Kapitel 5.4 wird eine Kombination der Versorgung des Gebiets mit Wärme aus der Tiefengeothermie und mit Kälte aus einem Absorptionskälteprozess untersucht.

Der Medien- und Gewerbepark im Süden zeichnet sich durch einen hohen Strom- und Kältebedarf aus. In Kapitel 5.5 wird aufgezeigt, wie Beides über zwei BHKW gedeckt werden kann.

In der Nähe des nördlichen Gemeindegebiets, dem Ortsteil Fischerhäuser, befindet sich eine Biogasanlage. Das Abwärmepotenzial ist bis dato ungenutzt. Die Nutzung solcher Energiequellen besitzt eine hohe Priorität. Trotz des dort durchschnittlich relativ geringen vorhandenen Wärmebedarfs macht der Aufbau eines Fernwärmenetzes deshalb Sinn (s. Kapitel 5.6).

Für das westliche Gemeindegebiet werden in Kapitel 5.7 zwei verschiedene Konzepte entwickelt. In der ersten Variante werden die Voraussetzungen zum Aufbau eines niedertemperaturigen Wärmenetzes beschrieben. Alternativ werden in diesem Handlungsfeld Sanierungsmaßnahmen in Kombination mit dezentralen Wärmeerzeugern untersucht.

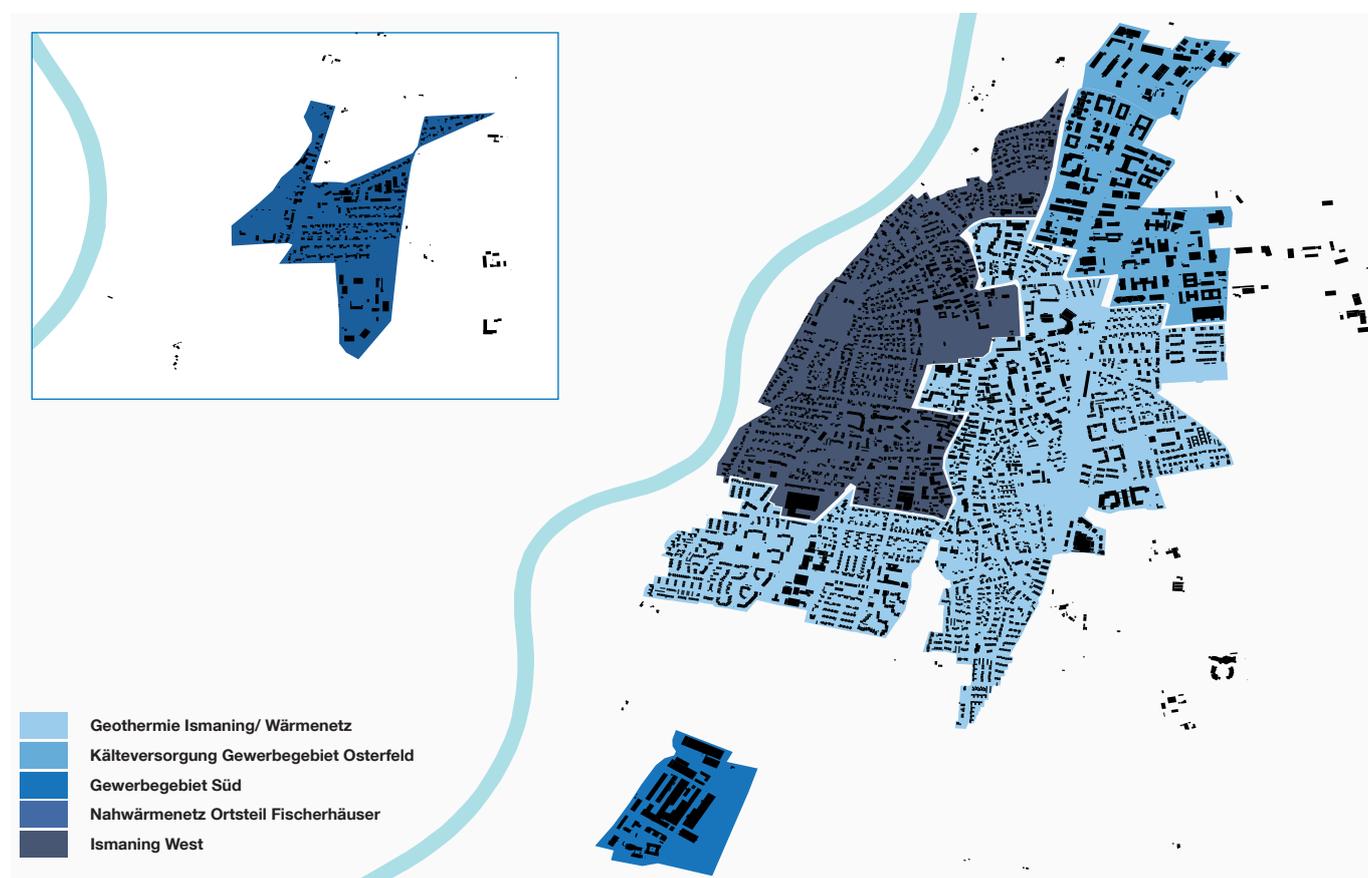


Abb. 5.1: Übersicht der Handlungsfelder

5.3 Geothermie Ismaning / Wärmenetz

Schon zu Beginn des Forschungsprojektes stand die Gemeinde Ismaning vor der weitreichenden Entscheidung bezüglich einer Nutzung von Tiefengeothermie. In dem Partner-Forschungsprojekt „EnEff:Wärme - Geothermie Ismaning“ wird deshalb von dem Ingenieurbüro Ebert-Ingenieure dieser Teilaspekt der gesamtäumlichen Betrachtung getrennt untersucht und gesondert veröffentlicht. Diese Untersuchungen basieren dabei auf Daten und Berechnungen, die von Seite des Lehrstuhls zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich ist die Partnerschaftsgesellschaft Gaßner, Groth, Siederer & Coll (GGSC) mit einer Wirtschaftlichkeitsprüfung zum geplanten Tiefengeothermieprojekt von der Gemeinde Ismaning beauftragt worden. Die Ergebnisse sind im Rahmen einer öffentlichen Gemeinderatssitzung im Februar 2011 der Gemeinde vorgestellt worden. Die hier im Forschungsbericht zum Thema Tiefengeothermie genannten Zahlen und Ergebnisse stützen sich im Folgenden auf die Stellungnahme von GGSC. Sie beinhaltet Daten von Ebert-Ingenieuren und der Erdwerk GmbH.

Bei einem Bohrdurchmesser von 6.1/8“ kann von einer Fördermenge von 65 bis 75 kg pro Sekunde ausgegangen werden, das zu erwartende Temperaturniveau liegt bei 80°C. Insgesamt kann die Tiefengeothermie eine Grundlast von ca. 45.000 MWh/a abdecken. Für die Mittel- und Spitzenlast muss ein zusätzliches System (z.B. BHKW) eingesetzt werden. Prinzipiell wird empfohlen, den Netzausbau in mehreren Stufen auszuführen. Als Keimzelle für den weiteren Ausbau dienen bereits bestehende Wärmenetze der Gemeinde. Als erster Ausbauschritt wird eine Verbindung der Wärmenetze in der Mayerbacherstraße und des Schwimmbades geplant (s. Abb. 5.4). Hintergrund ist der Abriss des alten Hallenbades und die Verlegung der dort installierten Energiezentrale. BHKW und Erdgaskessel sind bereits während der Projektlaufzeit in die Zentrale der Gemeindewerke an der Meyerbacherstraße



Abb. 5.2: bereits mit Nahwärme versorgte Gebäude um das Hallenbad sowie um die Mayerbacherstraße



Abb. 5.3: Wärmedichtekarte im Bereich der bestehenden Nahwärmenetze

umgesetzt worden. Um weiterhin die Häuser um das Hallenbad herum sowie den Neubau mit Wärme versorgen zu können wird das Wärmenetz erweitert. An der Wärmebedarfskarte in Abb. 5.3 erkennt man entlang der Geroldstraße einen hohen Wärmebedarf. Der neue Trassenverlauf wird deshalb entlang dieser Straße geplant.



Abb. 5.4: Anschluss Nahwärme Hallenbad - Mayerbacherstraße

5.4 Kälteversorgung Gewerbegebiet Osterfeld

Für das im nordöstlichen Teil des Gemeindegebiets befindliche Gewerbegebiet Osterfeld ist ebenfalls ein Ausbau des Wärmenetzes geplant. Größtenteils handelt es sich hier um Gebäude aus dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Große Produktionsstätten sind hier nicht vorhanden.

Gewöhnlich ist der Bedarf an Kühlenergie in Gewerbegebieten sehr hoch. Deshalb bietet es sich an, die ansonsten ungenutzte Wärme der Tiefengeothermie in den Sommermonaten mittels Absorptionskältemaschine zum Kühlen zu nutzen (s. Abb. 5.5).

Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass aktuell auf dem Markt verfügbare Absorptionskältemaschinen eine Vorlauftemperatur von mindestens 85°C benötigen. Zum jetzigen Zeitpunkt jedoch eine Fördertemperatur von lediglich 80°C angenommen (vgl. Kapitel 5.3). Mit dem technischen Fortschritt ist davon auszugehen, dass künftige Anlagengenerationen schon mit niedrigeren Temperaturen kühlen können. Primärenergetisch ist eine Absorptionskältemaschine bei niedrigen Temperaturniveaus allerdings nur bedingt sinnvoll.

Das liegt vor allem an der geringen Temperaturdifferenz des Vor- und Rücklaufs von 15°C , bei der das Potential der Geothermie nur unzureichend genutzt wird. Den-

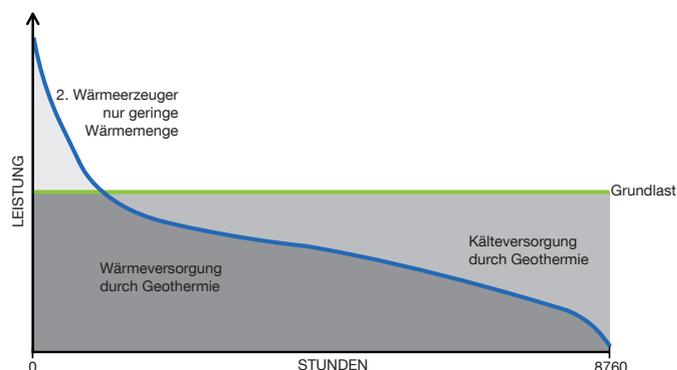


Abb. 5.5: Wärme- und Kälteversorgung durch Erhöhung der Grundlast

noch kann der geothermische Nutzungsgrad deutlich gesteigert werden: Dazu wird der Rücklauf der Absorptionskältemaschine, in diesem Stadium immer noch 70°C warm, als Vorlauf zur Warmwasserbereitung den benachbarten Wohngebäuden zugeführt. Durch diese weitere Nutzung wird die Temperaturspreizung von Vor- und Rücklauf nochmals erhöht. Abbildung 5.6 zeigt schematisch den Vorgang.

Für eine detaillierte Ausarbeitung dieses Prozesses sind genaue Informationen samt Verortung des benötigten Kältebedarfs unabdingbar. Eine schriftliche Umfrage (s. Kapitel 3.1) zur Ermittlung des Kühlenergiebedarfs ist jedoch ergebnislos geblieben.

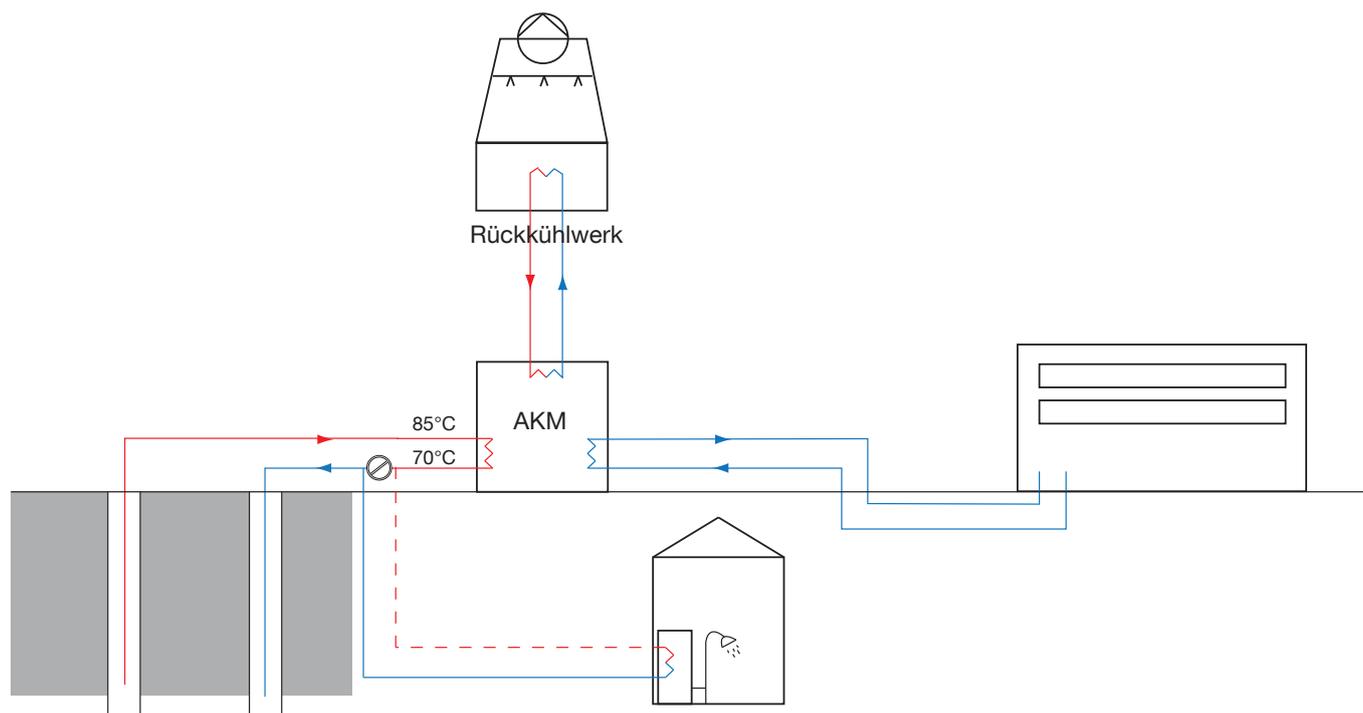


Abb. 5.6: Schematische Darstellung zur optimalen Nutzung der Geothermie zu Kühlzwecken im Gewerbegebiet Osterfeld

5.5 Gewerbegebiet Süd

Am südlichen Rand des Gemeindegebiets von Ismaning liegt ein Medien- und Gewerbepark mit einer Nutzfläche von ca. 128.000 m². Derzeit wird das Gebiet von den Gemeindewerken Ismaning mit Erdgas und Strom versorgt.

Sowohl seitens der Gemeindewerke, als auch seitens der zuständigen Immobilienverwaltung werden hier bislang ungenutzte Energieeffizienzpotenziale vermutet. Dies bildet die Ausgangssituation für die folgende Untersuchung dieses Gebiets.

Charakteristisch für den Energiebedarf des Gewerbe-parks ist ein über das Jahr nahezu gleichbleibend hoher Strombedarf im Bereich von ca. 5.000 MWh/Mo-nat, sowie einem Wärme- und Kältebedarf im Bereich zwischen 600 und 1.400 MWh/Monat.

Der hohe Energiebedarf resultiert aus der für Film- und Fernsehproduktion üblichen raschen Bauweise der Ge-bäude und Anlagen. Besonders wichtig in dieser Bran-che ist die Ausfallsicherheit, so dass sich in diesem Fall die Möglichkeiten der Effizienzsteigerung hauptsäch-lich auf den Bereich der Energiebereitstellung beschränken.

Das erarbeitete Energiekonzept sieht eine Erzeugung des Strombedarfs durch zwei biogasbetriebene BHKW vor. Sie könnten von der in Planung befindlichen Bio-gasanlage Goldachhof im Osten von Ismaning versorgt werden.

Die Größe der BHKW orientiert sich am Kältebedarf, womit sich eine Anlagengröße von je 2.400 kW ergibt. Die bei der Stromerzeugung entstehende Abwärme wird in der kalten Jahreszeit zum Heizen verwendet, parallel wird der benötigte Kältebedarf mittels einer Absorptionskältemaschine gedeckt. Das Schema ist in Abbildung 5.7 dargestellt.

In einem zweiten Schritt wird zusätzlich untersucht, ob die in den Rückkühlwerken entstehende Niedertempe-ratur-Abwärme über ein Nahwärmenetz in dem zwei Ki-lometer entfernt gelegenen Siedlungsgebiet im Süden Ismaning sinnvoll genutzt werden kann.

Erste Berechnungen ergeben hierbei, dass bei einer entstehenden Abwärmtemperatur von 32° C im Som-mer und 7.500 kW Leistung sowie im Winter lediglich 800 kW thermische Leistung zur Verfügung stehen. Dies ist für den Aufbau einer wirtschaftlichen Nahwär-meversorgung nicht ausreichend. Eine weiterführende Betrachtung wird deshalb fallen gelassen.

Erste Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „EnEff:Wärme - Geothermie Ismaning“ zeigen hinge-gen, dass sich dieses Siedlungsgebiet für eine Wär-meversorgung aus Tiefengeothermie gut eignet. Das Gebiet ist deshalb für weiterführende Untersuchungen dem Handlungsfeld 1 zugeschlagen worden (vgl. Abb. 1.1).

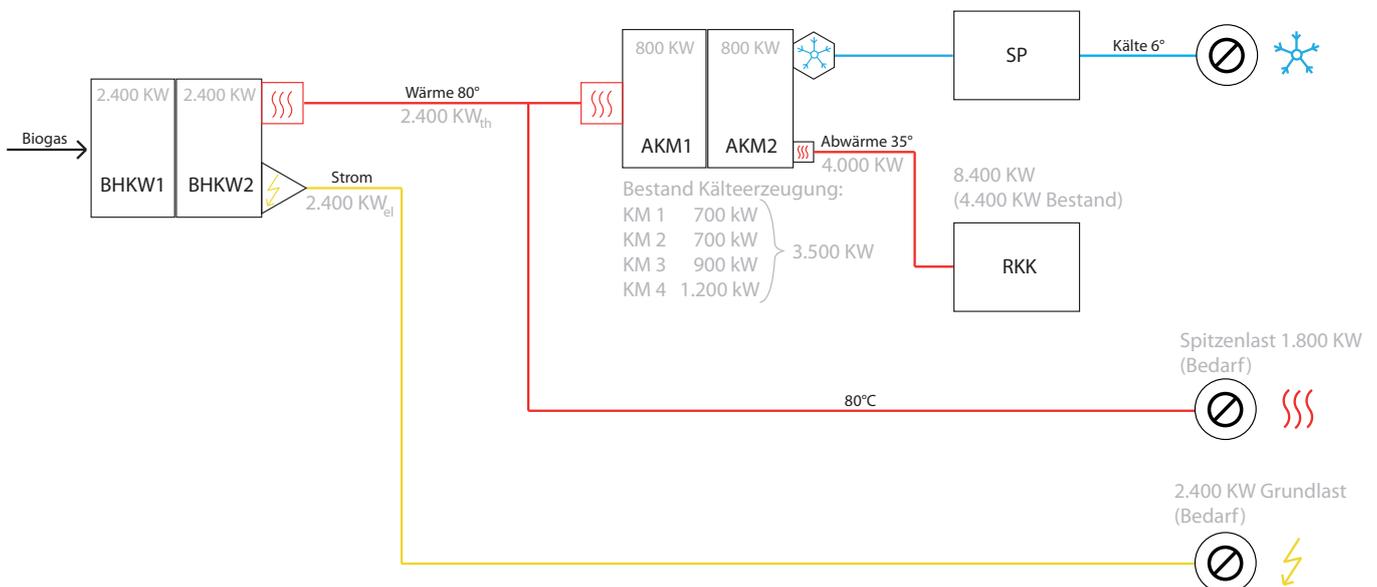


Abb. 5.7: schematische Darstellung der vorgeschlagenen energetischen Versorgung des Medien- und Gewerbe-parks

5.6 Wärmenetz Ortsteil Fischerhäuser

Biogasanlage Gut Karlshof

Das Gut befindet sich seit 1899 im Besitz der Stadt München und wird als Mastbetrieb zur Ochsenhaltung genutzt. Es stehen 550 Mastplätze zur Verfügung. Neben der Vermarktung des Ochsenfleisches ist 1997 mit der Planung und Projektierung einer Biogasanlage begonnen worden. Die auf dem Betrieb anfallenden Rohstoffe wie Gülle, zusammen mit Silomais, sollen bestmöglich genutzt werden. Ursprünglich ist die Biogasanlage auf eine Vergärung von 5.500 m³ Gülle und 2.500 m³ Silomais ausgelegt worden. Durch den Umbau der Stallungen im Jahr 2002 musste der jetzt in großen Mengen anfallende Stallmist mit in die Biogasproduktion einbezogen werden. In der pflanzlichen Produktion steht die Erzeugung von Getreide, Kartoffeln und Silomais im Vordergrund, wobei Silomais und Grassilage neben der Fütterung an die Mastochsen auch zur Biogaserzeugung angebaut werden.

Im Winter 1999 ist die Biogasanlage auf Gut Karlshof in Betrieb genommen und im Jahr 2009 von 140kW auf 420kW elektrischer Leistung erweitert worden. Somit wird nun jährlich Strom von rund 3.400.000 kWh erzeugt.

Das Ausbaupotenzial der bestehenden Biogasanlage Gut Karlshof ist bereits 2007 im Rahmen einer Diplomarbeit betrachtet worden. Darin wird untersucht, inwieweit die Möglichkeit besteht, das Biogas in das bestehende Gasnetz einzuspeisen.

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass es technisch zwar möglich ist, aus beliebiger Biogasqualität die Gasqualität des jeweiligen Ortsnetzes zu erreichen, der zu betreibende Aufwand und die damit verbunde-



Abb. 5.8: Gut Karlshof

nen Kosten jedoch erheblich sind. Voraussetzung ist, dass das Biogas die Aufbereitungsanlage mit einer Reinheit verlässt, welche die Gasbeschaffenheitsanforderungen des DVGW - Arbeitsblattes G 260 zur Nutzung von Biogas als Austauschgas erfüllt. Da jedoch die meisten Gasnetzbetreiber erhöhte Anforderungen an die Gasbeschaffenheit des einzuspeisenden Biogases stellen, wird eine Konditionierung mit LPG teilweise unumgänglich.

Laut EEG kann mit LPG konditioniertes Gas nicht mehr als Gas mit rein biologischem Ursprung angesehen werden. Dies führt zum Wegfall des NawaRo-Bonus bei Verstromung und macht den wirtschaftlichen Betrieb eines BHKW mit aufbereitetem Biogas fast unmöglich. Ein weiterer wesentlicher Faktor, der bei der Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz beachtet werden muss, stellt die maximal einzuspeisende Menge an Biogas dar. Diese wird vom Gasnetzbetreiber vorgegeben und richtet sich nach dem unterschiedlichen Gasverbrauch zwischen Sommer- und Winterperiode. Daher ist die Einspeisung in Niederdrucknetze im Wesentlichen nicht praktikabel.

Im Weiteren wird untersucht, inwieweit die bei der Verstromung anfallende Abwärme in unmittelbarer Nähe des Gutes genutzt werden kann.

Siedlungsgebiet Fischerhäuser

Auch nach der Erweiterung der Biogasanlage wird die Wärme weiterhin nur zur Beheizung der Gutsgebäude genutzt und der Strom ins öffentliche Netz gespeist. Eine Leistung von ca. 500 kW Wärme bleibt ungenutzt. Der realistische Leistungsbereich, den das Siedlungsgebiet Fischerhäuser benötigt, reicht von der Grundlast von 410 kW bis zur Spitzenlast von 1.700 kW (entspricht 70 % Gleichzeitigkeit). Somit kann die Grundlast des Wärmebedarfs von der Biogasanlage optimal abgedeckt werden.

Das Siedlungsgebiet Fischerhäuser zeichnet sich durch eine lockere Bebauung mit Einfamilienhäusern und einer daraus resultierenden relativ geringen Energiedichte aus. Zusammen mit der abgelegenen Lage im Norden von Ismaning spricht dies zunächst gegen den Aufbau eines Wärmenetzes. Da jedoch in relativer Nähe zum Siedlungsgebiet (etwa 300 Meter) Abwärme auf hohem Temperaturniveau bislang ungenutzt zur Verfügung steht gilt es, diese Einschätzung zu überprüfen.

Wärmenetz

Mit Hilfe des Softwareprogrammes CO2PRA wird zuerst der Lastverlauf über das komplette Jahr simuliert und darauf aufbauend mit dem Programm STEFaN ein optimaler Trassenverlauf ermittelt. Dieser bildet die Grundlage zur Berechnung der resultierenden Wärmeverluste unter Volllast (s. Anhang 9). Bei 5.800 Trassenmetern ergibt sich ein Gesamtwärmebedarf von 6.500 MWh/a. Der Anteil der Biogasabwärme, inklusive der Netzverluste, liegt bei 2.400 MWh/a.

Da die automatische Trassenplanung von STEFaN allerdings auf maximal 700 Teilstücke begrenzt ist, ist am Lehrstuhl ein Softwareprogramm erstellt worden. Dieses dimensioniert einerseits das Verlegenetz auch über große Distanzen, andererseits berechnet es sofort die entstehenden Bau- und Betriebskosten.

Die Netztrasse wird nach Straßenverläufen, in Anlehnung an das mit dem Programm STEFaN ermittelte Netz, im GIS mit allen Abnehmern erstellt. Eine Optimierung des Trassennetzes mittels hydraulischem Variantenvergleich erfolgt nicht, da dies in diesem Planungsstadium nicht für sinnvoll erachtet wird. Das Potential der hydraulischen Optimierung sollte aber bei einer Umsetzung mituntersucht werden.

In der Praxis werden Netze oft mit einem Druckverlust von 150 Pa/m dimensioniert. Im Betrieb zeigt sich dann, dass die eingesetzten Pumpen in der Regel stark

überdimensioniert sind und der Pumpenergieverbrauch in der Gesamtbilanz geringer ausfällt als erwartet. Der Effekt einer kleineren Dimensionierung und damit höherem Druck im Auslegungsfall wird deshalb genauer untersucht.

Das Trassennetz wird für zwei Varianten, jeweils mit einem Anschlussgrad von 100 % dimensioniert. Variante 1 wird dabei konservativ mit einem Druckverlust von maximal 150 Pa/m berechnet. Als maximal auftretender Druck bei 100 % Anschlussgrad ergibt sich für Variante 1 ein Wert von 3,5 bar. Für die Variante 2 wird das Netz mit einem Druckverlust von 500 Pa/m ausgelegt. Der hier maximal auftretende Druck beträgt 7,5 bar. Da ein Anschlussgrad von 100 % als unwahrscheinlich angesehen wird und die Spitzenlast nur selten auftritt, kann von einer ausreichenden Sicherheit für das Netz ausgegangen werden. Sämtliche Randbedingungen sind nochmals tabellarisch in Anhang 5 zusammengefasst.

Um den Einfluss des Wärmeabsatzes auf die Wirtschaftlichkeit abschätzen zu können, werden beide Varianten für die Anschlussgrade 30 %, 50 %, 70 % und 90 % berechnet. Zusätzlich wird jeweils die Dämmklasse von 1 bis 3 variiert. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden exemplarisch in Abbildung 5.9 und komplett im Anhang (S. 80 bis 87) als Durchschnittswerte des Mindestwärmepreises für die Betrachtungszeiträume 1 Jahr, 10 und 20 Jahre angegeben. Sie werden zudem als Verlauf nach Anschlussgraden für die Dämmklassen 1 bis 3 der Varianten

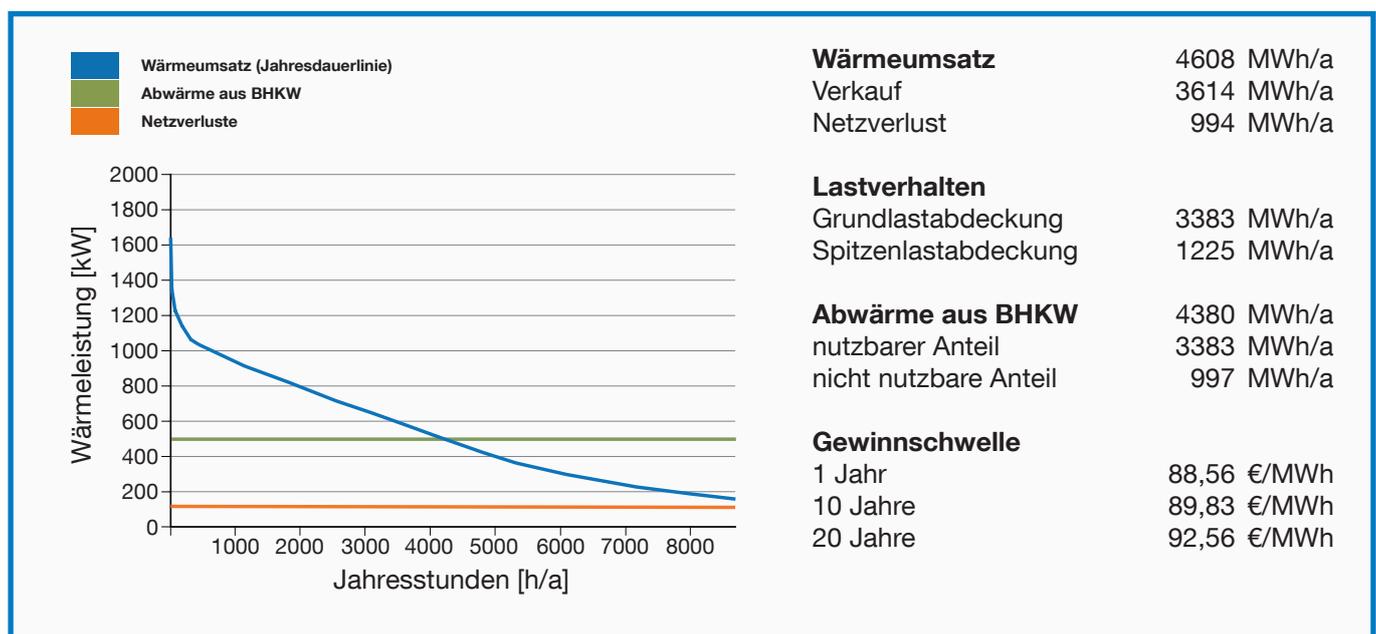


Abb. 5.9: Trassenauslegung max. 500 Pa/m, 70% Anschlussgrad, Dämmklasse 1

ten 1 und 2 in den Abbildungen Anhang 5.33 bis 5.38 grafisch dargestellt.

Der Mindestwärmepreis beinhaltet hierbei sämtliche anfallenden Netto-Kosten. Darin enthalten sind die Kosten für die Übergabestationen in Höhe von 3.000 €/WS, für den Spitzenlastzeuger von 45.000 € und ein Abwärmepreis von 5 €/MWh. Für den Anschlussgrad 90 % wird ein zusätzlicher Spitzenlastzeuger mit 28.000 € benötigt. Die Wärmeleistung des BHKW beträgt in etwa 500 kW, der Energiepreis für Gas des Spitzenlastzeugers wird mit 40 €/MWh bei einer Energiepreissteigerung von 5 %/a im Einkauf angesetzt. Den Berechnungen liegen weiter ein Kapitalzins von 4 %/a, eine allgemeine Preissteigerung von 2 %/a und eine Lohnkostensteigerung von 2 %/a zugrunde. Förderprogramme für den Netzausbau und den Einbau von Wärmeübergabestationen durch die KfW-Bankengruppe werden nicht mit einbezogen.

Die Ergebnisse zeigen für den als realistisch erreichbaren Anschlussgrad von 70 % einen Netto-Mindestwärmepreis von 88 €/MWh bis 107 €/MWh für die konservative Dimensionierung mit 150 Pa/m Druckverlust, abhängig vom Betrachtungszeitraum und der Dämmklasse (vgl. Anhang 5.7 bis 5.9). Für das kleiner dimensionierte Netz mit 500 Pa/m Druckverlust ergibt sich hier ein nur geringfügig anderer Netto-Mindestwärmepreis von 89 €/MWh bis 107 €/MWh, wieder abhängig vom Betrachtungszeitraum und der Dämmklasse (vgl. Anhang 5.19 bis 5.21). Ein deutlicher Effekt eines kleiner dimensionierten Netzes auf den Wärmepreis lässt sich nur bei sehr geringem Anschlussgrad feststellen. Hier sinkt der Wärmepreis, unabhängig vom Betrachtungszeitraum und der Dämmklasse, bei einem Anschlussgrad von 30 % um etwa 5 % (vgl. Anhang S. 90).

Mit steigender Dämmklasse verringern sich erwartungsgemäß die Netzverluste. Mit sinkenden Netzverlusten steigt der nutzbare Anteil der Abwärme aus dem BHKW. Das Einsparpotential bei einem kleiner dimensionierten Netz fällt auch energetisch eher gering aus. So bleiben die prozentualen Netzverluste mit zunehmendem Anschlussgrad annähernd gleich groß (s. Anhang S. 88f und Anhang S. 80 bis 89). Tendenziell ist zu beobachten, dass mit höherem Wärmedämmstandard der Wärmepreis steigt. Dies gilt für alle Betrachtungszeiträume, wie auch für beide Netzauslegungen und ist auf die sehr geringen Kosten der Abwärme zurückzuführen. Die Verhältnisse ändern sich mit zunehmendem Anschlussgrad, wenn die vom Spitzenlastzeuger bereitgestellte Wärme stärker ins Gewicht fällt (s. Anhang S. 90).



Abb. 5.10: Typischer Straßenzug im Ortsteil Fischerhäuser

Die Variante 1 (Trassenauslegung 150 Pa/m) erreicht bei 70 % Anschlussgrad für die Dämmklasse 1 einen Mindestwärmepreis von 90 €/MWh bei 10 Jahren Betrachtungszeitraum (s. Anhang S. 82 und Anhang 5.33). Damit befindet sich diese Variante in der Nähe des aktuellen Ölpreises. Deshalb wird der Gemeinde Ismaning die Beauftragung einer weiterführenden Planung dieser Variante empfohlen. Diese sollte insbesondere aktuelle Förderungen für das Wärmenetz, die Wärmeübergabestationen sowie das Potential einer hydraulischen Optimierung mit berücksichtigen.

Abschließend wird für die Variante 1 überprüft, wie weit sich eine wärmedämmtechnische Sanierung der Gebäude in der Zukunft auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Die Berechnungen werden für die Dämmklasse 1 mit den Anschlussgraden 30 %, 50 %, 70 % und 90 % durchgeführt.

Als Sanierungsszenario werden alle Wohngebäude mit einer Dämmung (WLG 040) der Außenwände von 14 cm, des Daches von 18 cm, der Bodenplatte/ Kellerdecke von 6 cm und Fenster mit einem U-Wert von 1,1 W/m²K versehen. Derart ausgestattet wird der sich so einstellende Energiebedarf mit Hilfe der Berechnungssoftware GemEB ermittelt. Auf die im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelte Berechnungssoftware wird im Kapitel „Dezentrale Versorgung“ des Handlungsgebietes Ismaning West näher eingegangen (s. Kapitel 5.7.2).

Mit dem neu ermittelten Energiebedarf der sanierten Gebäude wird die Netzberechnung erneut durchgeführt. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden im Anhang (S. 92 bis 93) als Durchschnittswerte des Mindestwärmepreises für die Betrachtungszeit-

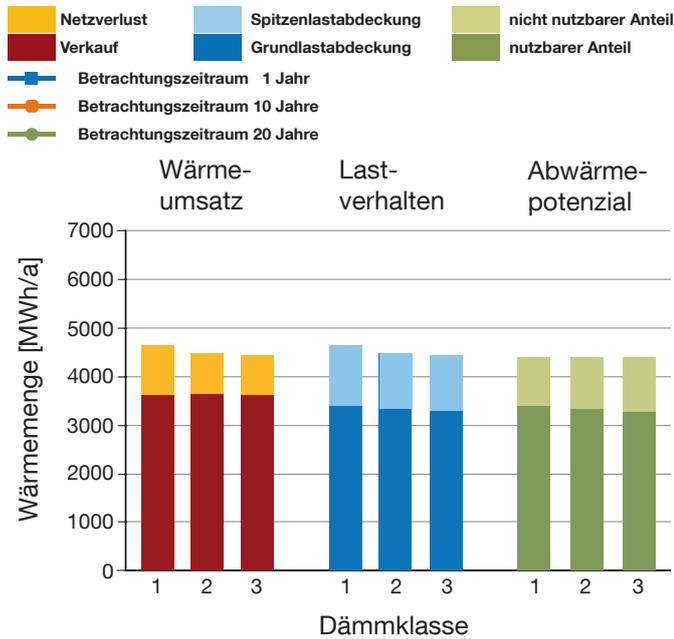


Abb. 5.11: Trassenauslegung max. 500 Pa/m, Anschlussgrad 70%

räume 1 Jahr, 10 und 20 Jahre angegeben. Die Randbedingungen sind auf S. 91 tabellarisch aufgeführt und bleiben unverändert zu den unsanierten Varianten. Bei 70 % Anschlussgrad ergibt sich für die Dämmklasse 1 bei 10 Jahren Betrachtungszeitraum ein Netto-Mindestwärmepreis von 124 €/MWh (s. Anhang 6.3). Auch der Anschlussgrad 90 % liefert mit 110 €/MWh noch einen hohen Wert (s. Anhang 6.4, vgl. hierzu auch Anhang 6.9). Unberücksichtigt bleibt jedoch, dass es sich bei dem gewählten Dämmszenario um einen Zustand handelt, der in frühestens 20 bis 30 Jahren erreicht wird. Es sind weiter keinerlei finanzielle Fördermöglichkeiten in die Wirtschaftlichkeitsberechnungen mit eingeflossen sind.

Da es sich bei der verfügbaren Abwärme um ein so-wieso zur Verfügung stehendes „Abfallprodukt“ aus dem Biogas BHKW handelt, die zudem nicht anders verwendet werden kann, ist eine langsamere Sanierungsrate in diesem Gebiet nicht nur wünschenswert, sondern auch umweltpolitisch vertretbar.

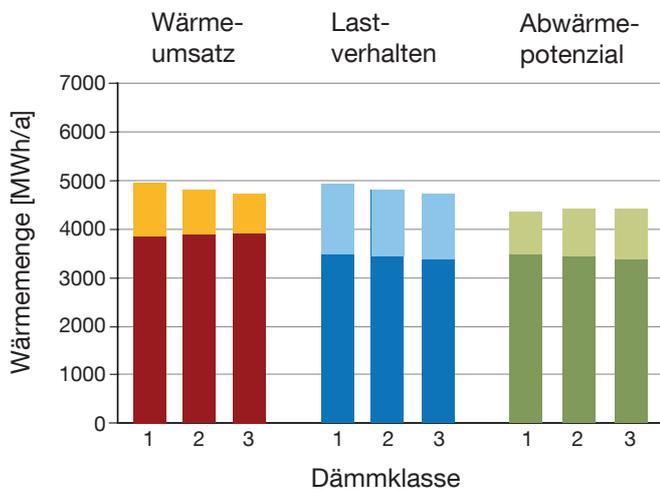


Abb. 5.12: Trassenauslegung max. 150 Pa/m, Anschlussgrad 70%

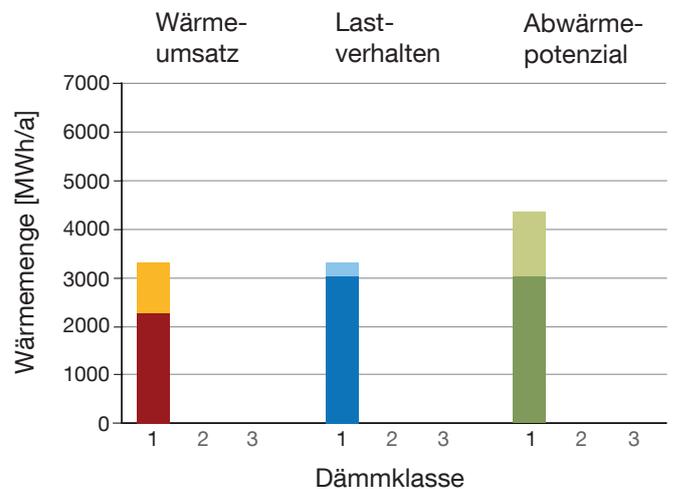


Abb. 5.14: Trassenauslegung max. 150 Pa/m, saniert Zustand, Anschlussgrad 70%

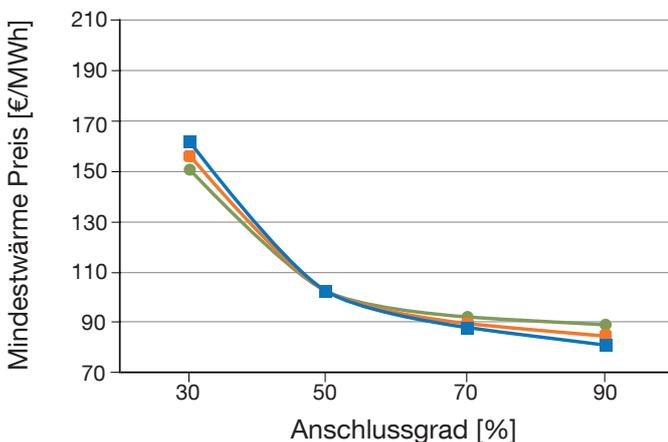


Abb. 5.13: Trassenauslegung max. 150 Pa/m

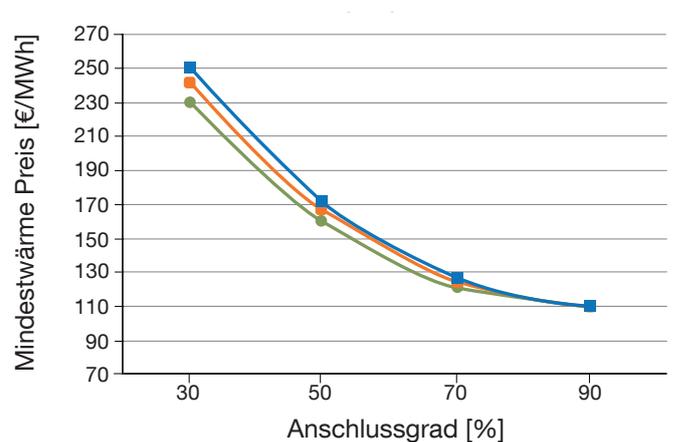


Abb. 5.15: Trassenauslegung max. 150 Pa/m, saniert Zustand

5.7 Ismaning West

5.7.1 NT-Wärmenetz

Der untersuchte Bereich umfasst das Gebiet Ismaning West, grob begrenzt von der Freisinger Straße im Osten und der Bahnhofstraße im Süden. Auch dieses Siedlungsgebiet zeichnet sich - wie das Siedlungsgebiet Fischerhäuser (vgl. Kapitel 5.6) - durch eine lockere Bebauung und damit eine relativ geringe Energiedichte aus. Da hier nicht wie im Fall Fischerhäuser günstige Abwärme auf hohem Temperaturniveau zur Einspeisung in ein Wärmenetz genutzt werden kann erscheint der Aufbau eines Wärmenetzes unwirtschaftlich.

Am 17.03.2011 hat die Gemeinde Ismaning das Projekt Tiefengeothermie beschlossen. Erwartete Rücklauftemperaturen im Fernwärmenetz der Tiefengeothermie belaufen sich auf 55° bis 60°C. Bei einer Temperaturdifferenz von 10 K, also bei einer weiteren Auskühlung des Rücklaufs auf bis zu 40° C, ergibt sich für die prognostizierte Förderleistung ein Abwärmepotenzial von etwa 3 MW.

Im Gegensatz zu einem direkten Anschluss des Wärmenetzes an die Tiefengeothermie steht bei der Nutzung des Rücklaufs die Wärme als Abwärme quasi „kostenlos“ zur Verfügung. Diese Abwärme liegt jedoch nicht - wie im Untersuchungsgebiet Fischerhäuser (vgl. Kapitel 5.6) - auf hohem Temperaturniveau, sondern im Bereich von Niedertemperaturwärme (NT-Wärme) vor.

Im weiteren Verlauf soll untersucht werden, inwieweit sich ein NT-Wärmenetz unter der Voraussetzung der Abwärmenutzung aus dem Rücklauf der Tiefengeothermie wirtschaftlich abbilden lässt. Zusätzlich wird ein direkter Anschluss des Gebiets an die Fernwärme aus Tiefengeothermie überprüft.

Zusätzliche Anforderungen an Gebäude bei Nutzung von NT-Wärme

Ein Wärmenetz auf niedrigem Temperaturniveau stellt hohe Anforderungen an die Abnehmer. So müssen z.B. die vorhandenen Heizflächen in den Gebäuden noch genügend Leistung für die Aufrechterhaltung der gewünschten Raumtemperatur erbringen können.

Für die im Untersuchungsgebiet typisch vorhandenen Einfamilienhäuser ist in der damaligen Zeit die Dimensionierung der Heizungsanlage meist nicht raumweise erfolgt. Die Heizkörper sind stattdessen auf Grundlage von Schätzwerten der Heizungsbauer und eher zu groß dimensioniert eingebaut worden. Somit bleiben oft Reserven für eine Absenkung der Vorlauftemperatur. Dennoch sollte im Einzelfall raumweise überprüft werden, ob die niedrigere Vorlauftemperatur für die Aufrechterhaltung der gewünschten Raumtemperatur ausreichend ist. Ist dies nicht der Fall, so müssen die betreffenden Heizkörper gegen leistungsstärkere ausgetauscht werden. In Abb. 5.16 ist beispielsweise ein gebläseunterstützter Konvektor dargestellt, der bei gleicher Größe nach [35] etwa 2,5 x mehr Leistung bietet.

Weiter ist die Trinkwarmwasserbereitung, bzw. -vorratshaltung aus hygienischen Gründen eventuell nicht mehr möglich. Um den Trinkwarmwasserspeicher zeitweise auf über 60° C zu erhitzen, ist eine Zusatzheizung (z.B. Elektrischer Heizstab) notwendig. Alternativ werden von mehreren Herstellern Wasser-Wasser-Wärmepumpen für die Trinkwarmwasserbereitung angeboten, die als Wärmequelle den Heizungsrücklauf verwenden. Die Einbindung einer Trinkwarmwasserwärmepumpe ist in Anlehnung an [36] in Abb. 5.17 für das NT-Wärmenetz schematisch dargestellt. Sie sind besonders dann

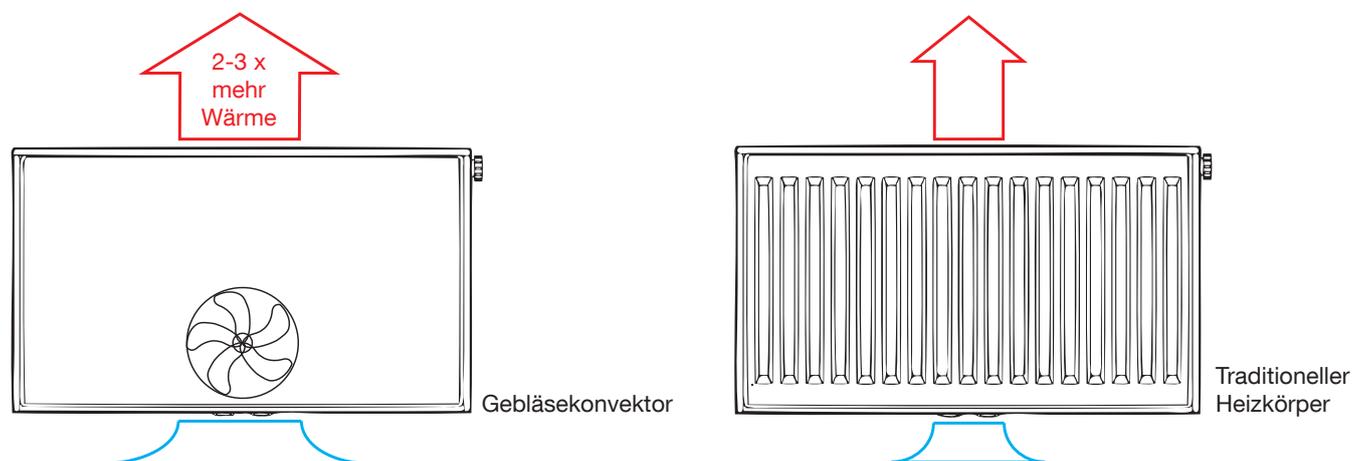


Abb. 5.16: Gebläsekonvektor und traditioneller Heizkörper gleicher Größe - Im Vergleich bietet der Gebläsekonvektor etwa 2,5 x mehr Leistung

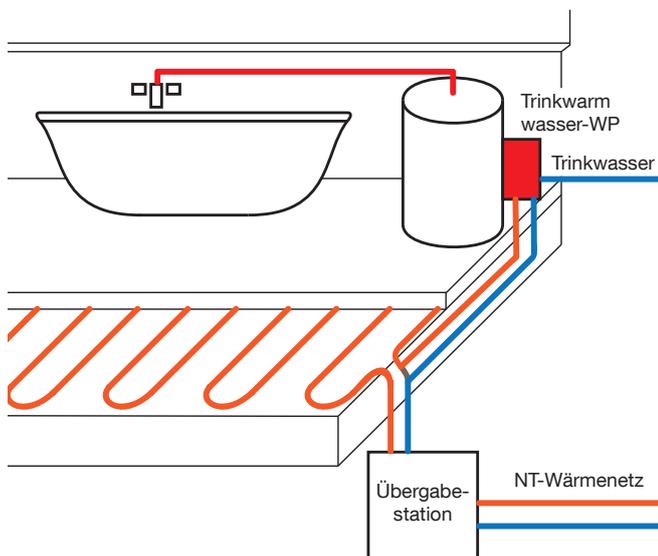


Abb. 5.17: Schematische Darstellung der Einbindung einer Trinkwarmwasserwärmepumpe in den Heizungsrücklauf

geeignet, wenn die Gebäudeheizung über eine Fußboden- oder Wandheizung erfolgt. Wegen der immer noch relativ hohen Temperatur im Heizungsrücklauf von ca. 30 °C arbeitet die Warmwasser-Wärmepumpe besonders effektiv und wirtschaftlich. Für eine direkte Nutzung der NT-Wärme mit einer Vorlauftemperatur von bis zu 55 °C muss die Vorlauftemperatur entsprechend herunter gemischt werden. Alternativ kann im Sommer die Trinkwarmwasserbereitung auch über Solarthermie erfolgen. Die Kosten für eine Trinkwarmwasser-Wärmepumpe mit 300 l Speicher belaufen sich netto nach Herstellerangabe [36] auf etwa 2.400 € je Einheit.

Soll auf eine Nacherwärmung des Trinkwarmwassers auf über 60 °C ganz verzichtet werden, bieten Frischwasserstationen, wie exemplarisch in Abb. 5.18 dargestellt, eine gute Möglichkeit der hygienischen Trinkwarmwasserbereitung. Das Trinkwasser wird in diesem Fall erst am Verbraucher z.B. im Badezimmer mittels Wärmetauscher im Durchlaufprinzip erhitzt. Bei Trinkwasserinhalt in Leitungen von unter 3 Litern werden nach DVGW W 551 keine hygienischen Anforderungen gestellt.

So kann bei 50 °C Vorlauftemperatur und 970 l/min. Durchlauf der Wärmetauscher noch 12 l/min. von 10 °C auf eine Temperatur von 45 °C erhitzen. Voraussetzung wäre bei Einfamilienhäusern allerdings eine direkte Einbindung in die NT-Wärme. Die Stationen ersetzen dann die Wärmeübergabestationen (Kosten ca. 3.000 € netto) und mischen die Temperatur für den Heizungs-vorlauf gegebenenfalls auf ein niedrigeres Temperaturniveau. Die Kosten belaufen sich nach Hersteller-

angabe [37] auf ungefähr 1.500 € netto je Station. Für Mehrfamilienhäuser ist ein zentraler Pufferspeicher, aus dem die einzelnen dezentralen Frischwasserstationen gespeist werden, notwendig.

In den weiteren Betrachtungen werden neben den Wärmeübergabestationen weitere Kosten für eventuell anfallende Arbeiten im Bereich Heizflächenumstellung bzw. Trinkwarmwassererwärmung mit eingerechnet. Eventuell zusätzlich anfallende Energie (Strom) für das Trinkwasser bleibt unberücksichtigt.

Vorgehen und Randbedingungen

Die Netztrasse wird nach Straßenverläufen im GIS mit allen Abnehmern erstellt. Eine Optimierung des Trassennetzes mittels hydraulischen Variantenvergleichs erfolgt nicht, da dies in diesem Planungsstadium nicht für sinnvoll erachtet wird. Das Potenzial der hydraulischen Optimierung sollte aber bei einer Umsetzung untersucht werden.

In der Praxis werden Netze oft mit einem Druckverlust von 150 Pa/m dimensioniert. Im Betrieb zeigt sich dann, dass die eingesetzten Pumpen in der Regel stark überdimensioniert sind und der Pumpenenergieverbrauch in der Gesamtbilanz geringer ausfällt als erwartet. Der Effekt einer kleineren Dimensionierung und damit höherem Druck im Auslegungsfall wird im Handlungsgebiet Fischerhäuser näher untersucht (s. Kapitel 5.6).



Abb. 5.18: Beispiel einer Frischwasserstation (Bildquelle: Hersteller [37])

Das Trassennetz wird mit Anschlussgrad von 100 % mit einem Druckverlust von 500 Pa/m dimensioniert und ausgelegt. Der hier maximal auftretende Druck liegt bei unter 5 bar. Um den Einfluss des Wärmeabsatzes auf die Wirtschaftlichkeit abschätzen zu können, werden die Anschlussgrade 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 % und 70 % für die Dämmklasse 1 berechnet. Zusätzlich wird zur Überprüfung der Variante Tiefengeothermie für den Anschlussgrad 70 % die Dämmklasse 1 mit hohem Temperaturniveau (90°/60° C) berechnet.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden im Anhang S. 97 bis S. 102 als Durchschnittswerte des Mindestwärmepreises für die Betrachtungszeiträume 1 Jahr, 10 und 20 Jahre angegeben. Zusammenfassend ist der Mindestwärmepreis nach Dämmklassen in Abhängigkeit des Anschlussgrades im Anhang auf S. 104 dargestellt. Der Mindestwärmepreis beinhaltet hierbei sämtliche anfallenden Kosten. Darin enthalten sind die Kosten für die Übergabestationen in Höhe von 3.000 €/WS sowie für den Spitzenlasterzeuger von 35.000 € je 1.000 kW. Für den Anschlussgrad 20 % und 30 % ist kein Spitzenlasterzeuger notwendig. Für den Anschlussgrad 40 % werden für den Spitzenlasterzeuger 70.000 €, für 50 % 105.000 €, für 60 % 140.000 € und für den Anschlussgrad 70 % 175.000 € als Kosten veranschlagt.

Alternativ zu den Spitzenlasterzeugern kann die notwendige Spitzenleistung auch aus dem Vorlauf der Tiefengeothermie entnommen werden. Die Investitionskosten im Bereich der Spitzenlast entfällt dann. Die notwendige Energie muss dafür zu den Konditionen des Wärmeverkaufs aus der Tiefengeothermie zugekauft werden. Die Bohrung der Tiefengeothermie muss dann jedoch entsprechend auch etwas größer dimensioniert werden. Die Abwärme aus dem Rücklauf steht ansonsten kostenlos zur Verfügung. Wie oben bereits dargelegt, liegt die Wärmeleistung aus dem Rücklauf der Geothermie in etwa bei 3.000 kW, der Energiepreis für Gas wird mit 40 €/MWh bei einer Energiepreissteigerung von 5 %/a im Einkauf angesetzt. Den Berechnungen liegen weiter ein Kapitalzins von 4 %/a, eine allgemeine Preissteigerung von 2 %/a und eine Lohnkostensteigerung von 2 %/a zugrunde. Förderprogramme für den Netzausbau und den Einbau von Wärmeübergabestationen durch die KfW-Bankengruppe werden nicht mit einbezogen.

Dem Konzept des NT-Wärmenetzes wird eine direkte Nutzung der Tiefengeothermie gegenübergestellt. Die Vorlauftemperatur erhöht sich in diesem Fall von 55° C auf 80° C. Die Massenströme werden mit einer Rücklauftemperatur der Häuser von 55° C berechnet. Bei

der Variante des NT-Wärmenetzes ist eine Auskühlung auf 40° C vorgesehen. Die Wärmeleistung bei direkter Nutzung der Geothermie wird für das Gebiet Ismaning West mit 4.500 kW angenommen. Der Wärmepreis für die Grundlast aus Tiefengeothermie wird mit 55 €/MWh angesetzt. Diese beinhalten anteilig die Erschließungskosten der Tiefengeothermie und die Bereitstellung der Wärme am Netz Ismaning West. Die Netzkosten werden separat errechnet und im Mindestwärmepreis eingerechnet.

Ergebnisse der Berechnung

Die Ergebnisse der Tiefengeothermiebetrachtung für das Siedlungsgebiet Ismaning West zeigen selbst bei einem Anschlussgrad von 70 % in allen Dämmklassen Kosten für den Mindestwärmepreis von weit über 100 €/MWh. Der Mindestwärmepreis ist in Anhang 8.5, S. 107, der Dämmklasse nach für die Betrachtungszeiträume 1, 10 und 20 Jahre aufgetragen. Eine wirtschaftliche Darstellung einer Versorgung des Gebietes Ismaning West mit Fernwärme aus der Tiefengeothermie ist nach unseren Berechnungen somit nicht möglich.

Die Ergebnisse für eine Abwärmenutzung aus der Tiefengeothermie zeigen bereits bei einem Anschlussgrad von 40 % (Dämmklasse 1) bei 10 Jahren Betrachtungszeitraum einen Mindestwärmepreis von 87 €/MWh. Damit befindet sich bereits diese Variante in der Nähe des aktuellen Ölpreises. Ein Anschlussgrad von 50 % liefert wirtschaftliche Kenndaten (Abb. 5.19). Der Gemeinde Ismaning wird deshalb eine Beauftragung einer weiterführenden Planung empfohlen. Insbesondere müssen darin aktuelle Förderungen für Nahwärmenetze und Wärmeübergabestationen sowie das Potential einer hydraulischen Optimierung berücksichtigt werden.

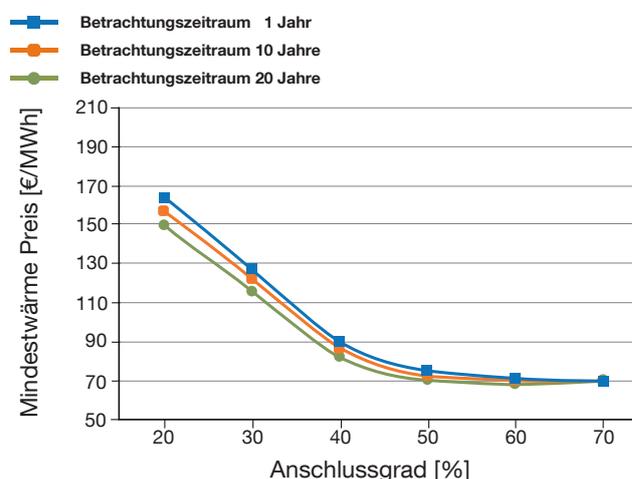


Abb. 5.19: Trassenauslegung max. 500 Pa/m, Dämmklasse 1

5.7.2 Dezentrale Versorgung

Der untersuchte Bereich umfasst das Gebiet Ismaning West, grob begrenzt von der Freisinger Straße im Osten und der Bahnhofstraße im Süden. Betrachtet werden nur die Wohngebäude dieses Gebietes. Während Einfamilienhäuser besonders häufig vorkommen, sind Gebäude der Klassen Hochhaus (HH) und großes Mehrfamilienhaus (GMH) nur durch insgesamt vier Exemplare vertreten. Im Folgenden werden deshalb nur die Gebäudeklassen EFH, DHH, MFH und RH betrachtet. Abb. 5.20 zeigt die Häufigkeit der verschiedenen Gebäudeklassen im Untersuchungsgebiet aufgeschlüsselt nach Baualtersklassen.

Wie im Kapitel zuvor bereits beschrieben, zeichnet sich das Siedlungsgebiet Ismaning West durch eine lockere Bebauung und damit eine relativ geringe Energiedichte aus. Eine Versorgung über regenerative Wärme aus der Tiefengeothermie mittels Wärmenetz scheint daher zunächst als ausgeschlossen. Bei Nutzung der Abwärme aus dem Rücklauf der Tiefengeothermie wird dies jedoch wirtschaftlich und ökologisch hoch interessant (vgl. Kapitel 5.7.1).

Für den Fall, dass die Gemeinde die im Kapitel 5.7.1 beschriebene Variante NT-Fernwärmenetz nicht weiter verfolgt, soll in diesem Kapitel untersucht werden, wie dennoch der Anteil an regenerativen Energien im Bereich Gebäudeheizung in diesem Siedlungsgebiet weiter ausgebaut werden kann. In der Regel stehen nicht ausreichend regenerative Energien am eigenen Grundstück zur Verfügung, um den Gebäudebestand mit Heizenergie zu versorgen. Deshalb ist die Reduzierung des Energiebedarfs ein vorrangiges Ziel.

Um die Effekte einzelner Maßnahmen für das Untersuchungsgebiet energetisch und wirtschaftlich besser einschätzen zu können, werden im folgenden verschie-

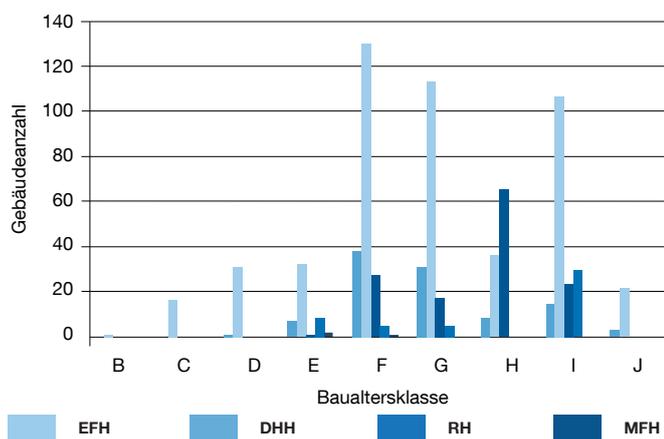


Abb. 5.20: Anzahl der Gebäude im Untersuchungsgebiet

dene Szenarien mit dem am Lehrstuhl entwickelten GemEB berechnet. Mit Hilfe dieses Tools können gezielt Datensätze zur Abschätzung von Energiekennwerten und Wirtschaftlichkeit größerer Gebäudegruppen oder Siedlungsgebiete herangezogen werden. Beschreibung, Installation und Bedienung der Software finden sich in Kapitel 3.3.2.

Untersuchung zur Gebäudedämmung

In diesem Abschnitt soll die energetische Verbesserung der Gebäudehülle hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Baualtersklasse und des Gebäudetyps untersucht werden. Die Berechnungen erfolgen im Modus „Optimale Dämmstärke“. In diesem Modus wird die Variante mit dem größten Einsparpotenzial hinsichtlich der Kosten berechnet. Das Auswahlkriterium für die Dämmstärke ist dabei die Amortisationszeit der einzelnen Maßnahmen an den Bauteilen Dach, Außenwand und Kellerdecke. Diese müssen außerdem den Mindestanforderungen der EnEV 2009, Anlage 3, Tabelle 1 genügen und können im Fall der Kellerdecken-dämmung das hier mit 10 cm festgelegte Maß nicht überschreiten (Raumhöhe). Berechnet wird die optimale Dämmstärke der Zusatzdämmung wie folgt:

Zunächst wird die nach EnEV 2009 erforderliche Dämmstärke der Zusatzdämmung bei definierter Wärmeleitgruppe in Abhängigkeit der Baualtersklasse ermittelt. Hierfür wird die Zusatzdämmung in Zentimetern so lange erhöht, bis der geforderte U-Wert eingehalten werden kann. Eine Ausnahme bildet die Dämmung der Kellerdecke, da hier eine möglichst gut nutzbare lichte Raumhöhe erhalten bleiben soll. Die Zusatzdämmung wird hier deshalb auf maximal 10 cm beschränkt. Abgesehen von diesem Ausnahmefall erfolgt dann eine weitere Erhöhung der Zusatzdämmung, wenn der nächste Zentimeter an Dämmung eine Verkürzung der Amortisationszeit zur Folge hat.

Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass hier Fördermaßnahmen unberücksichtigt bleiben. Eine alleinige Beurteilung der Wirtschaftlichkeit über die Betrachtung der Amortisationszeit ist zudem problematisch. So ist z.B. für eine Energieeinsparberatung nach BAFA-Richtlinie ausdrücklich ein zusätzliches Verfahren gefordert, das einen besseren Wirtschaftlichkeitsvergleich zulässt (z.B.: Interner Zinsfuß, Annuitätenmethode) [11]. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass z.B. steigende Energiepreise unberücksichtigt bleiben. Die Amortisationszeit liefert zwar eine einfache und leicht nachvollziehbare Möglichkeit der Abschätzung, kann jedoch lediglich Tendenzen aufzeigen.

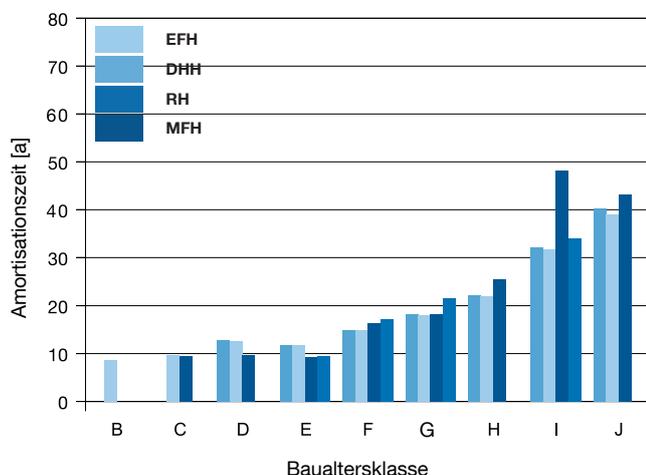


Abb. 5.21: Amortisationszeiten Dämmung, Szenario Bestand unsaniert

In Abbildung 5.21 sind die Ergebnisse der mittleren Amortisationszeiten nach Gebäudetyp und Baualtersklasse einzeln aufgeschlüsselt dargestellt. Die zugehörigen optimalen Dämmstärken für die Bauteile Dach, Außenwand und Kellerdecke werden in Abbildung 5.22 ebenfalls nach Baualtersklasse und Gebäudetyp aufgeschlüsselt dargestellt.

Für die meisten Gebäude beträgt die Amortisationszeit der energetischen Erhöhung der Gebäudehülle demnach mehr als 20 Jahre. Es wird deutlich, dass eine energetische Optimierung der Gebäudehülle bei neueren Gebäuden längere Amortisationszeiten zu Folge hat. Dies ist vor allem auf den bereits deutlich besseren Wärmeschutz und das damit geringere Energieeinsparpotenzial dieser Baualtersklassen zurückzuführen.

Ohne vorausgegangene energetische Sanierung lässt sich in Gebäuden der Baualtersklassen B (vor 1918) bis F (1969-1978) eine Dämmung der Gebäudehülle wirtschaftlich darstellen. Sie bedingen Amortisationszeiten von unter 20 Jahren (s. Abb. 5.21). Allerdings ist zu beachten, dass hier von einem unsanierten Zustand ausgegangen wird. Unter Berücksichtigung von Sanierungszyklen würden sich diese Ergebnisse deutlich schlechter darstellen.

Untersuchung zur Haustechnik

Die Berechnungen hinsichtlich der Haustechnik werden im Modus „Technik“ durchgeführt. Für die energetische Sanierung der Hüllfläche wird lediglich ein Fenstertausch als Möglichkeit vorgesehen. Seitens der Anlagentechnik stehen verschiedene Wärmeerzeuger,

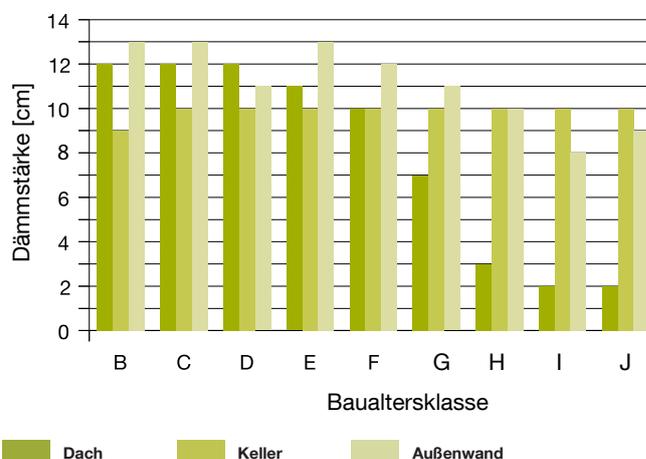


Abb. 5.22: Optimale Dämmstärken, Szenario Bestand unsaniert

Solarthermie und raumlufttechnische (RLT) Anlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung (WRG) zur Auswahl. Auch für die Optimierung der Haus- bzw. Anlagentechnik wird die Auswahl über die kürzeste Amortisationszeit getroffen (vgl. hierzu auch den Hinweis im vorangegangenen Abschnitt „Untersuchung zur Gebäudedämmung“).

Die im weiteren Verlauf aufgeführten Kombinationen erheben nicht den Anspruch, die beste Lösung für das jeweilige Gebäude zu sein. Sie geben lediglich Tendenzen für die Wirtschaftlichkeit verschiedener Anlagenkombinationen wider. Auf Grund mangelnder Daten und zur weiteren Vereinfachung des Modells wird angenommen, dass derzeit alle Gebäude mit einem Erdgas-Brennwertkessel ausgestattet sind. Es findet keine Unterscheidung nach Anlagentalter und Kesselwirkungsgrad statt.

Als Ergebnis zeichnen sich dabei fünf Hauptkombinationen im Siedlungsgebiet West ab. Sie werden in Tabelle 5.1 aufgeführt. Dargestellt ist die jeweilige prozentuale Verteilung der Varianten über die einzelnen Gebäudetypen EFH, DHH, MFH und RH. Zu erkennen ist, dass ein Austausch der Fenster (U_w -Wert: $1,1 \text{ W/}^2\text{K}$) in den fünf häufigsten Maßnahmenpaketen immer enthalten ist. Dies lässt den Schluss zu, dass Investitionen im Bereich Anlagentechnik immer mit einer Verbesserung des Dämmstandards einhergehen sollten.

Während sich für die Gebäudeklassen DHH, EFH und RH die Varianten 1 bis 3 als wirtschaftlich darstellen, errechnen sich für 7,3 % der Objekte aus Gebäudeklasse MFH weitere mögliche, teils objektspezifische, Varianten. Tendenziell ist festzustellen, dass sich

eine Umstellung auf regenerative Wärmeerzeuger in Mehrfamilienhäusern am schnellsten amortisiert. Bei vielen EFH, DHH und RH erscheint eine solche Umstellung als eher unwirtschaftlich. Bei rund 50 % der EFH und DHH ist eine Sole-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit solarer Trinkwarmwasserbereitung aus den untersuchten Alternativen als die wirtschaftlichste anzusehen. Voraussetzung ist hier natürlich das Vorhandensein einer geeigneten Dachfläche und die Möglichkeit einer Einbindung in ein eventuell bereits bestehendes System.

Kritisch anzumerken ist, dass die oben beschriebenen Maßnahmen bauphysikalisch und technisch nicht unbedingt sinnvoll sein müssen. So kann zum einen der alleinige Tausch der Fenster bei schlechten U-Werten der Wände in Verbindung mit einer ungenügenden Lüftung zu Schimmelproblemen führen. Der Einsatz einer Wärmepumpe kann sich in der Praxis bei ungenügendem Wärmeschutz für die Beheizung auf niedrigem Temperaturniveau als ungeeignet herausstellen. Dies führt dann zu einer besonders unwirtschaftlichen Betriebsweise der Wärmepumpe und somit zu anderen Ergebnissen.

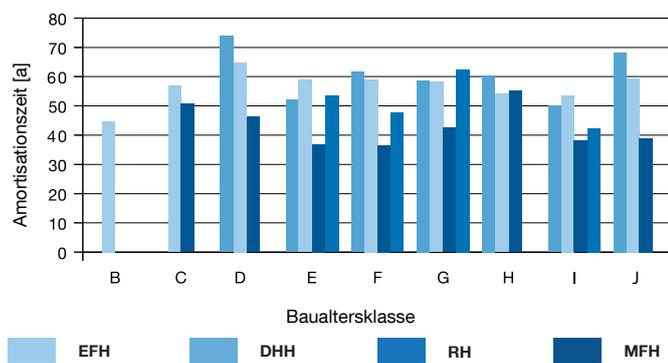


Abb. 5.23: Amortisationszeiten Haustechnik, Szenario Bestand unsaniert

Ergebnisse und Fazit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass bei Anbringen von zusätzlicher Dämmung für die Baualtersklasse G und jünger im bis dahin unsanierten Zustand Amortisationszeiten von mehr als 20 Jahren zu erwarten sind. Für bereits teilmodernisierte Gebäude dieser Altersklassen sind die Amortisationszeiten deutlich länger.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch der Endbericht „Gebäudetypologie Bayern“ [38]. Hierin heißt es, dass sich ohne Fördermaßnahmen tendenziell nur solche Gebäude wirtschaftlich abbilden lassen, die in der Studie als sogenannte Hochverbraucher eingestuft worden sind. Dies betrifft in etwa 10 % des Gebäudebestands in München. Für eine ökonomisch sinnvolle Darstellung der in der Studie als „Durchschnittsverbraucher“ bezeichneten Gebäude muss ein etwas höherer Energiepreis angenommen werden.

Werden Bauteile erneuert, Umbauten oder Ausbauten vorgenommen, so sind die Anforderungen der EnEV einzuhalten. Die so entstehenden Kosten können nicht unter energetischen Sanierungskosten verbucht werden. Es handelt sich dort um sogenannte Sowiekosten. Die Anforderungen der EnEV 2009 werden deshalb bei der Ermittlung der Mindestdämmstärken eingehalten.

Im Bereich der Anlagentechnik ergeben sich meist Amortisationszeiten von mehr als 40 Jahren. Tendenziell zeigt sich, dass in Gebäuden mit drei und mehr Stockwerken Holzpelletöfen meist zu kürzeren Amortisationszeiten führen. In kleineren Gebäuden dagegen führt die Installation einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung in Kombination mit keiner Heizungserneuerung oder mit Austausch des Erdgas-Brennwertkessels gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe zu den besten Amortisationszeiten.

Tab. 5.1: Verteilung der ersten fünf als optimal errechneten Varianten in den Gebäudeklassen

Kombination	Heizung	Solar	RLT	U-Wert Fenster	EFH	DHH	MFH	RH
1	Erdgasbrennwertkessel / Bestand	zur TWW - Bereitung	mit WRG	1,1W/m²K	54,2 %	47,3 %	1,8 %	93,0 %
2	Sole-Wasser-WP	zur TWW - Bereitung	mit WRG	1,1W/m²K	34,9 %	37,3 %	20,9 %	7,0 %
3	Sole-Wasser-WP	zur TWW - Bereitung	keine WRG	1,1W/m²K	10,7 %	15,4 %	40,0 %	0 %
4	Erdgasbrennwertkessel / Bestand	zur TWW - Bereitung	keine WRG	1,1W/m²K	0,2 %	0 %	20,9 %	0 %
5	Holzpelletofen	keine Anlage	keine WRG	1,1W/m²K	0 %	0 %	9,1 %	0 %
andere					0 %	0 %	7,3 %	0 %

Die getrennte Betrachtung von Dämmmaßnahmen und Anlagentechnik lässt eine tendenzielle Abschätzung der Wirtschaftlichkeit beider Vorgehensweisen zu. Hier zeigt sich, dass die energetische Verbesserung der Gebäudehülle kürzere Amortisationszeiten liefert. Werden Kosten für einen Anlagentausch bei turnusmäßigem Wechsel als Sowiessokosten verbucht, ändert sich das Bild natürlich.

Die mit GemEB errechneten Werte eignen sich dazu, einen groben Überblick über die zukünftige Energiebedarfsverteilung der verschiedenen Gebäudekategorien in einem Untersuchungsgebiet zu geben. Berechnungen und Empfehlungen für einzelne Gebäude können nur unter Aufnahme detaillierterer Daten erfolgen. Handlungsempfehlungen können nur nach bauphysikalischer und technischer Einzelprüfung gegeben werden. Tendenziell lassen sich aber für das Untersuchungsgebiet allgemeine Handlungsempfehlungen für die Gemeinde ableiten und sich Entwicklungen bei verschiedenen Szenarien darstellen.

Handlungsempfehlung

Sollen verstärkt regenerative Energien in diesem Siedlungsgebiet zum Einsatz kommen, so ist es sinnvoll, den Wärmedämmstandard der Gebäude zu verbessern. Dies erleichtert den Einsatz von NT-Heizungssystemen und damit z.B. den wirtschaftlichen Einsatz von Wärmepumpen.

Ergänzend zu den Bundesprogrammen sollten deshalb vermehrt Dämmmaßnahmen seitens der Gemeinde gefördert werden. Bei den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass sonst besonders bei teilsanierten oder Gebäuden jüngeren Datums lange Amortisationszeiten zu erwarten sind.

Auch die wirtschaftliche Darstellung der solaren Heizungsunterstützung oder die Umstellung auf regenerative Wärmeerzeuger benötigt weitere Anreize. Wie die Ergebnisse der Untersuchung der Haustechnik zeigen, sollten Maßnahmen im Bereich der Anlagentechnik immer mit einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle einhergehen. Hier sollten Fördermaßnahmen entsprechend Einfluss nehmen.

Da sich in dem Untersuchungsgebiet vermehrt Einfamilienhäuser befinden, sollten an diesen verstärkt Maßnahmen gefördert werden. Um Ziele in anderen Handlungsgebieten nicht zu gefährden, ist jedoch eine gründliche Abstimmung der Förderprogramme notwendig. So könnte im Bereich des Handlungsgebietes Fischerhäuser ein zu großer Anreiz zur energetischen Sanierung für den Netzausbau eher kontraproduktiv sein (vgl. Kapitel 5.6). Auch für den Aufbau und den Betrieb des im Kapitel 5.7.1 zuvor beschriebenen NT-Wärmenetzes können sich zu starke Anreize negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirken, wenngleich die Auswirkungen hier geringer einzuschätzen sind und gewisse Arbeiten zur Nutzung von NT-Wärme sowieso notwendig werden.

6 Ausblick

Die in Kapitel 5 „Konzeptentwicklung“ vorgestellten Planungsvorschläge geben den Entscheidungsträgern in der Gemeinde konkrete Möglichkeiten zur Umsetzung.

Der Weg zu diesen Konzepten hat neue Möglichkeiten der Wärmebedarfsermittlung in Form der neu entwickelten Software „GemEB“ aufgetan. Für ein Siedlungsgebiet, welches im Mittel deutlich von den vom IWU ermittelten typischen Geometrien abweicht, liefert es im Vergleich zu der gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung auch davon abweichende, aber hinsichtlich der Gebäudegeometrie genauere Ergebnisse.

Die Untersuchungen im Handlungsfeld Ismaning West haben ergeben, dass eine niedertemperaturige Wärmeversorgung eine hervorragende Möglichkeit bietet, die

Effizienz der Tiefengeothermie nochmals zu erhöhen. Nun liegt es an der Gemeinde, bestehende Fördermaßnahmen so zu erweitern, dass eine optimale Effizienzsteigerung in den jeweiligen Gebieten erreicht wird. Bei der Umsetzung des NT-Wärmenetzes in Ismaning West (Kapitel 5.7) könnten Planungsleistungen und Dämmmaßnahmen erhöht subventioniert werden.

Zudem bietet es sich an, in der zweiten Projektphase von „EnEff:Wärme“, der baulichen Realisierung, Inbetriebnahme und Betriebsoptimierung, einen weiteren Forschungsantrag zu stellen. Hier könnte eine detailliertere Untersuchung zu dem von uns vorgeschlagenen NT-Wärmenetz entstehen und Vorschläge für konkrete Planungsleistungen und sinnvolle Zuschüsse gemacht werden.



Abb. 6.1: Luftbild der Gemeinde Ismaning

Glossar

Baualter/Baualterklasse

Das Baualter definiert den Zeitabschnitt, in dem ein Gebäude gebaut wurde, unter Berücksichtigung des Inkrafttretens von gesetzlichen Vorgaben zum Wärmeschutz und entsprechenden baukonstruktiven Ausprägungen. In Verbindung mit dem jeweiligen Gebäudetyp kann man Baualterklassen bilden, anhand derer sich den Gebäuden ein spezifischer statistischer Heizwärmebedarfswert zuweisen lässt.

Benutzungsdauer

Die Benutzungsdauer ist das Verhältnis von erzeugter Energie in kWh zur tatsächlich eingetretenen Höchstlast in kW. Sie wird meist in Stunden pro Jahr angegeben und ist neben der erzeugten Energie von der Auslastung der Anlage abhängig.

Brennwert (H_g)

Der Brennwert beschreibt die Wärmemenge, die bei der Verbrennung eines Brennstoffes anfällt, zuzüglich der Wärmemenge, die durch Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes frei wird.

Brutto-Grundfläche (BGF)

Als Brutto-Grundfläche (BGF) bezeichnet man gemäß DIN 277 diejenige Fläche, die sich aus der Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Gebäudes errechnet.

COP

siehe Leistungszahl

Digitale Flurkarte (DFK)

Die Flurkarte ist die graphische, maßstabsgetreue Darstellung der Grundstücke des Katasters. Mit ihr wird der korrekte Raumbezug der Daten aus dem Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) hergestellt. In Bayern liegt die Flurkarte flächendeckend digital vor (digitale Flurkarte, DFK). Sie ist bei der Bayerischen Vermessungsverwaltung (<http://www.geodaten.bayern.de>) in verschiedenen Schnittstellenformaten (gegen Gebühr) erhältlich.

Endenergie

Die Endenergie ist der Teil der Primärenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten zur Verfügung steht, z. B. in Form von Heizöl, Holzpellets oder Strom.

Energiebedarf

Der Energiebedarf ist eine kalkulatorische Größe, die unter festgelegten Bedingungen und mit einem definierten Verfahren berechnet wird. Er beschreibt die theoretische Energiemenge, die zu einem gegebenen Zweck benötigt wird (siehe auch Heizwärmebedarf).

Energieverbrauch

Im Unterschied zum Energiebedarf ist der Energieverbrauch eine gemessene Größe: die Menge Energie, die

tatsächlich in einem bestimmten Zeitraum verbraucht wurde (siehe auch Heizwärmeverbrauch).

Gebäudegrundfläche

Als Gebäudegrundfläche wird hier die von einem Gebäude in seinen Außenkanten eingenommene Fläche auf Geländeebene bezeichnet.

Gesamtwärmebedarf (auch Wärmebedarf)

Der Gesamtwärmebedarf ist die Summe aus Heizwärmebedarf, Brauchwarmwasserbedarf und ggf. Bedarf an Prozesswärme.

Geographisches Informationssystem (GIS)

Ein GIS ist eine Software zur Erfassung, Verarbeitung und graphischen Darstellung von raumbezogenen Daten.

Gleichzeitigkeit

Im Kontext der Wärmeversorgung, insbesondere mit Wärmenetzen, beschreibt der Begriff der Gleichzeitigkeit die Tatsache, dass die maximale Gesamtleistungsanforderung einer Abnehmergruppe, aufgrund der zeitlichen Streuung der Wärmeabnahme der einzelnen Verbraucher, i. a. niedriger ist als die Summe der nominellen Nennleistungen aller Einzelabnehmer. Dieser Faktor spielt eine wesentliche Rolle bei der Dimensionierung von Anlagen und Wärmenetzen.

Grundlast

Die Grundlast ist der während einer Zeitspanne (z. B. Monat, Jahr) gleichbleibende Teil einer Last.

Heizwärmebedarf

Unter dem Heizwärmebedarf versteht man die rechnerisch ermittelte, für die Beheizung eines Gebäudes notwendige Wärmemenge, die sich aus der vorgesehenen Innenraumtemperatur, den äußeren klimatischen Bedingungen sowie den Wärmegewinnen und -verlusten des Gebäudes ergibt. Entscheidender Faktor dafür ist die Gebäudehülle.

Heizwärmeverbrauch

Beim Heizwärmeverbrauch handelt es sich im Gegensatz zum Heizwärmebedarf um die tatsächlich verbrauchte Energiemenge für die Beheizung eines Gebäudes. Der Verbrauch bildet daher im Gegensatz zum Bedarf auch Witterung und Nutzerverhalten ab.

Heizwert (H_i)

Der Heizwert bezeichnet die Wärmemenge, die bei der Verbrennung eines Brennstoffes frei wird, ohne die im Wasserdampf der Abgase enthaltene Wärmemenge zu berücksichtigen.

Höchstlast

Die Höchstlast ist die in einer Zeitspanne (z. B. Tag, Monat, Jahr) größte auftretende Last. Sie wird ermittelt

als Momentanwert oder als Mittelwert über eine kurze Zeitspanne.

Jahresarbeitszahl (JAZ) (s.a. Leistungszahl)

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist das Verhältnis zwischen der jährlich gelieferten Wärme und der jährlich eingesetzten Antriebsenergie (Strom). Es ist ein Maß für die tatsächliche Effizienz einer Wärmepumpe in der Praxis. Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabnahme, desto höher ist die Jahresarbeitszahl und umso effizienter läuft die Anlage.

Jahresnutzungsgrad

Der Jahresnutzungsgrad ist das Verhältnis der im Jahr erzeugten nutzbaren Energiemenge zu der im Jahr zugeführten Energiemenge (z. B. Energiemenge des Brennstoffs) einer Anlage. Er bildet demnach die durchschnittliche Effizienz einer Anlage über das gesamte Jahr ab.

Kraft-Wärme-Kopplung

Als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet man die gleichzeitige Gewinnung und Nutzung von Strom und Wärme in einer Anlage. Aufgrund der doppelten Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie ist die Gesamteffizienz gegenüber einer reinen Stromerzeugungsanlage viel höher. Es handelt sich z. B. um Blockheizkraftwerke (BHKW) mit fossilen Energieträgern oder Biomasse.

Leistungszahl (s.a. Jahresarbeitszahl)

(engl. Coefficient of Performance, COP)

Die Leistungszahl ist ein Maß für die Effizienz einer Wärmepumpe. Sie ist definiert als das Verhältnis zwischen der gelieferten Wärmeleistung (Heizwärme) und der aufgenommenen Antriebsleistung (meistens Strom) unter gegebenen Bedingungen am Prüfstand. Sie ist also ein theoretischer Wert.

Nennlast/Nennleistung

Als Nennleistung wird die vom Hersteller angegebene Leistung einer Anlage bezeichnet, die diese aufnehmen oder abgeben kann. Die Nennleistung ist die Dauerleistung einer Anlage, d. h. sie ist die höchste Leistung, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb ohne zeitliche Einschränkung erbracht werden kann, ohne Lebensdauer oder Sicherheit der Anlage zu beeinträchtigen.

Nutzenergie

Nutzenergie ist der Teil der Endenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten innerhalb des Gebäudes für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht, z. B. Heizwärme, Licht.

Nutzfläche (Gebäudenutzfläche)

Unter Nutzfläche versteht man gemäß DIN 277 den Anteil der Gebäudegrundfläche, der der Nutzung entsprechend der Zweckbestimmung dient. Nicht dazu gezählt

werden Verkehrsflächen und Funktionsflächen, die der Unterbringung zentraler betriebstechnischer Anlagen in einem Bauwerk dienen.

Nutzungsgrad

Der Nutzungsgrad ist ein Maß dafür, wie viel von der im Energieträger gespeicherten Energie tatsächlich in einer Heizperiode genutzt werden kann. Im Unterschied zum Wirkungsgrad, welcher nur in einem (optimalen) Betriebspunkt gemessen wird, wird der Nutzungsgrad über einen längeren Zeitraum ermittelt. Der Wirkungsgrad einer Anlage ist demnach immer höher als Nutzungsgrad. Dieser errechnet sich ggf. als Summe aus elektrischem und thermischem Nutzungsgrad.

Primärenergie

Als Primärenergie bezeichnet man die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht und noch keiner Umwandlung unterzogen wurde, z. B. solare Einstrahlung oder Rohöl.

Primärenergiefaktor

Der Primärenergiefaktor ist definiert als das Verhältnis zwischen der erzeugten Endenergie und der dafür eingesetzten Primärenergie um einen gegebenen Energiebedarf zu decken. Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieformen, Quellen und Technologien werden in DIN 4701-10 [58] festgelegt. Dabei wird zwischen dem Gesamtprimärenergiefaktor (fossile und erneuerbare Quellen) und dem Primärenergiefaktor, der nur die nicht erneuerbaren Energieanteile enthält, unterschieden.

Redundanz

Redundanz ist gegeben, wenn mehr Betriebsmittel zu Verfügung stehen, als für den momentanen Betrieb benötigt werden. Aufgrund der Anforderungen an die Versorgungssicherheit wird Redundanz in Energiesystemen verlangt. Das meist genutzte Kriterium ist das $n + 1$ -Kriterium, was bedeutet, dass eine Anlage ausfallen kann, ohne dass die Funktion des Systems beeinträchtigt wird.

Sommerfall (s.a. Winterfall)

Der Begriff Sommerfall beschreibt im Kontext der Wärmeversorgung die Zeitspanne, in der nur die Grundlast zu decken ist, d. h. keine Raumheizung sondern nur Warmwasser (und ggf. Prozesswärme) benötigt wird.

Spitzenlast

Spitzenlast ist der nur selten auftretende Teil einer Last. Sie tritt in Zeiten der Höchstlast auf und wird durch Spitzenlast-Kraftwerke bzw. Anlagen gedeckt. Diese zeichnen sich durch geringe Investitionskosten und geringe Laufzeiten aus.

Stromkennzahl

Ein charakteristisches Merkmal einer KWK-Anlage stellt die Stromkennzahl dar. Sie ist definiert als der Quotient aus abgegebener elektrischer und thermischer Leistung. Bei Anlagen mit konstanter Stromkennzahl bleibt das Verhältnis von Wärme zu Strom gleich und kann nur die Brennstoffzufuhr variiert werden. Im größeren Leistungsbereich werden auch Anlagen mit variabler Stromkennzahl eingesetzt. Bei diesen Anlagen kann die Wärme- und Stromproduktion in bestimmten Leistungsbereichen entkoppelt werden und somit dem Wärme- bzw. Strombedarf angepasst werden.

U-Wert

siehe Wärmedurchgangskoeffizient

Verbrennungsmotorische BHKW

(Diesel-, Ottomotor)

Verbrennungsmotorische KWK-Anlagen bestehen aus einem Otto- oder Dieselmotor mit angeflanschem Generator.

Die Motorabwärme wird mit Hilfe eines Kühlmediums ausgekoppelt und steht für den Einsatz als Raum- oder Prozesswärme zur Verfügung.

Wärmebedarfsdichte

Als Wärmebedarfsdichte bezeichnet man den Gesamtwärmebedarf eines Gebiets, bezogen auf die entsprechende Gebietsfläche.

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist ein Maß für die Wärmedämmfähigkeit eines Bauteils. Er definiert die Wärmeleistung, die bei einer Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft von 1 °C durch 1 m² des Bauteils hindurchfließt. Diese ist umso höher, je niedriger der U-Wert ist.

Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe ist eine Maschine, mittels derer Wärme aus einer Quelle niedrigen Temperaturniveaus entnommen und unter Zuführung mechanischer Arbeit auf einem höheren (nutzbaren) Temperaturniveau abgegeben wird.

Wärmetauscher

Ein Wärmetauscher ist eine Apparatur, welche es ermöglicht, thermische Energie von einem Medium auf ein anderes zu übertragen. Bauformen sind z. B. Plattenwärmetauscher oder Rohrbündelwärmetauscher.

Winterfall (siehe auch Sommerfall)

Der Begriff Winterfall beschreibt im Kontext der Wärmeversorgung die Zeitspanne, in der nicht nur die Grundlast zu decken ist, d. h. neben Warmwasser und Prozesswärme auch Energie für die Raumheizung erforderlich ist. Als Heiztage gelten die Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur unter der jeweiligen Heizgrenz-

temperatur liegt. Diese Zeitspanne kann je nach Baualter, Dämmung und geografischer Lage des Gebäudes verschieden stark variieren.

Wirkungsgrad

Der elektrische bzw. thermische Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis von nutzbarer elektrischer bzw. thermisch abgegebener Leistung zur zugeführten Brennstoffleistung. Der Wirkungsgrad stellt demnach ein Maß für die Effizienz eines Energieumwandlungsprozesses dar. Er wird zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. in einem optimalen Betriebspunkt gemessen.

Wohnfläche

Als Wohnfläche bezeichnet man die nach der Wohnflächenverordnung (WoFIV) bzw. auf Grundlage anderer Rechtsvorschriften zur Berechnung von Wohnflächen ermittelte Fläche.

Nach der WoFIV umfasst die Wohnfläche einer Wohnung die Grundfläche der Räume, die ausschließlich zu dieser Wohnung gehören. Vorgeschrieben ist die Berechnung nach WoFIV nur für den geförderten Wohnungsbau.

Abkürzungen und Einheiten

Verwendete Abkürzungen

AG	Aktiengesellschaft
AKM	Absorptionskältemaschine
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BG	Biogas
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CAD	Computer Animated Design
CO ₂	Kohlendioxid
DHH	Doppelhaushälfte
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
EE	Endenergie
EEG	Erneuerbare - Energien - Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
Erz.	Erzeuger
EW	Einwohner
FM	Frischmasse
GF	Grundfläche
GBD	betriebliche Dienstleistungen
GGA	Gaststätten
GGSC	Partnerschaftsgesellschaft Gaßner, Groth, Siederer und Coll
GHA	Gebietskörperschaften, Kreditinstitute, Versicherungen
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GIS	Geographisches Informationssystem
GKO	Organisationen
GmbH	Gesellschaft mit begrenzter Haftung
GMH	großes Mehrfamilienhaus
GWI	Gemeindewerke Ismaning
GVE	Großvieheinheit
GVI	Gasversorgung Ismaning
Hi	Heizwert
HS	Brennwert
HH	Hochhaus
HKW	Heizkraftwerk
H _T	Transmissionswärmeverlust
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
k.A.	keine Angabe
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LPG	Flüssiggas
MFH	Mehrfamilienhaus
min.	Minute
NawaRo	Nachwachsender Rohstoff
NT	Niedertemperatur
NN	Normalnull
oTS	organische Trockensubstanz

PE	Primärenergie
PTJ	Projektträger Jülich
PV	Photovoltaik
QGIS	Quantum GIS
RH	Reihenhaus
RKK	Rückkühlwerk
RLT	Raumlufttechnik
SP	Speicher
ST	Siedlungstyp
SVI	Stromversorgung Ismaning
TS	Trockensubstanz
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
VBA	Visual Basic for Application
WE	Wohneinheit
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WP	Wärmepumpe
WS	Wärmeübergabestation

Verwendete Einheiten

%	Prozent
°C	Grad Celsius
a	Jahr
cm	Zentimeter
EUR/€	Euro
g	Gramm
GW	Gigawatt
h	Stunde
ha	Hektar
K	Kelvin
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
kW _{el}	elektrische Leistung
l	Liter
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
mm	Millimeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
Pa	Pascal
s	Sekunde
t	Tonnen
tFM	Tonnen Frischmasse
W	Watt

Quellen-, Literatur- und Softwareverzeichnis

- [1] Gemeinde Ismaning, URL: <http://rathaus.ismaning.de/rathaus/offiziell/zahlen> [Stand: 15.09.2011]
- [2] Förderkonzept „Energieeffiziente Fernwärmeversorgung“, EnEff:Wärme - Forschung für energieeffiziente Wärme- und Kältenetze, im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung „Innovation und neue Energietechnologien“, URL: http://www.eneff-stadt.info/uploads/media/Foerderkonzept_EnEff-Waerme.pdf [Stand: 15.09.2011]
- [3] IWU Institut Wohnen und Umwelt: Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze, Darmstadt, 2005, URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Gebaeudetypologie_Deutschland.pdf
- [4] Born, R. / Diefenbach, N. / Loga, T., Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie, Studie im Auftrag des Impulsprogramms Hessen, Endbericht, Darmstadt 2003, URL: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf [Stand: 27.10.2009]
- [5] Blesl, M. et al.: Wärmeetlas Baden-Württemberg, Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen, Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Stuttgart 2008, URL: <http://bwplus.fzk.de/berichte/SBer/BWK25007SBer.pdf> [Stand: 27.10.2009]
- [6] Blesl, M.: Räumlich hoch aufgelöste Modellierung leitungsgebundener Energieversorgungssysteme zur Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs, IER-Forschungsbericht Band 92, Stuttgart 2002, URL: <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2002/1193/pdf/FB92.pdf> [Stand: 27.10.2009]
- [7] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 23, Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009, Bonn 2009, URL: http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext/enev_2009_0_090430_bundesgesetzblatt_amtliche_fassung_leseversion.pdf
- [8] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN V 4108 - 6, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs, Berlin 2003
- [9] Deutsches Institut für Normung e.V., DIN V 4710 - 10, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Berlin 2003
- [10] IWU Institut Wohnen und Umwelt: Kosten energetischer Modernisierungen im Gebäudebestand, Vortrag in Wels am 03.03.2011, URL: http://www.wsed.at/fileadmin/redakteure/WSED/2011/download_presentations/32_Hinz.pdf
- [11] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Richtlinie über die Förderung der Beratung zur sparsamen und rationellen Energieverwendung in Wohngebäuden vor Ort - Vor-Ort-Beratung, vom 10. September 2009, Berlin 2009, URL: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/energiesparberatung/vorschriften/energie_vob_richtlinie_2009.pdf
- [12] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) / Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) / Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (OBB) (Hg.): Leitfaden Energienutzungsplan, München 2011
- [13] Neuffer, H. / Witterhold, F. G.: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, AGFW-Hauptstudie – erster Bearbeitungsabschnitt, Band 2: Wärmeversorgung des Gebäudebestandes + Technologieentwicklung und -bewertung, Frankfurt/M. 2001, URL: <http://www.agfw.de/86.0.html> [Stand: 28.10.2009]

- [14] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA): VDI 3807, Blatt 2, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude, Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte, 1997, URL: <http://www.vdi.de/4349.0.html> [Stand: 28.10.2009]
- [15] Schlomann, B. / Geiger, B. / Herzog, T.: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006, Karlsruhe/München/Nürnberg 2008, URL: <http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energieverbrauch-des-sektors-ghd-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> [Stand: 28.10.2009]
- [16] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hg.): Leitfaden nachhaltiges Bauen, Berlin 2011, URL: <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/46918/publicationFile/42820/leitfaden-nachhaltiges-bauen-nicht-barrierefrei.pdf>
- [17] Meteotest: Meteororm, URL: <http://www.meteororm.com> [Stand: 28.09.2009]
- [18] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Erneuerbare Energien, URL: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4759/> [Stand: 01.08.2011]
- [19] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Großvieheinheitenrechner 2.1, URL: <http://daten.ktbl.de/gvrechner/gvHome.do#start> [Stand: 01.08.2011]
- [20] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Biogas - Eine Einführung, 6. überarbeitete Auflage, Gülzow 2009, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_175-fnr-\(2009\)-biogas-eine-einfuehrung.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_175-fnr-(2009)-biogas-eine-einfuehrung.pdf) [Stand: 27.10.2009]
- [21] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Biogas Basisdaten Deutschland, Gülzow 2008, URL: http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_185-v8-basisdaten_biogas_2010_finale-fassung.pdf [Stand: 27.10.2009]
- [22] Jürnjacob Dugge, Klärschlammverwertung, URL: http://www.avut.ch/downloads/291209/Referat_Klaerschlammsorgung_JDugge.pdf [Stand: 01.08.2011]
- [23] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, Gülzow 2006, URL: http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/HR_Biogas.pdf [Stand: 10.02.2011]
- [24] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Leitfaden Bioenergie, Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, Gülzow 2007, URL: http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_189leitfaden_2005.pdf [Stand: 28.10.2009]
- [25] Bayerisches Landesamt für Umwelt, Umweltwissen, Oberflächennahe Geothermie, 2010
- [26] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUG) / Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (Hg.): Oberflächennahe Geothermie, Heizen und Kühlen mit Energie aus dem Untergrund, Ein Überblick für Bauherren, Planer und Fachhandwerker in Bayern, München 2007, URL: <http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Geothermie.pdf> [Stand: 19.07.2011]
- [27] Bayerischen Landesamts für Umwelt, Web Map Service, Hydrogeologische Karte 1:500.000, URL: <http://geoportal.bayern.de/GeoportalBayern/anwendungen/Suche> [Stand: 19.07.2011]
- [28] Bayerische Staatsregierung: BayernViewer, URL: <http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer2.0/in-dex.cgi> [Stand: 19.07.2011]

- [29] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e.V., Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) GbR im Verband kommunaler Unternehmen, Institut Energie in Infrastrukturanlagen (Hg.): Heizen und Kühlen mit Abwasser, Ratgeber für Bauherren und Kommunen, Zürich 2005, URL: http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/Flyer-Broschueren/abwasser_2009.pdf [Stand: 27.10.2009]
- [30] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (Hg.): Bayerischer Windatlas, München 2010, URL: http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Bayerischer_Windatlas.pdf [Stand: 10.12.2010]
- [31] Bayerisches Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: Bericht über den weiteren Ausbau der Wasserkraftnutzung in Bayern. 1995
- [32] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Erneuerbare Energien, URL: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4644/> [Stand: 01.08.2011]
- [33] Technische Universität München (Hg.): Raitenhaslach, Ort der Begegnung und Wissenschaft, München 2011
- [34] Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) (Hg.): Abwicklung von Standardlastprofilen, URL: http://www.stadtwerke-schkeuditz.de/download/Netzzugang/Erdgas/Praxisinformation-P2007_13_SLP_Gas.pdf [Stand: 21.09.2011]
- [35] Hersteller: Jaga, URL: <http://www.jaga-deutschland.de/>
- [36] Hersteller: HauteC, URL: <http://www.hautec.eu/>
- [37] Hersteller: Meibes, URL: <http://www.meibes.de/>
- [38] Hinz, E.: Gebäudetypologie Bayern – Entwicklung von 11 Hausdatenblättern zu typischen Gebäuden aus dem Wohngebäudebestand Bayerns, Studie im Auftrag des Bund Naturschutz Bayern e.V., Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 27.02.2006

Software

AutoCAD	Autodesk
CO ₂ PRA	Valentin Software
Epas Helena 5.4 Ultra	Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.
gvSIG	gvSIG Association
Micosoft Office	Microsoft Corporation
OpenOffice.org	Oracle
python	Python Software Foundation
QuantumGIS	QGIS Development Team
Qt Creator	Nokia Corporation
STAFaN	Technische Universität Dresden

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. 1.1	Überblick der Handlungsfelder in der Gemeinde Ismaning	7
Abb. 2.1	Luftbildaufnahme der Gemeinde Ismaning	8
Abb. 2.2	Projektzeitplan	10
Abb. 2.3	Handlungsschritte des Energienutzungsplans	11
Abb. 3.1	Mitarbeiter der TUM bei der Ortsbegehung zur Datenaufnahme	12
Abb. 3.2	Darstellung des Wärmebedarfs mit dem Quadratraster	14
Abb. 3.3	Darstellung des Wärmebedarfs mit einem individuellen Raster mit homogener Struktur	14
Abb. 3.4	Arbeitsfläche des Geoinformationssystems Quantum GIS	15
Abb. 3.5	Vergleich der Berechnungsmethoden für verschiedene Gebäudetypen mit Wohnfläche und Heizwärmebedarf	18
Abb. 3.6	Erweiterungen verwalten	18
Abb. 3.7	Erweiterungsmanager	18
Abb. 3.8	Erweiterung öffnen	18
Abb. 3.9	Layer-Tab	19
Abb. 3.10	Vorlage-Tab	19
Abb. 3.11	Modus-Tab	20
Abb. 3.12	Technische Angaben-Tab	20
Abb. 3.13	Attributzuordnung-Tab	21
Abb. 3.14	Ausgabe Energiekennwerte-Tab	21
Abb. 4.1	Schematische Darstellung zur Differenzierung der Energieströme bei der Wärmeversorgung am Beispiel eines Gebäudes mit Mischnutzung	24
Abb. 4.2	Bestimmung der Siedlungstypologie in Ismaning	25
Abb. 4.3	Siedlungsbezogen ermittelte Wärmebedarfskarte	25
Abb. 4.4	Rasterung mit dem durchschnittlichen Baualter	27
Abb. 4.5	Wärmebedarf aller Wohn- und Nicht-Wohngebäude nach Baualtersklassen	29
Abb. 4.6	Verteilung der Baualtersklassen aller Wohn- und Nicht-Wohngebäude nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf	29
Abb. 4.7	Prozentualer Anteil der verschiedenen Typologien nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf	30
Abb. 4.8	direkter Vergleich der Wärmebedarfsverteilung nach siedlungsbezogener und gebäudebezogener Wärmebedarfsermittlung	30
Abb. 4.9	Sanierungspotential im Gemeindegebiet	31
Abb. 4.10	Wärmebedarfsdichte im Jahr 2030	31
Abb. 4.11	Detaillierte Informationen über bestehende Nahwärmenetze	32
Abb. 4.12	Anschlussgrad bestehender Fernwärmenetze	32
Abb. 4.13	Versorgungsgrad mit Gas	32
Abb. 4.14	Anzahl vorhandener Elektroheizungen	33
Abb. 4.15	Anzahl vorhandener Wärmepumpen	33
Abb. 4.16	vorhandene Wasserkraftwerke	33
Abb. 4.17	Verteilung der vorhandenen Solarthermieanlagen	34
Abb. 4.18	Verteilung der vorhandenen Photovoltaikanlagen	34
Abb. 4.19	Gut geeignete Dachflächen zur solaren Nutzung	36
Abb. 4.20	Grundwasserstände	40
Abb. 4.21	Kanalisationsnetz	40
Abb. 4.22	Ausschnitt des Kanalisationsnetzes	40
Abb. 4.23	Gewerbegebiete Osterfeld und Am Lenzenfleck	41

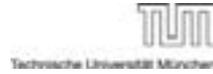
Abb. 4.24	Windgeschwindigkeit (Jahresdurchschnittswerte) in 80 m Höhe über Grund sowie ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Abständen von 600, 800 und 1.000 m zu Hauptgebäuden	41
Abb. 4.25	Windgeschwindigkeit (Jahresdurchschnittswerte) in 140 m Höhe über Grund sowie ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Abständen von 600, 800 und 1.000 m zu Hauptgebäuden	42
Abb. 4.26	Potential zur Deckung des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien im Gemeindegebiet	44
Abb. 4.27	Potential zur Deckung des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien im Gemeindegebiet	45
Abb. 5.1	Übersicht der Handlungsfelder	46
Abb. 5.2	Bereits mit Nahwärme versorgte Gebäude um das Hallenbad sowie um die Mayerbacherstraße	48
Abb. 5.3	Wärmedichtekarte im Bereich der bestehenden Nahwärmenetze	48
Abb. 5.4	Anschluss Nahwärme Hallenbad - Mayerbacherstraße	48
Abb. 5.5	Wärme - und Kälteversorgung durch Erhöhung der Grundlast	49
Abb. 5.6	Schematische Darstellung zur optimalen Nutzung der Geothermie zu Kühlzwecken im Gewerbegebiet Osterfeld	49
Abb. 5.7	Schematische Darstellung der vorgeschlagenen energetischen Versorgung des Medien- und Gewerbebeparks	50
Abb. 5.8	Gut Karlshof	51
Abb. 5.9	Trassenauslegung max. 500 Pa/m, Anschlussgrad 70%, Dämmklasse 1	52
Abb. 5.10	Typischer Straßenzug im Ortsteil Fischerhäuser	53
Abb. 5.11	Trassenauslegung max. 500 Pa/m, Anschlussgrad 70%	54
Abb. 5.12	Trassenauslegung max. 150 Pa/m, Anschlussgrad 70%	54
Abb. 5.13	Trassenauslegung max. 150 Pa/m	54
Abb. 5.14	Trassenauslegung max. 150 Pa/m, sanierter Zustand, Anschlussgrad 70%	54
Abb. 5.15	Trassenauslegung max. 150 Pa/m, sanierter Zustand	54
Abb. 5.16	Gebläsekonvektor und traditioneller Heizkörper gleicher Größe - Im Vergleich bietet der Gebläsekonvektor etwa 2,5 x mehr Leistung	55
Abb. 5.17	Schematische Darstellung der Einbindung einer Trinkwarmwasserwärmepumpe in den Heizungsrücklauf	56
Abb. 5.18	Beispiel einer Frischwasserstation (Bildquelle: Hersteller [37])	56
Abb. 5.19	Trassenauslegung max. 500 Pa/m, Dämmklasse 1	57
Abb. 5.20	Anzahl der Gebäude im Untersuchungsgebiet	58
Abb. 5.21	Amortisationszeiten Dämmung, Szenario Bestand unsaniert	59
Abb. 5.22	Optimale Dämmstärken, Szenario Bestand unsaniert	59
Abb. 5.23	Amortisationszeiten Haustechnik, Szenario Bestand unsaniert	60
Abb. 6.1	Luftbild der Gemeinde Ismaning	62

Tabellen

Tabelle 3.1	Validierung Excel-Mappe nach EnEV - Heizperiodenverfahren	17
Tabelle 3.2	Validierung GemEB nach IWU - Verbrauchswerten	17
Tabelle 3.3	Erläuterung der neu hinzugefügten Attribute	22
Tabelle 4.1	spezifische Wärmebedarfswerte (Nutzenergie) von Siedlungstypen	27
Tabelle 4.2	Spezifische Heizwärmebedarfswerte für Wohngebäude (Nutzenergie)	28
Tabelle 4.3	Spezifische Brauchwarmwasserbedarfswerte für Wohngebäude	28
Tabelle 4.4	Spezifischer Abschlag je Sanierungsmaßnahme nach Gebäudetyp und Baualter	29

Tabelle 4.5	Spezifische Wärmebedarfswerte für den Sektor GHD (Nutzenergie)	30
Tabelle 4.6	Ausgangsdaten - Solarpotenzial	37
Tabelle 4.7	Betrachtete Parameter - Solarpotenzial	37
Tabelle 4.8	Solarpotenzial	37
Tabelle 4.9	Schon genutztes Solarpotenzial	37
Tabelle 4.10	Ausgangsdaten - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial	38
Tabelle 4.11	Betrachtete Parameter - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial	38
Tabelle 4.12	Ergebnisse - Schon genutztes landwirtschaftliches Potenzial	39
Tabelle 4.13	Ausgangsdaten - Potenzial biogener Reststoffe	39
Tabelle 4.14	Betrachtete Parameter - Potenzial biogener Reststoffe	39
Tabelle 4.15	Ergebnisse -Potenzial biogener Reststoffe	39
Tabelle 4.16	Potenzial Waldrestholz	40
Tabelle 4.17	Windkraft - Potenzial	43
Tabelle 4.18	Potenzial Wasserkraft	43
Tabelle 5.1	Verteilung der ersten fünf als optimal errechneten Varianten in den Gebäudeklassen	60

Anhang 2: Fragebogen zur Bestimmung des Energiebedarfs im Gewerbegebiet Osterfeld



Fragebogen zur Bestimmung des Energiebedarfs im Gewerbegebiet Osterfeld

Bitte füllen Sie den nachfolgenden Fragebogen in Zusammenarbeit mit dem Interviewer soweit möglich aus.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Betrieb

Name: _____
 Adresse: _____
 Ort: _____ Postleitzahl: [][][][][][]
 Hauptniederlassung Zweigstelle

Ansprechpartner

Name: _____
 Telefon: [][][][][][][][][][]
 E-Mail: _____

Die angegebenen Daten dürfen zum Ziele einer nachhaltigen Energieversorgung der Gemeinde verwendet werden.

Datum [][][] . [][][] . 20 [][] Unterschrift: _____

Interviewer

Name: _____
 Organisation: _____

Datum [][][][] . [][][] . 20 [][]

I. Allgemeiner Teil - Merkmale der Immobilie

- 1a. Wie viele Gebäude haben Sie hier an diesem Standort?
 1b. Wie groß ist die gesamte Gebäudefläche an diesem Standort?

Anzahl der Gebäude: [][]
 Gesamte Nutzfläche: [][][][][][][][][][] m²

2. Wann wurde das Gebäude errichtet?

(Bei mehreren Gebäuden mit unterschiedlichem Alter: größtes Gebäude oder hauptsächlicher Anteil der Gebäude)

- vor 1977
 1978 bis 1994
 1995 bis 2001
 ab 2002
 nicht bekannt / nicht zuordenbar

3a. Wie viele Nutzergruppen (Betriebe) nutzen die Immobilie?

3b. Geben sie die Namen und die Branche sowie die prozentuale Nutzung der größten Nutzer an.

Nr.	Name	Branche	Flächenanteil	Anzahl der Beschäftigten
1			[][][] %	[][][][][]
2			[][][] %	[][][][][]
3			[][][] %	[][][][][]
4			[][][] %	[][][][][]
5			[][][] %	[][][][][]

Anleitung

Dieser Fragebogen besteht aus insgesamt vier Kapiteln, die mit römischen Ziffern bezeichnet werden. Die einzelnen Fragen sind hierbei grau unterlegt.

Bitte bearbeiten Sie den ganzen Fragebogen, da nur auf diese Weise eine vollständige Auswertung erfolgen kann. Sollten weiter Anmerkungen gleich welcher Art nötig sein, können diese am Ende beigefügt werden.

Beachten Sie bitte: Sollte Ihre Immobilie unterschiedliche Gebäude verschiedener Baualter aufweisen, sind, falls möglich, getrennte Fragebögen auszufüllen. Ein Fragebogen kann dabei durchaus eine Vielzahl von ähnlichen Gebäuden umfassen.

Im folgenden werden die in diesem Fragebogen auftauchenden Elemente beispielhaft kurz vorgestellt und erläutert:

Darstellung	Beschreibung	Bedeutung
Raumart	Text mit anschließend durchgezogener Linie	Dies ist ein Freitextfeld, in das beliebige Eintragungen getätigt werden können
<input checked="" type="checkbox"/> Ofenheizung <input checked="" type="checkbox"/> Zentralheizung	quadratische Felder	Trifft bei Ihnen ein durch solche Felder beschriebener Sachverhalt zu, kreuzen Sie dies bitte entsprechend an. Mehrfachnennungen sind möglich.
<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nein	runde Felder	Hierbei handelt es sich um "entweder-oder"-Felder, die einander inhaltlich ausschließen. Mehrfachnennungen sind an dieser Stelle nicht zulässig.
[][][][][] m ²	Kästchenfelder	Tragen Sie hier Zahlen ein. Achten Sie bitte auf eventuelle Einheiten.
(bitte eintragen)	kursiver Text in Klammern	Hierbei handelt es sich um kurze Hinweise und Hilfestellungen, die das Ausfüllen erleichtern sollen

Im Fragebogen verwendete Abkürzungen:

- kg Kilogramm
 kWh Kilowattstunde
 l Liter
 MWh Megawattstunde
 m² Quadratmeter
 m³ Kubikmeter
 Srm Schüttraummeter
 t Tonne
 WZ Wirtschaftszweig

II. Energieverbrauch

Die folgenden Fragen dienen der Ermittlung des Energieverbrauchs dieser Immobilie

4a. Bitte nennen Sie uns für alle genutzten Energie- und Brennstoffarten den Verbrauch für das letzte Abrechnungsjahr.

4b. Geben Sie dazu bitte die verbrauchte Menge, die Einheit, auf die sich die Mengenangabe bezieht, und wenn möglich die Kosten (in €; inkl. MwSt) für jede verbrauchte Energieart an. (Sollten nur Einzelrechnungen vorliegen, ermitteln Sie daraus bitte den ges. Jahresverbrauch)

4c. Bitte geben Sie zusätzlich an, wozu die genutzte Energieart verwendet wurde.

Energiebezug	Jährliche Menge	Einheit	Gesamtkosten (inkl. MwSt)	4c.		
				Heizen	Warmwasser	Produktion
<input type="checkbox"/> Strom	[][][][][]	<input type="radio"/> kWh <input type="radio"/> MWh	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Strom für Speicherheizung	[][][][][]	<input type="radio"/> kWh <input type="radio"/> MWh	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Fernwärme (inkl. Nahwärme)	[][][][][]	<input type="radio"/> kWh <input type="radio"/> MWh	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Gesamtheizkosten	/	/	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brennstoffbezug	Jährliche Menge	Einheit	Gesamtkosten (inkl. MwSt)	Heizen	Warmwasser	Produktion
<input type="checkbox"/> Erdgas	[][][][][]	<input type="radio"/> kWh <input type="radio"/> m ³	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Flaschengas	[][][][][]	<input type="radio"/> l <input type="radio"/> kg	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Flüssiggas	[][][][][]	<input type="radio"/> l <input type="radio"/> m ³	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Heizöl	[][][][][]	<input type="radio"/> l <input type="radio"/> kWh	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Steinkohle	[][][][][]	<input type="radio"/> kg <input type="radio"/> t	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Braunkohle	[][][][][]	<input type="radio"/> kg <input type="radio"/> t	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Stückholz	[][][][][]	<input type="radio"/> kg <input type="radio"/> fm <input type="radio"/> Ster	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Hackschnitzel	[][][][][]	<input type="radio"/> kg <input type="radio"/> fm <input type="radio"/> S-m ³	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> sonstiges Holz	[][][][][]	<input type="radio"/> kg <input type="radio"/> fm <input type="radio"/> Ster	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pellets	[][][][][]	<input type="radio"/> kg <input type="radio"/> S-m ³	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Biogas	[][][][][]	<input type="radio"/> m ³	[][][][][] €	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

III. Merkmale der Fläche

- 6a. Wie verteilt sich die Fläche auf die unten aufgeführten Raumarten ? (bitte eintragen)
- 6b. Welche Flächenanteile der jeweiligen Raumarten werden über Klimatisierung (Anlagen mit einstellbarer Feuchte und Temperatur), Raumkühlung (Anlagen zur Kühlung mit einstellbarer Temperatur, aber ohne Entfeuchtung) oder Ventilatorenumluft (Lüftung - nur Luftumwälzung) versorgt?
- 6c. Wie viel % der Fläche der jeweiligen Raumarten werden nicht beheizt (Angaben in % der gesamten Fläche der jeweiligen Raumart) (Sofern die genauen Flächenanteile nicht bekannt sind, bitte schätzen) (bitte eintragen)

Raumart	Anteil an der Gesamtfläche	6b. davon (Angaben jeweils in % der Fläche der jeweiligen Raumart)			
		klimatisiert	gekühlt	belüftet	nicht beheizt
Verkauf, Gastraum, Schalterhalle etc.					
Produktion bzw. Schul-/Kranken-/Hotelzimmer					
Labor					
Büro					
Lager					
Keller					
Kantine					
Sonstige:					
Sonstige:					
		1	0	0	

- 7a. Welcher Art ist Ihre Belüftungsanlage?
- zentral dezentral
- 7b. Falls Sie zentrale Belüftung haben, kreuzen Sie bitte an, welche der folgenden Aufgaben Ihre Belüftungsanlage erfüllt.
- heizen kühlen befeuchten entfeuchten
- 7c. Falls spezielle Anforderungen an die klimatischen Bedingungen existieren, bitte beschreiben Sie die.

V. Kälteanlage

10. Bitte machen Sie Angaben zu den installierten Klima und Kühl-Anlagen. (nach Leistung geordnet)

Nr.	Art der Anlage	Größe	Baujahr	Durchschnittliche Betriebszeit	
				jährlich [Tage/Jahr]	täglich [Stunden/Tag]
1	zentrale Kältebereitstellung	Leistung			
2	mobile Kleinkühlgeräte	Anzahl			
3	dezentrale Split-Klimageräte	Anzahl			

11. Wie hoch ist ihr Kältebedarf? (Machen sie eine Angabe, falls ein separater Zähler vorhanden ist)

Energiebedarf: kWh_elektrisch
 kWh_Kälte

12. Wie groß ist die gekühlte Fläche von Räumen für Server, EDV-Geräte, Telefonanlage u.ä. ?

gekühlte Fläche: m²

13. Falls Sie über eine zentrale Kältebereitstellung verfügen, machen Sie bitte Angaben zu den folgenden Punkten.

- 12b. Wie wird Ihre Kälteanlage betrieben? thermisch angetrieben elektrisch angetrieben
- 12c. Welche Art der Rückkühlung haben Sie? Feuchtrückkühler Trockenrückkühler
- 12d. Temperaturniveau der Anlage? (Vorlauf/Rücklauf) °C °C
- 12e. Wofür wird die Anlage verwendet?
- Gebäudekühlung
 Serverraumkühlung
 Kühlraum
 Anderes: _____

IV. Heizanlage

8a. Sind Sie Besitzer der Heizanlage?

- Ja (betriebseigene Anlage)
 Ofenheizung
 Zentralheizung
 Elektrospeicherheizung
- Nein (zentrale Versorgung mit fremder Anlage)
 Die Anlage ist im Haus stationiert, wird aber nicht von uns betrieben. (Contractor)
 Die Anlage ist weder im Haus stationiert, noch wird von uns betrieben. (Fernwärme)
 Anderes (bitte ergänzen) _____

8b. Bitte geben Sie wenn möglich folgende Daten der installierten Anlage an. (nach Leistung geordnet)

Nr.	Heizungsart aus Frage 5b.	Leistung in kW	Baujahr des Kessels	Brennwert-technik	Temperaturniveau Vorlauf/Rücklauf
1				<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="text"/> °C <input type="text"/> °C
2				<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="text"/> °C <input type="text"/> °C
3				<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="text"/> °C <input type="text"/> °C

9a. Nutzen Sie Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke (BHKW), Solarenergie, Wind- oder Wasserkraft?

- Ja (bitte weiter mit Frage 9b)
 Nein (bitte weiter mit Frage 10)

9b. Bitte geben Sie die jeweiligen Energie- bzw. Anlagenarten sowie die jeweiligen Anlagengrößen an (bei mehreren Anlagen bitte die gesamte Anlage) und den Verwendungszweck der erzeugten Energie.

Energieart/Anlagenart (bitte ankreuzen)	Einheit	Anlagengröße (bitte angeben)	Anlagenalter (Jahr des Einbaus)	Verwendungszweck (bitte ankreuzen)		
				Heizen	Warmwasser	Produktion
<input type="checkbox"/> Wärmepumpe	installierte elektrische Leistung	<input type="text"/> kW	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Solarwärme	Kollektorfläche	<input type="text"/> m ²	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Photovoltaik	installierte elektrische Leistung	<input type="text"/> kW	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Windenergie	installierte elektrische Leistung	<input type="text"/> kW	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Kleinwasserkraftwerke	installierte elektrische Leistung	<input type="text"/> kW	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> BHKW-Anlage	installierte elektrische Leistung	<input type="text"/> kW	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VI. Prozessenergie

14. Haben Sie energieintensive Prozesse an Ihrem Standort? Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz die Prozesse. (Art, installierte Leistung, Temperaturniveau)

- Ja
 Nein

Nr.	Prozess
1	
2	
3	

15. Haben Sie ungenutzte Rest- bzw. Abwärmepotentiale? (Wärme, die in diesem Betrieb nicht weiter verwendet werden kann)

- Ja (bitte weiter mit Frage 14a-c)
 Nein

15a. Falls ja, könnten Sie sich vorstellen diese zu vermarkten? (Stichwort: Nah- oder Fernwärme)

- Ja
 Nein

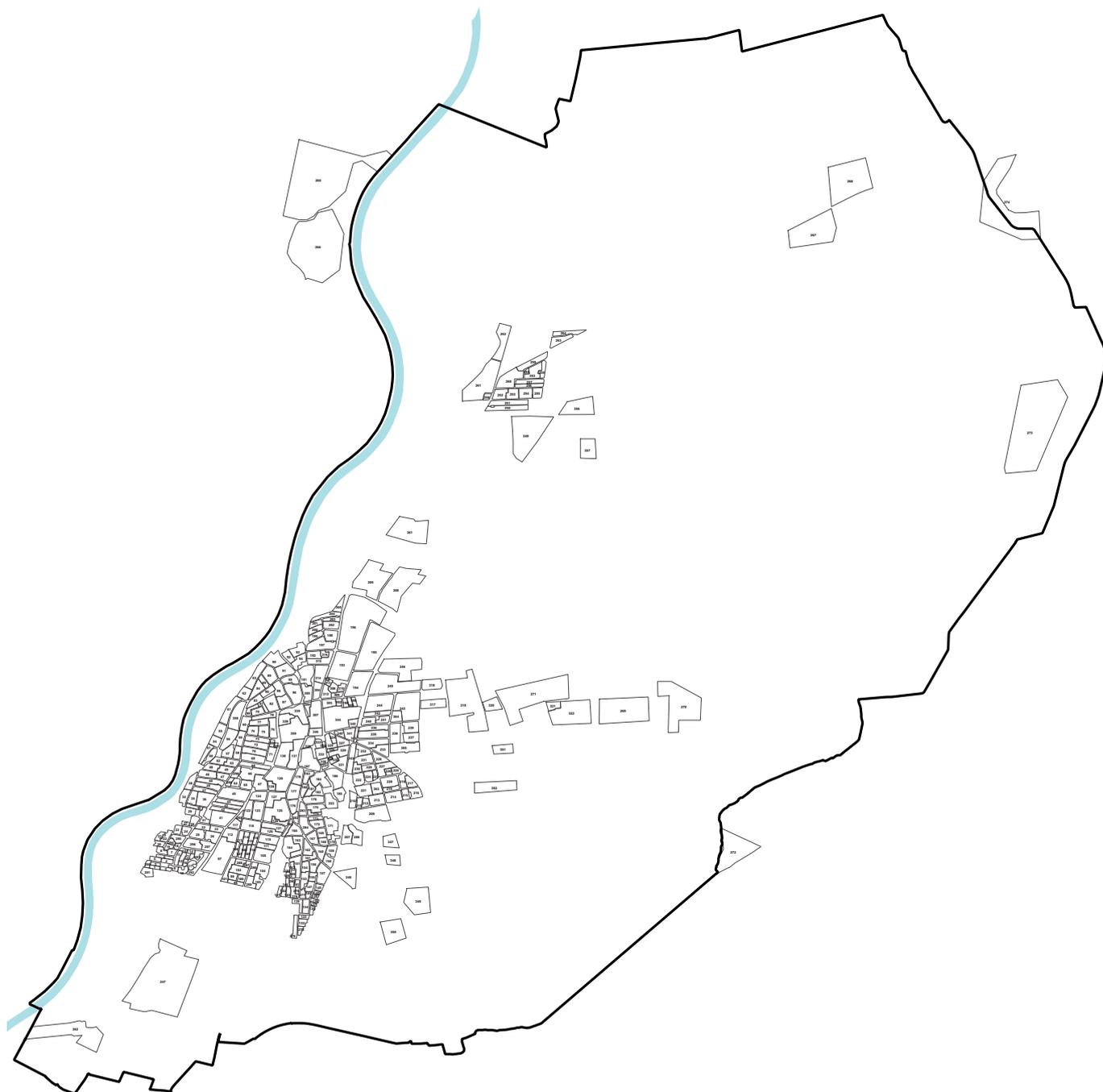
15b. Beschreiben Sie wenn möglich die Abwärmepotentiale

Nr.	Prozess	Trägermasse (z.B. Öl, Wasser, Luft,...)	Massen- / Volumenstrom (z.B. kg/min, m ³ /h,...)	Temperatur (in °C)
1				
2				
3				

15c. Beschreiben Sie den zeitlichen Verlauf des Abwärmepotentials. (Sommer / Winter; Werktag / Wochenende; Tag / Nacht; Uhrzeit)

Nr.	zeitlicher Verlauf
1	
2	
3	

Anhang 3: Überblick aller generierten Rastereinheiten Ismanings



Anhang 4: Nachrechnung Heizwärmebedarf

Gebäudetyp_ Baualter	IWU-Wert [4]	Ergebnis aus Berechnung mit dem GemEB-Tool für				
	einfache Wohnfläche	doppelte Wohnfläche		halbe Wohnfläche		
	Heizwärmebedarf [kWh/m ²]	Heizwärmebedarf [kWh/m ²] Abweichung [%]				
EFH_A	210	227	180	-21%	289	27%
EFH_B	250	252	204	-19%	315	25%
EFH_C	194	194	156	-19%	243	25%
EFH_D	223	210	171	-19%	263	25%
EFH_E	166	182	149	-18%	225	24%
EFH_F	182	190	156	-18%	236	24%
EFH_G	120	122	99	-19%	152	25%
EFH_H	140	142	115	-19%	178	25%
EFH_I	101	106	88	-17%	130	22%
EFH_J	72	88	72	-18%	108	24%
RH_B	204	185	150	-18%	230	24%
RH_C	166	151	126	-16%	184	22%
RH_D	163	160	131	-18%	197	23%
RH_E	135	120	98	-18%	148	23%
RH_F	159	143	118	-18%	176	23%
RH_G	129	119	100	-16%	143	21%
RH_H	97	90	75	-16%	109	22%
RH_I	89	63	55	-13%	74	18%
RH_J	70	67	56	-17%	81	22%
GMH_B	159	143	116	-19%	178	25%
GMH_C	164	153	124	-19%	191	25%
GMH_D	173	155	124	-20%	194	26%
GMH_E	172	154	122	-21%	196	27%
GMH_F	140	122	98	-20%	154	26%
HH_E	119	91	73	-20%	115	26%
HH_F	103	77	63	-18%	95	24%
MFH_A	241	223	177	-21%	285	27%
MFH_B	180	164	134	-18%	203	24%
MFH_C	193	199	159	-20%	252	26%
MFH_D	211	188	155	-17%	232	23%
MFH_E	168	152	122	-19%	190	25%
MFH_F	139	125	104	-17%	154	23%
MFH_G	118	105	86	-18%	130	24%
MFH_H	122	107	87	-19%	133	25%
MFH_I	98	71	61	-14%	84	19%
MFH_J	65	49	38	-23%	65	31%
Mittelwert Abweichung:				-18%		24%

Anhang 5: Nahwärmenetz Siedlung Fischerhäuser, Ist-Zustand

Randbedingungen

Trassenauslegung

Maximalwert Variante 1	150 Pa/m
Gesamtdruck bei 100% Anschluss	max. 3,5 bar
Maximalwert Variante 2	500 Pa
Gesamtdruck bei 100% Anschluss	max. 7,5 bar

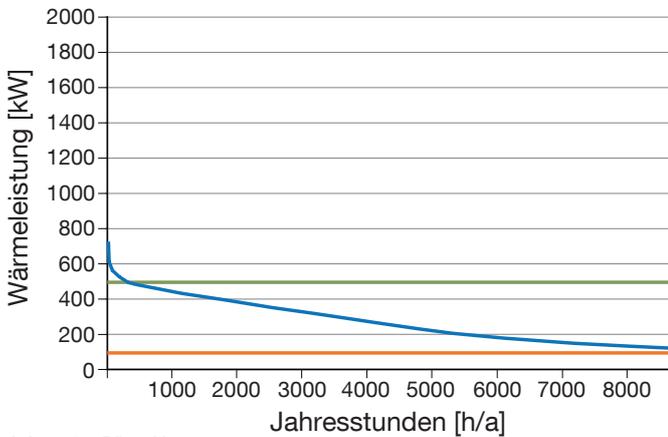
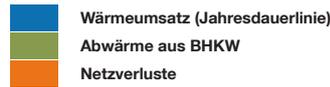
Hydraulische Simulation

Temperatur Vorlauf (VL)	90° C
Erdreichtemperatur	5° C
mindest Temperatur VL Haus	70° C
Temperatur Rücklauf (RL) Haus	55° C
Toleranz Temperatur Haus	+/-1 K
Druckverlust Wärmetauscher	0,5 bar
Zuschlag Druckverlust Formstücke	30 %
Wirkungsgrad der Pumpe	60 %

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

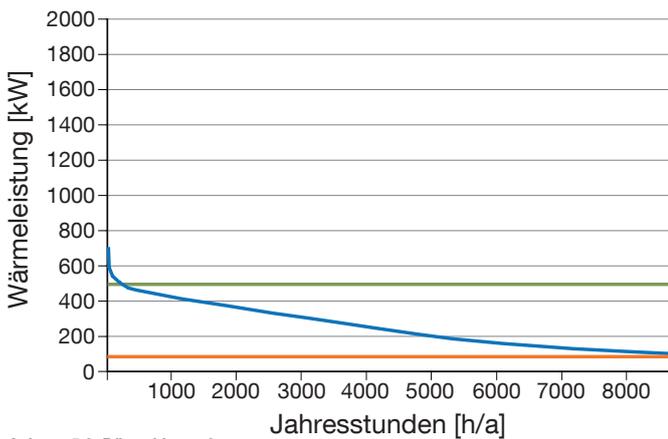
(alle Kosten netto)	
Kosten Übergabestation	3.000 €
Spitzenlastzeuger 1200 kW	45.000 €
Spitzelastzeuger 500 kW	28.000 €
Kapitalzins	4 %/a
allgemeine Preissteigerung	2 %/a
Wärmeleistung BHKW	500 kW
Abwärmepreis	5 €/MWh
Strompreis	200 €/MWh
Energiepreissteigerung Strom	6 %/a
Wirkungsgrad Spitzenlastzeuger	90 %
Energiepreis Gas Spitzenlast	40 €/MWh
Energiepreissteigerung Gas	5 %/a
Lohnkostensteigerung	2 %/a
Betrachtungszeitraum	1,10,20 Jahr(e)

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Anschlussgrad 30%



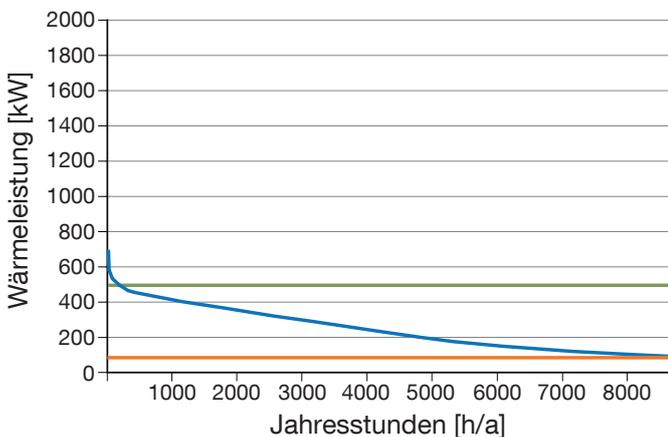
Anhang 5.1: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	2367 MWh/a	
Verkauf	1510 MWh/a	64 %
Netzverlust	856 MWh/a	36 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2351 MWh/a	99 %
Spitzenlastabdeckung	15 MWh/a	1 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2351 MWh/a	54 %
nicht nutzbare Anteil	2029 MWh/a	46 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	161,54 €/MWh	
10 Jahre	155,87 €/MWh	
20 Jahre	150,75 €/MWh	



Anhang 5.2: Dämmklasse 2

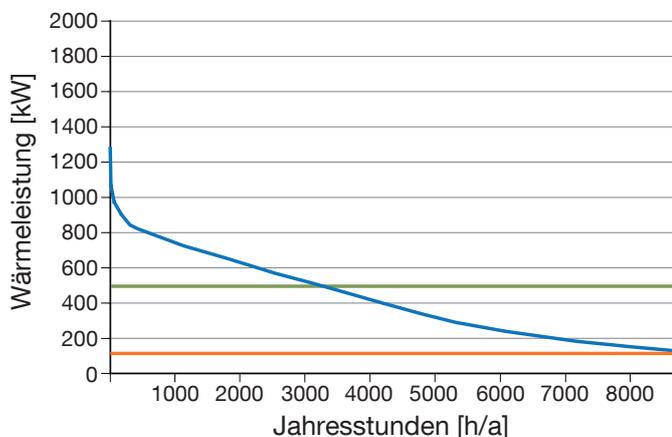
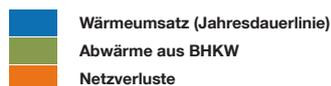
Wärmeumsatz	2239 MWh/a	
Verkauf	1510 MWh/a	67 %
Netzverlust	728 MWh/a	33 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2228 MWh/a	99 %
Spitzenlastabdeckung	11 MWh/a	1 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2228 MWh/a	51 %
nicht nutzbare Anteil	2152 MWh/a	49 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	183,56 €/MWh	
10 Jahre	176,78 €/MWh	
20 Jahre	170,66 €/MWh	



Anhang 5.3: Dämmklasse 3

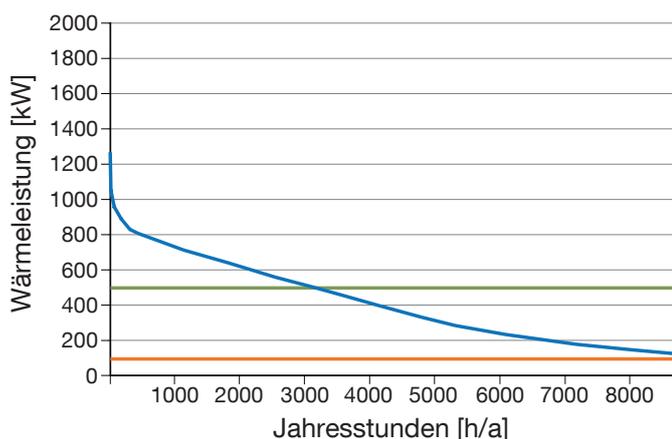
Wärmeumsatz	2156 MWh/a	
Verkauf	1510 MWh/a	70 %
Netzverlust	646 MWh/a	30 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2147 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	9 MWh/a	0 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2147 MWh/a	49 %
nicht nutzbare Anteil	2233 MWh/a	51 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	206,60 €/MWh	
10 Jahre	198,76 €/MWh	
20 Jahre	191,63 €/MWh	

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Anschlussgrad 50%



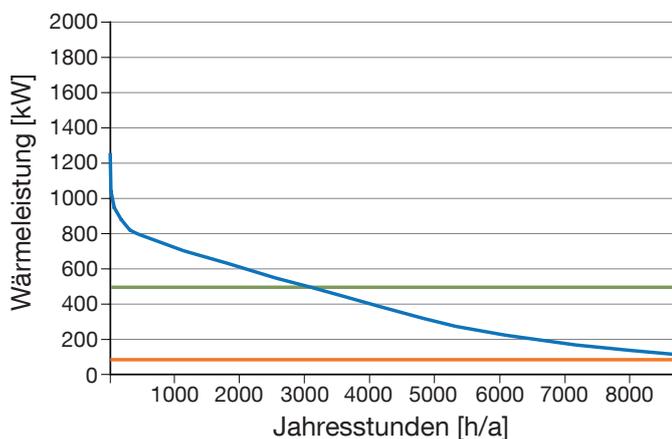
Anhang 5.4: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	3721 MWh/a	
Verkauf	2766 MWh/a	74 %
Netzverlust	955 MWh/a	26 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3132 MWh/a	84 %
Spitzenlastabdeckung	589 MWh/a	16 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3132 MWh/a	71 %
nicht nutzbare Anteil	1248 MWh/a	29 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	103,35 €/MWh	
10 Jahre	102,45 €/MWh	
20 Jahre	102,62 €/MWh	



Anhang 5.5: Dämmklasse 2

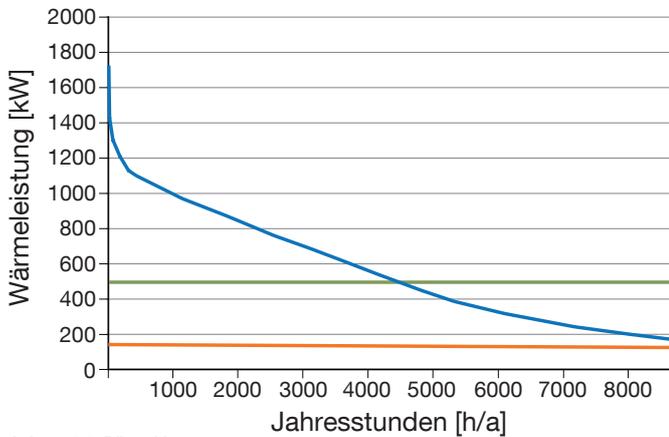
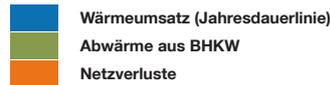
Wärmeumsatz	3580 MWh/a	
Verkauf	2766 MWh/a	77 %
Netzverlust	814 MWh/a	23 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3043 MWh/a	85 %
Spitzenlastabdeckung	537 MWh/a	15 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3043 MWh/a	69 %
nicht nutzbare Anteil	1337 MWh/a	31 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	114,63 €/MWh	
10 Jahre	112,98 €/MWh	
20 Jahre	112,36 €/MWh	



Anhang 5.6: Dämmklasse 3

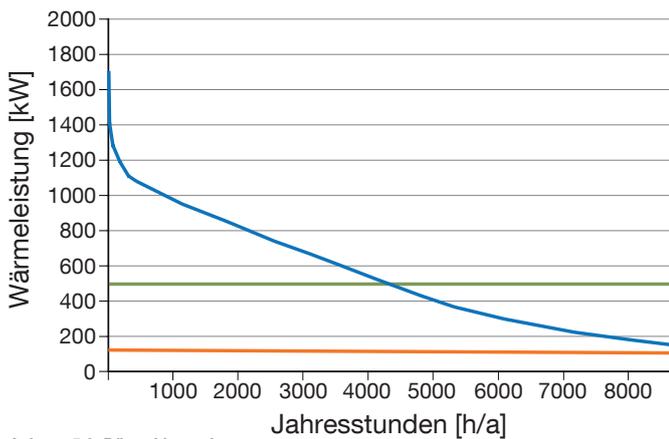
Wärmeumsatz	3491 MWh/a	
Verkauf	2766 MWh/a	79 %
Netzverlust	725 MWh/a	21 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2986 MWh/a	86 %
Spitzenlastabdeckung	505 MWh/a	14 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2986 MWh/a	68 %
nicht nutzbare Anteil	1394 MWh/a	32 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	126,78 €/MWh	
10 Jahre	124,43 €/MWh	
20 Jahre	123,12 €/MWh	

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Anschlussgrad 70%



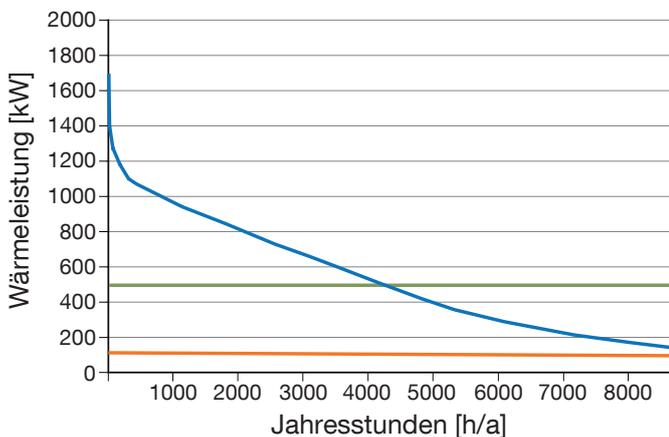
Anhang 5.7: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	4943 MWh/a	
Verkauf	3864 MWh/a	78 %
Netzverlust	1079 MWh/a	22 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3487 MWh/a	71 %
Spitzenlastabdeckung	1456 MWh/a	29 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3487 MWh/a	80 %
nicht nutzbare Anteil	893 MWh/a	20 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	88,03 €/MWh	
10 Jahre	89,73 €/MWh	
20 Jahre	92,98 €/MWh	



Anhang 5.8: Dämmklasse 2

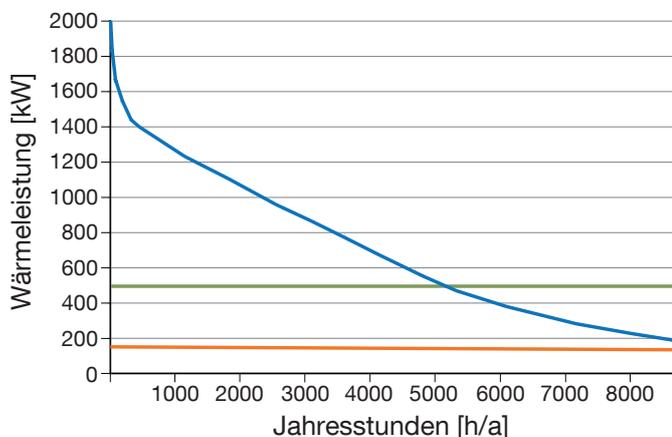
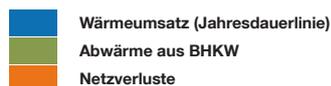
Wärmeumsatz	4786 MWh/a	
Verkauf	3864 MWh/a	81 %
Netzverlust	922 MWh/a	19 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3410 MWh/a	71 %
Spitzenlastabdeckung	1376 MWh/a	29 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3410 MWh/a	78 %
nicht nutzbare Anteil	970 MWh/a	22 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	95,80 €/MWh	
10 Jahre	96,88 €/MWh	
20 Jahre	99,41 €/MWh	



Anhang 5.9: Dämmklasse 3

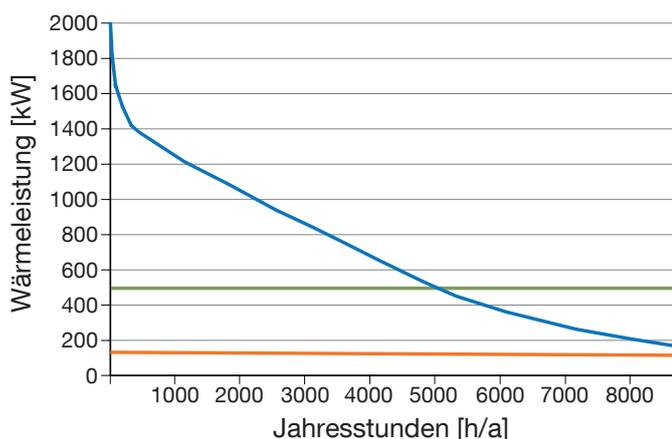
Wärmeumsatz	4688 MWh/a	
Verkauf	3864 MWh/a	82 %
Netzverlust	824 MWh/a	18 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3361 MWh/a	72 %
Spitzenlastabdeckung	1327 MWh/a	28 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3361 MWh/a	77 %
nicht nutzbare Anteil	1019 MWh/a	23 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	104,30 €/MWh	
10 Jahre	104,84 €/MWh	
20 Jahre	106,87 €/MWh	

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Anschlussgrad 90%



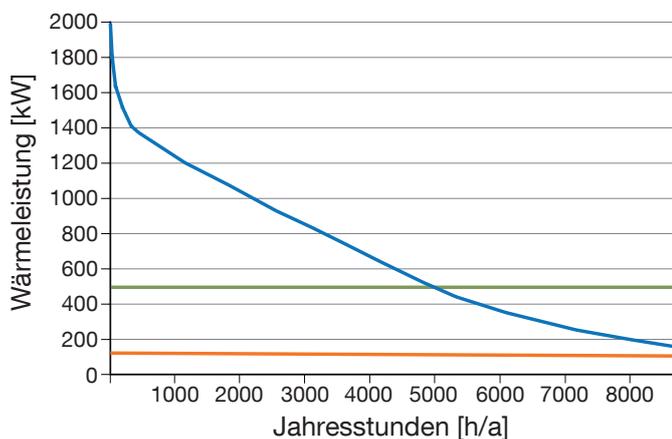
Anhang 5.10: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	6169 MWh/a	
Verkauf	4985 MWh/a	81 %
Netzverlust	1185 MWh/a	19 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3707 MWh/a	60 %
Spitzenlastabdeckung	2463 MWh/a	40 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3707 MWh/a	85 %
nicht nutzbare Anteil	673 MWh/a	15 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	80,74 €/MWh	
10 Jahre	84,14 €/MWh	
20 Jahre	89,44 €/MWh	



Anhang 5.11: Dämmklasse 2

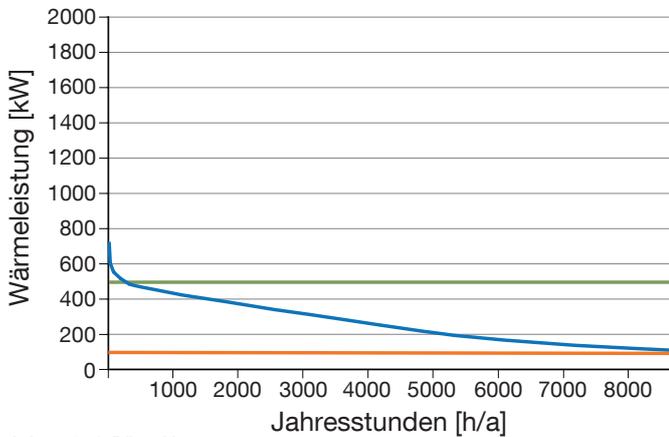
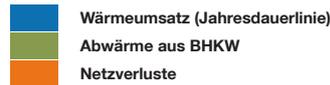
Wärmeumsatz	5998 MWh/a	
Verkauf	4985 MWh/a	83 %
Netzverlust	1013 MWh/a	17 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3637 MWh/a	61 %
Spitzenlastabdeckung	2361 MWh/a	39 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3637 MWh/a	83 %
nicht nutzbare Anteil	743 MWh/a	17 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	86,57 €/MWh	
10 Jahre	89,44 €/MWh	
20 Jahre	94,18 €/MWh	



Anhang 5.12: Dämmklasse 3

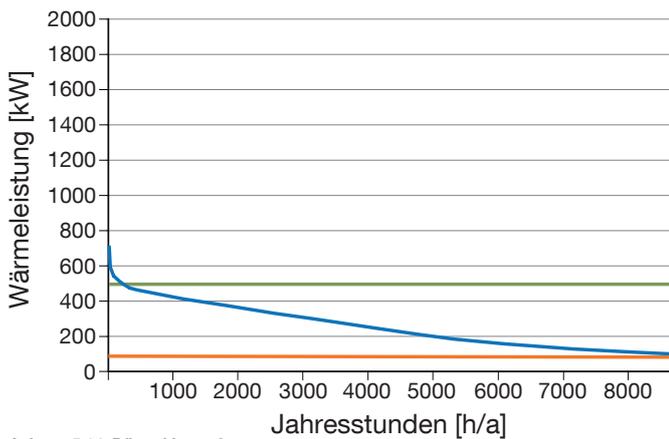
Wärmeumsatz	5893 MWh/a	
Verkauf	4985 MWh/a	85 %
Netzverlust	908 MWh/a	15 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3594 MWh/a	61 %
Spitzenlastabdeckung	2299 MWh/a	39 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3594 MWh/a	82 %
nicht nutzbare Anteil	786 MWh/a	18 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	93,06 €/MWh	
10 Jahre	95,48 €/MWh	
20 Jahre	99,75 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 30%



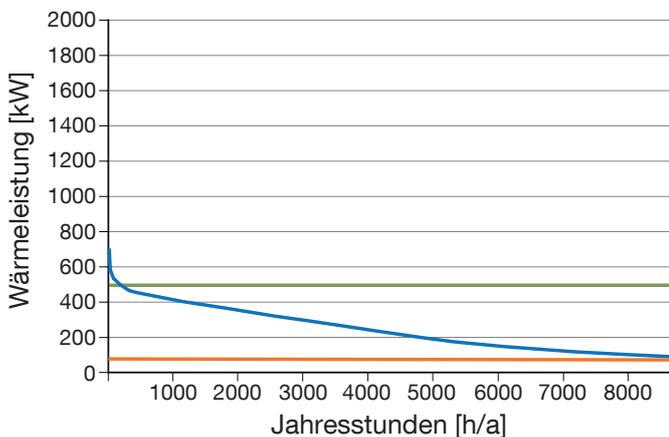
Anhang 5.13: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	2282 MWh/a	
Verkauf	1518 MWh/a	67 %
Netzverlust	764 MWh/a	33 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2270 MWh/a	99 %
Spitzenlastabdeckung	11 MWh/a	1 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2270 MWh/a	52 %
nicht nutzbare Anteil	2110 MWh/a	48 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	153,87 €/MWh	
10 Jahre	148,41 €/MWh	
20 Jahre	143,53 €/MWh	



Anhang 5.14: Dämmklasse 2

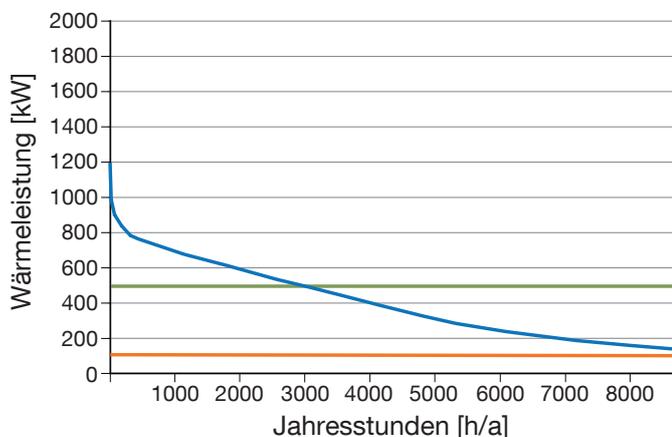
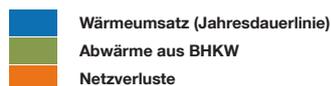
Wärmeumsatz	2173 MWh/a	
Verkauf	1518 MWh/a	70 %
Netzverlust	656 MWh/a	30 %
Lastverhalten		
Grund lastabdeckung	2165 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	9 MWh/a	0 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2165 MWh/a	49 %
nicht nutzbare Anteil	2215 MWh/a	51 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	174,09 €/MWh	
10 Jahre	167,67 €/MWh	
20 Jahre	161,88 €/MWh	



Anhang 5.15: Dämmklasse 3

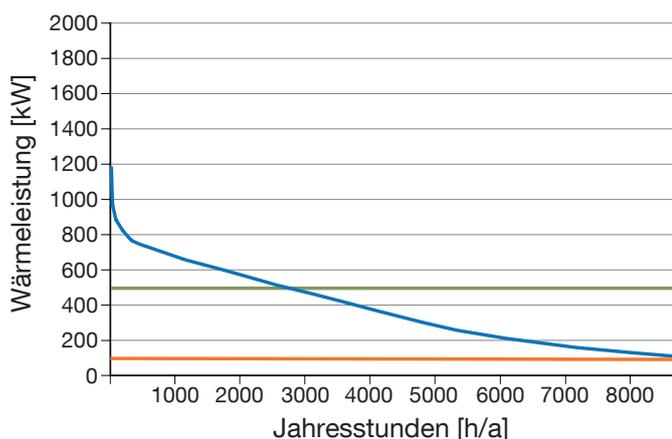
Wärmeumsatz	2105 MWh/a	
Verkauf	1518 MWh/a	72 %
Netzverlust	587 MWh/a	28 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2098 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	7 MWh/a	0 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2098 MWh/a	48 %
nicht nutzbare Anteil	2282 MWh/a	52 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	196,57 €/MWh	
10 Jahre	189,12 €/MWh	
20 Jahre	182,36 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 50%



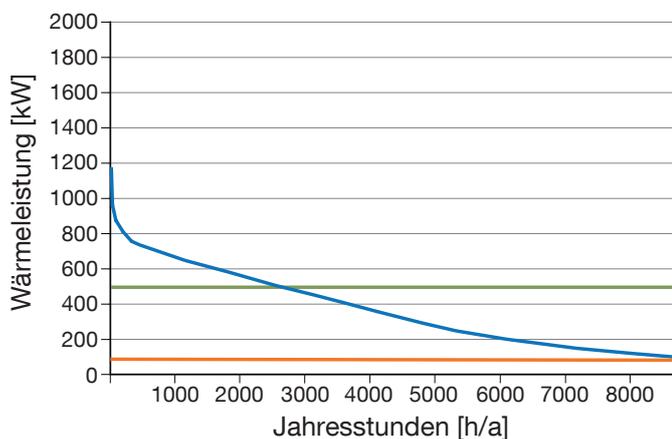
Anhang 5.16: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	3484 MWh/a	
Verkauf	2593 MWh/a	74 %
Netzverlust	891 MWh/a	26 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3033 MWh/a	87 %
Spitzenlastabdeckung	451 MWh/a	13 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3033 MWh/a	69 %
nicht nutzbare Anteil	1347 MWh/a	31 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	104,46 €/MWh	
10 Jahre	103,08 €/MWh	
20 Jahre	102,66 €/MWh	



Anhang 5.17: Dämmklasse 2

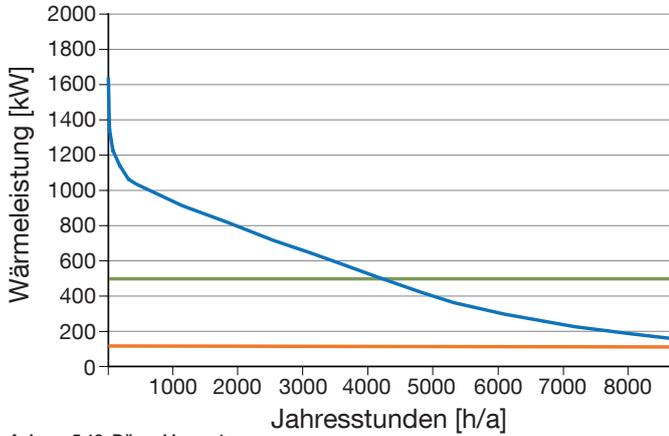
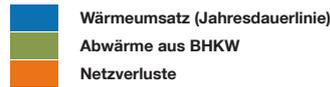
Wärmeumsatz	3359 MWh/a	
Verkauf	2593 MWh/a	77 %
Netzverlust	766 MWh/a	23 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2949 MWh/a	88 %
Spitzenlastabdeckung	410 MWh/a	12 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2949 MWh/a	67 %
nicht nutzbare Anteil	1431 MWh/a	33 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	115,68 €/MWh	
10 Jahre	113,59 €/MWh	
20 Jahre	112,43 €/MWh	



Anhang 5.18: Dämmklasse 3

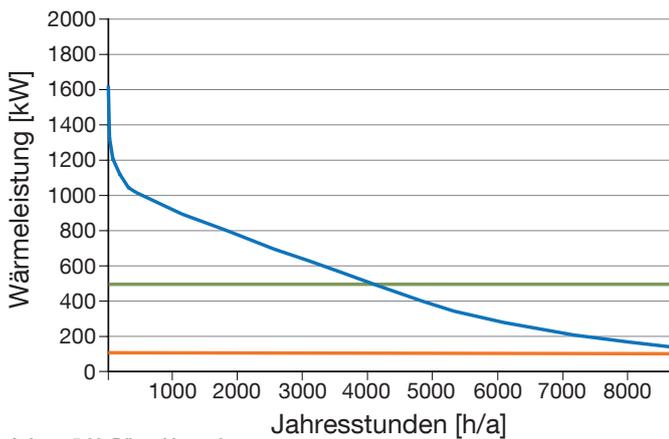
Wärmeumsatz	3282 MWh/a	
Verkauf	2593 MWh/a	79 %
Netzverlust	689 MWh/a	21 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2896 MWh/a	88 %
Spitzenlastabdeckung	385 MWh/a	12 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2896 MWh/a	66 %
nicht nutzbare Anteil	1484 MWh/a	34 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	128,47 €/MWh	
10 Jahre	125,68 €/MWh	
20 Jahre	123,83 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 70%



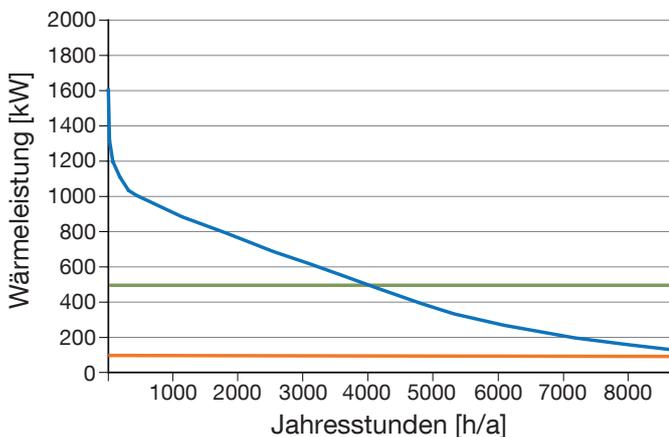
Anhang 5.19: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	4608 MWh/a	
Verkauf	3614 MWh/a	78 %
Netzverlust	994 MWh/a	22 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3383 MWh/a	73 %
Spitzenlastabdeckung	1225 MWh/a	27 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3383 MWh/a	77 %
nicht nutzbare Anteil	997 MWh/a	23 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	88,56 €/MWh	
10 Jahre	89,83 €/MWh	
20 Jahre	92,56 €/MWh	



Anhang 5.20: Dämmklasse 2

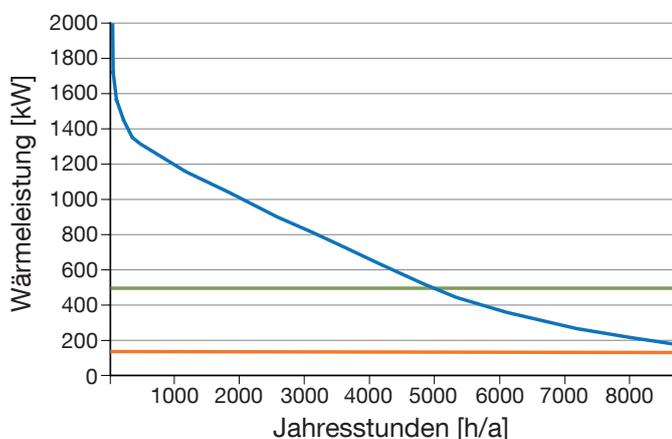
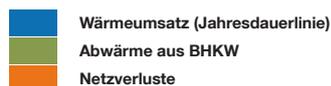
Wärmeumsatz	4470 MWh/a	
Verkauf	3614 MWh/a	81 %
Netzverlust	856 MWh/a	19 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3311 MWh/a	74 %
Spitzenlastabdeckung	1159 MWh/a	26 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3311 MWh/a	76 %
nicht nutzbare Anteil	1069 MWh/a	24 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	95,80 €/MWh	
10 Jahre	96,88 €/MWh	
20 Jahre	99,47 €/MWh	



Anhang 5.21: Dämmklasse 3

Wärmeumsatz	4385 MWh/a	
Verkauf	3614 MWh/a	82 %
Netzverlust	771 MWh/a	18 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3266 MWh/a	74 %
Spitzenlastabdeckung	1120 MWh/a	26 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3266 MWh/a	75 %
nicht nutzbare Anteil	1114 MWh/a	25 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	105,30 €/MWh	
10 Jahre	105,45 €/MWh	
20 Jahre	106,99 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 90%



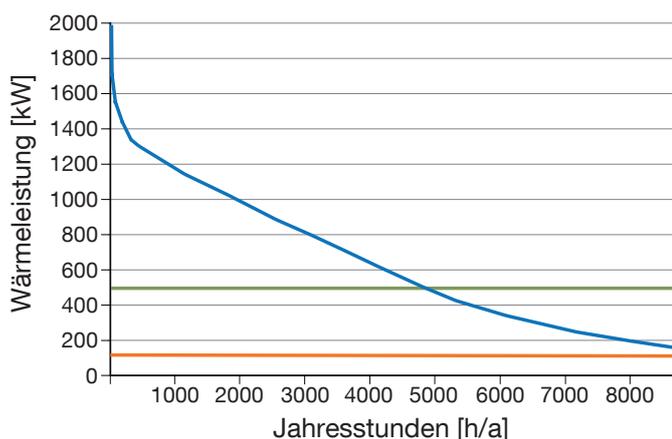
Anhang 5.22: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	5801 MWh/a	
Verkauf	4703 MWh/a	81 %
Netzverlust	1097 MWh/a	19 %

Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3632 MWh/a	63 %
Spitzenlastabdeckung	2169 MWh/a	37 %

Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3632 MWh/a	83 %
nicht nutzbare Anteil	748 MWh/a	17 %

Gewinnschwelle	
1 Jahr	80,65 €/MWh
10 Jahre	83,71 €/MWh
20 Jahre	88,60 €/MWh



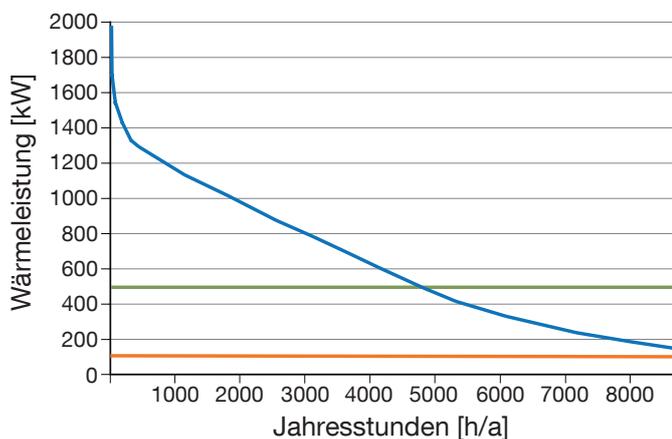
Anhang 5.23: Dämmklasse 2

Wärmeumsatz	5648 MWh/a	
Verkauf	4703 MWh/a	83 %
Netzverlust	945 MWh/a	17 %

Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3566 MWh/a	63 %
Spitzenlastabdeckung	2082 MWh/a	37 %

Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3566 MWh/a	81 %
nicht nutzbare Anteil	814 MWh/a	19 %

Gewinnschwelle	
1 Jahr	86,41 €/MWh
10 Jahre	88,98 €/MWh
20 Jahre	93,32 €/MWh



Anhang 5.24: Dämmklasse 3

Wärmeumsatz	5557 MWh/a	
Verkauf	4703 MWh/a	85 %
Netzverlust	854 MWh/a	15 %

Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3526 MWh/a	63 %
Spitzenlastabdeckung	2031 MWh/a	37 %

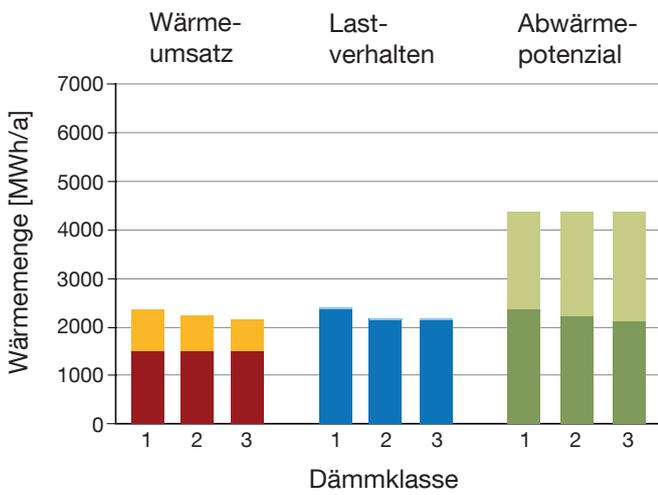
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3526 MWh/a	81 %
nicht nutzbare Anteil	854 MWh/a	19 %

Gewinnschwelle	
1 Jahr	93,21 €/MWh
10 Jahre	95,34 €/MWh
20 Jahre	99,22 €/MWh

Trassenauslegung max. 150 Pa/m

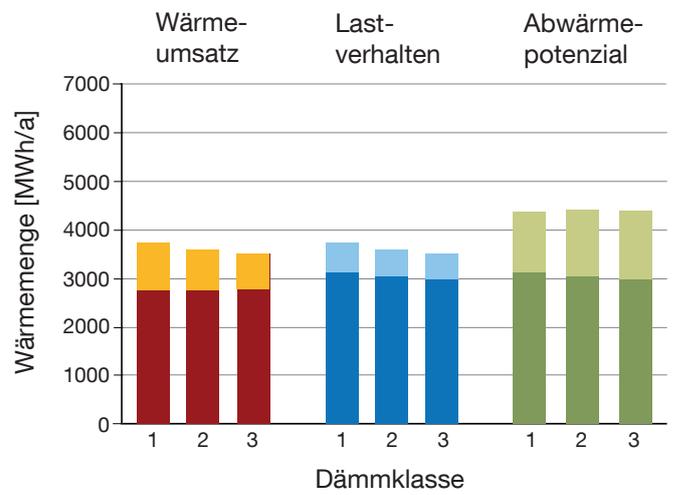


Anschlussgrad 30%



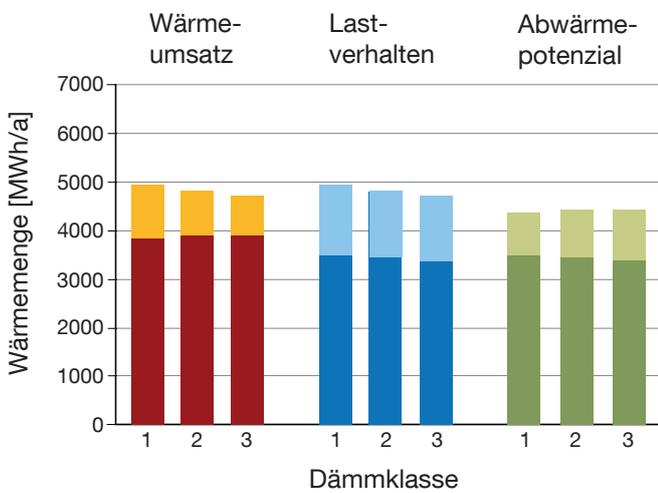
Anhang 5.25

Anschlussgrad 50%



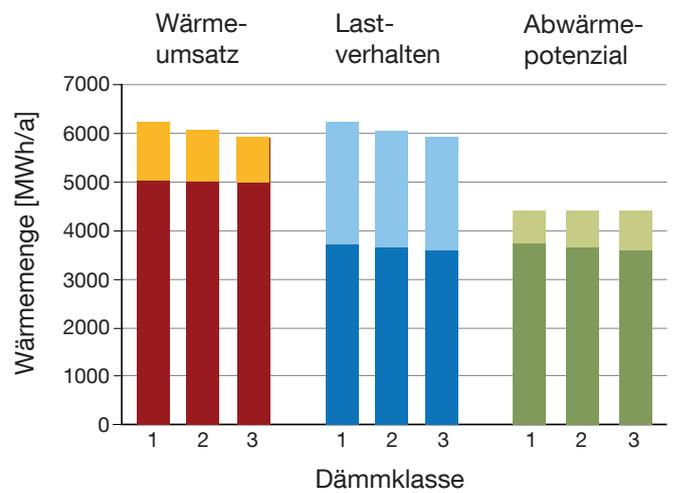
Anhang 5.26

Anschlussgrad 70%



Anhang 5.27

Anschlussgrad 90%

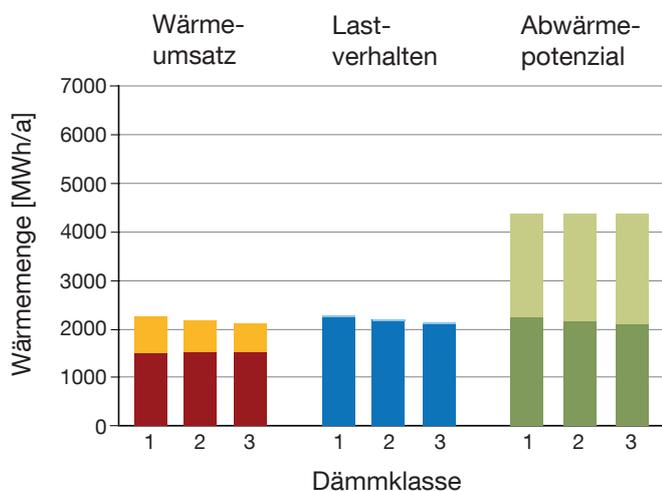


Anhang 5.28

Trassenauslegung max. 500 Pa/m

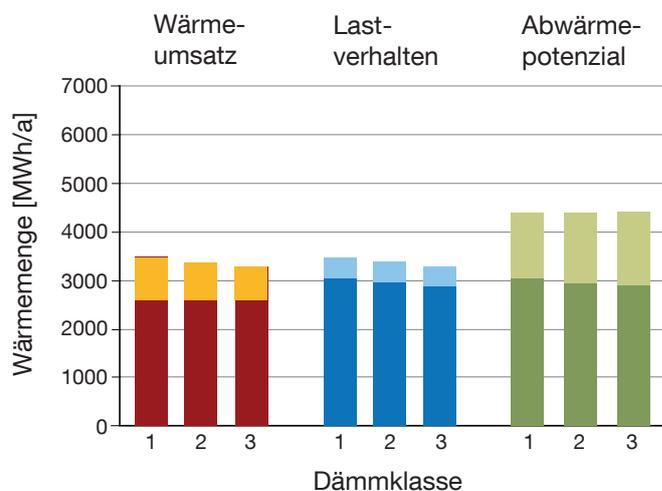


Anschlussgrad 30%



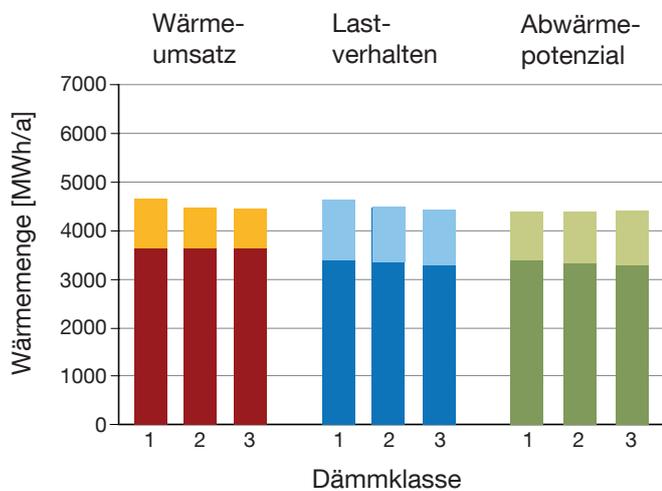
Anhang 5.29

Anschlussgrad 50%



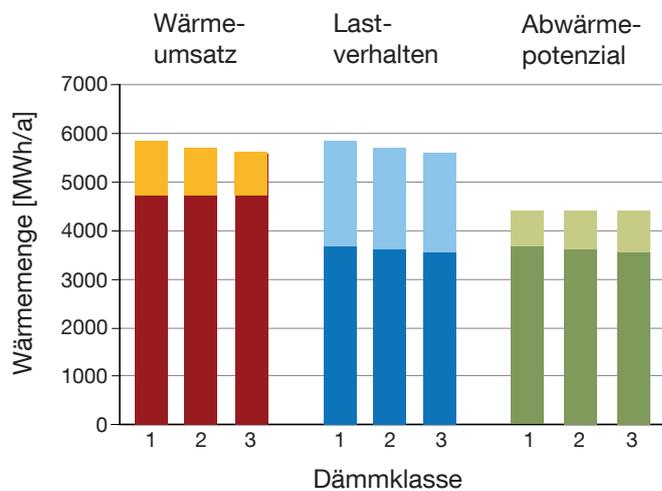
Anhang 5.30

Anschlussgrad 70%



Anhang 5.31

Anschlussgrad 90%

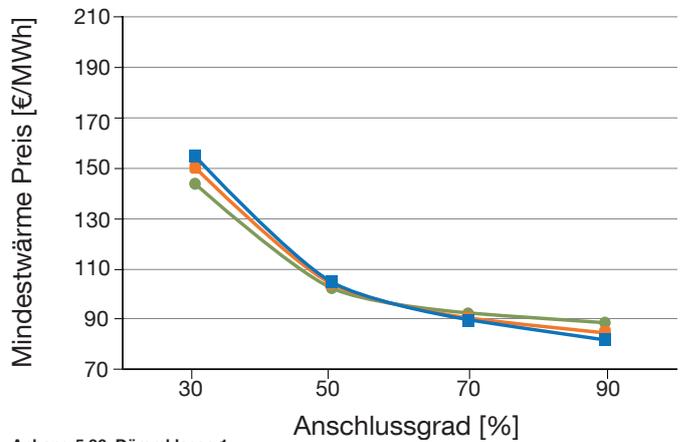
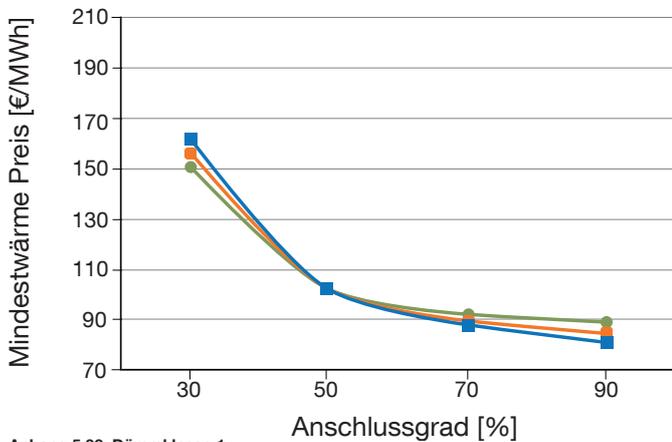


Anhang 5.32

Trassenauslegung max. 150 Pa/m

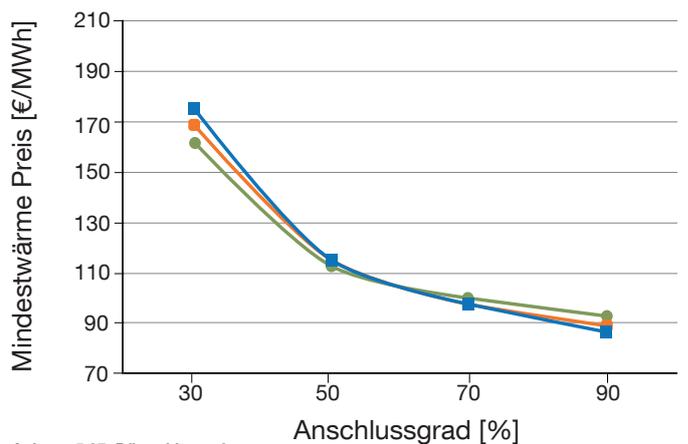
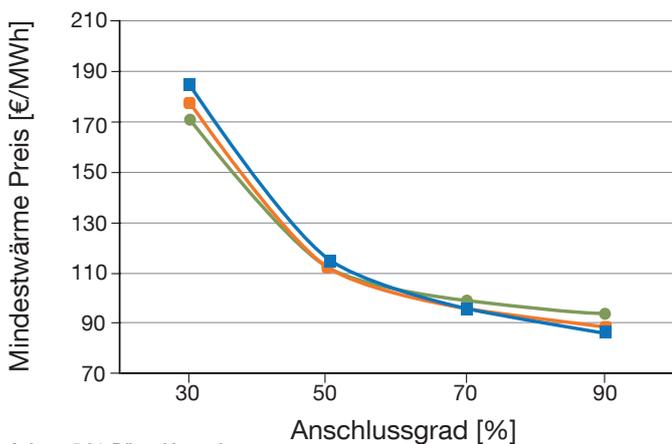
Trassenauslegung max. 500 Pa/m

- Betrachtungszeitraum 1 Jahr
- Betrachtungszeitraum 10 Jahre
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre



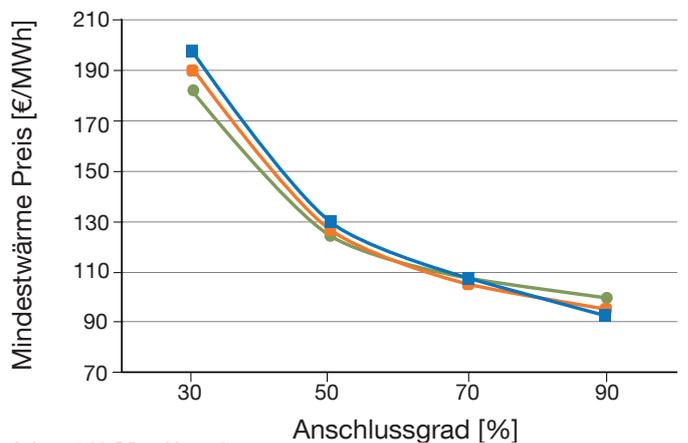
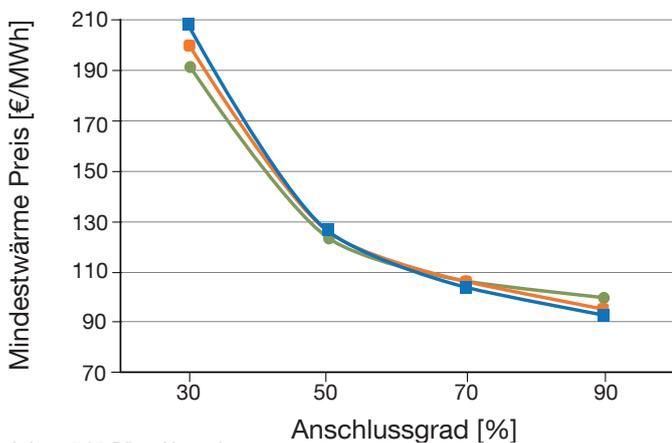
Anhang 5.33: Dämmklasse 1

Anhang 5.36: Dämmklasse 1



Anhang 5.34: Dämmklasse 2

Anhang 5.37: Dämmklasse 2



Anhang 5.35: Dämmklasse 3

Anhang 5.38: Dämmklasse 3

Anhang 6: Nahwärmenetz Siedlung Fischerhäuser; Sanierter Zustand

Randbedingungen

Trassenauslegung

Maximalwert	150 Pa/m
Gesamtdruck bei 100% Anschluss	max. 3,5 bar

Hydraulische Simulation

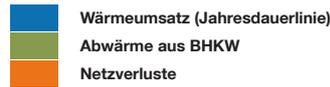
Temperatur Vorlauf (VL)	90° C
Erreichtemperatur	5° C
mindest Temperatur VL Haus	70° C
Temperatur Rücklauf (RL) Haus	55° C
Toleranz Temperatur Haus	+/-1 K
Druckverlust Wärmetauscher	0,5 bar
Zuschlag Druckverlust Formstücke	30 %
Wirkungsgrad der Pumpe	60 %

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

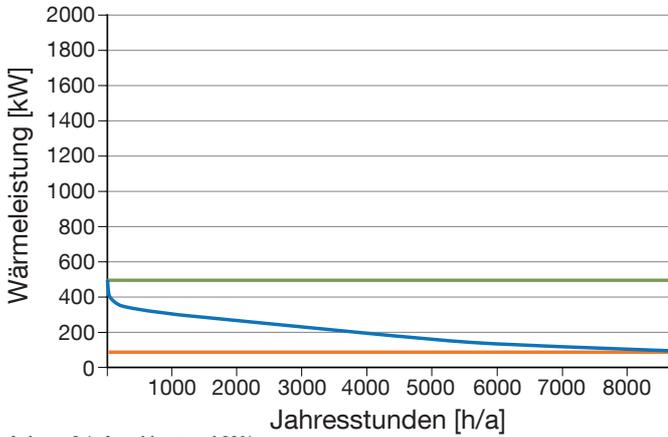
(alle Kosten netto)

Kosten Übergabestation	3.000 €
Spitzenlastzeuger 1200 kW	45.000 €
Kapitalzins	4 %/a
allgemeine Preissteigerung	2 %/a
Wärmeleistung BHKW	500 kW
Abwärmepreis	5 €/MWh
Strompreis	200 €/MWh
Energiepreissteigerung Strom	6 %/a
Wirkungsgrad Spitzenlastzeuger	90 %
Energiepreis Gas Spitzenlast	40 €/MWh
Energiepreissteigerung Gas	5 %/a
Lohnkostensteigerung	2 %/a
Betrachtungszeitraum	1,10,20 Jahr(e)

**Trassenauslegung max. 150 Pa/m
Sanierter Zustand, Dämmklasse 1**



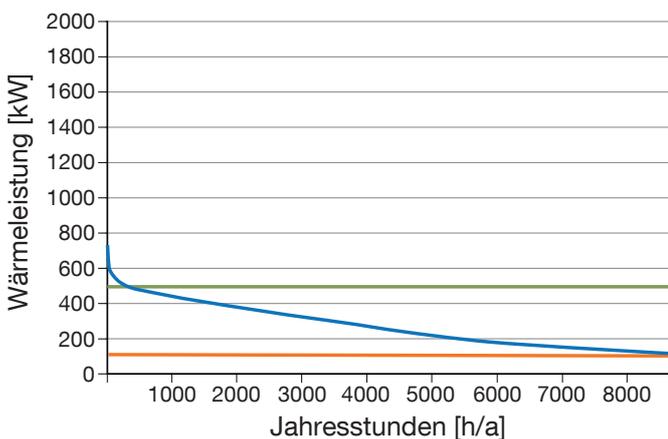
Anschlussgrad 30%



Anhang 6.1: Anschlussgrad 30%

Wärmeumsatz	1721 MWh/a	
Verkauf	957 MWh/a	56 %
Netzverlust	764 MWh/a	44 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	1721 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	0 MWh/a	0 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	1721 MWh/a	39 %
nicht nutzbarer Anteil	2659 MWh/a	61 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	250,36 €/MWh	
10 Jahre	240,85 €/MWh	
20 Jahre	232,20 €/MWh	

Anschlussgrad 50%



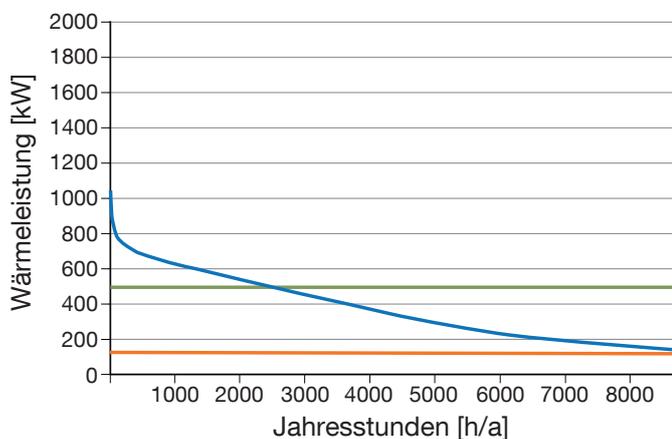
Anhang 6.2: Anschlussgrad 50%

Wärmeumsatz	2389 MWh/a	
Verkauf	1482 MWh/a	62 %
Netzverlust	916 MWh/a	38 %
Lastverhalten		
Grund lastabdeckung	2383 MWh/a	99,70 %
Spitzenlastabdeckung	15 MWh/a	0,30 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2383 MWh/a	54 %
nicht nutzbarer Anteil	1997 MWh/a	46 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	172,94 €/MWh	
10 Jahre	166,88 €/MWh	
20 Jahre	161,47 €/MWh	

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Sanierter Zustand, Dämmklasse 1



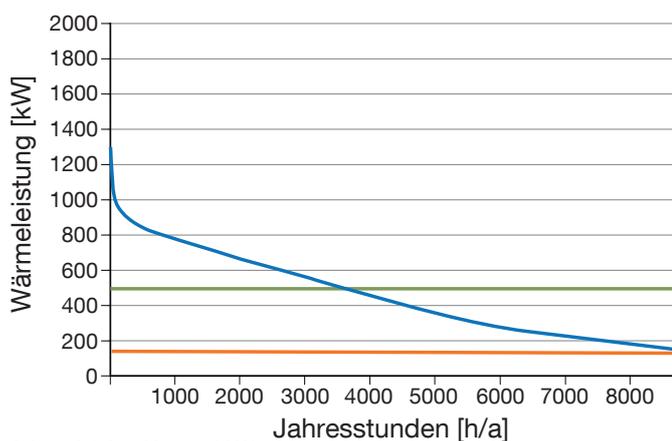
Anschlussgrad 70%



Anhang 6.3: Anschlussgrad 70%

Wärmeumsatz	3289 MWh/a	
Verkauf	2243 MWh/a	68 %
Netzverlust	1046 MWh/a	32 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	2995 MWh/a	91 %
Spitzenlastabdeckung	294 MWh/a	9 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	2995 MWh/a	68 %
nicht nutzbarer Anteil	1385 MWh/a	32 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	126,91 €/MWh	
10 Jahre	124,20 €/MWh	
20 Jahre	122,38 €/MWh	

Anschlussgrad 90%



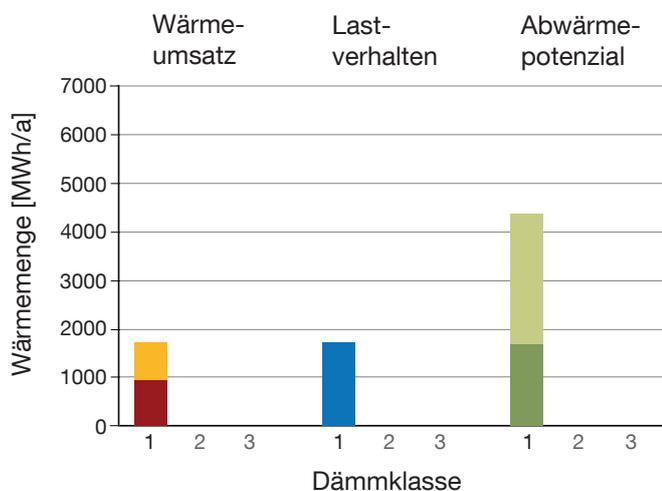
Anhang 6.4: Anschlussgrad 90%

Wärmeumsatz	4029 MWh/a	
Verkauf	2879 MWh/a	71 %
Netzverlust	1150 MWh/a	29 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	3296 MWh/a	82 %
Spitzenlastabdeckung	733 MWh/a	18 %
Abwärme aus BHKW	4380 MWh/a	
nutzbarer Anteil	3296 MWh/a	75 %
nicht nutzbarer Anteil	1084 MWh/a	25 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	110,64 €/MWh	
10 Jahre	110,08 €/MWh	
20 Jahre	110,76 €/MWh	

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Sanierter Zustand

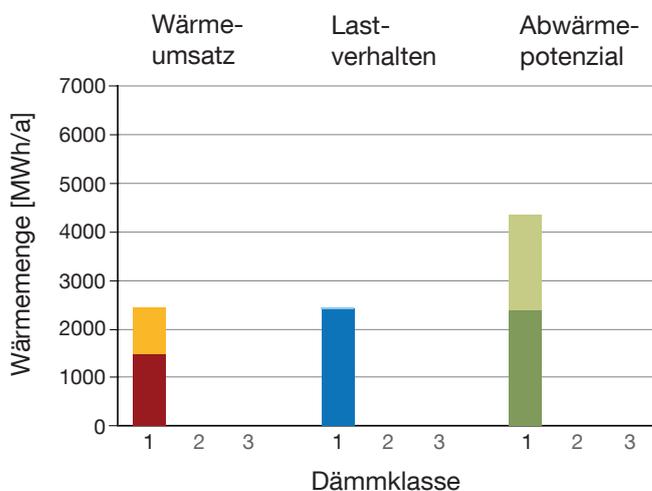


Anschlussgrad 30%



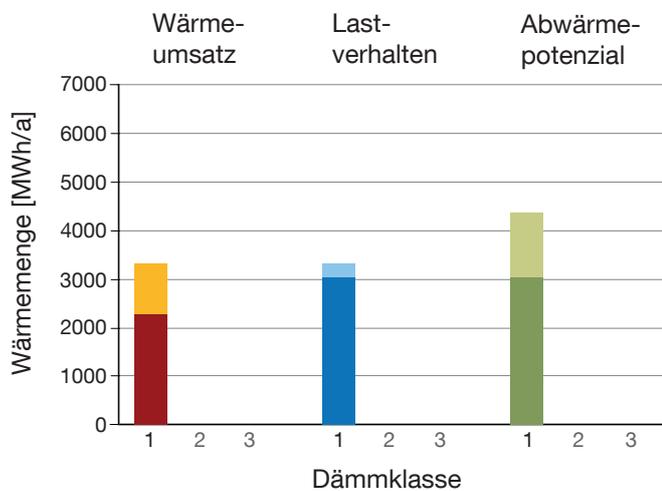
Anhang 6.5

Anschlussgrad 50%



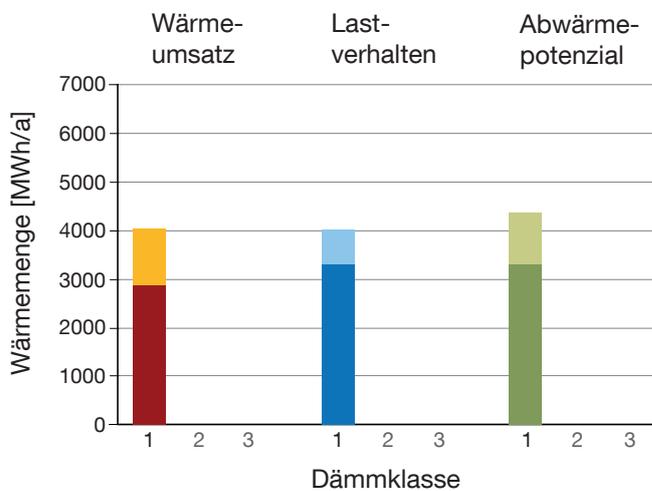
Anhang 6.6

Anschlussgrad 70%



Anhang 6.7

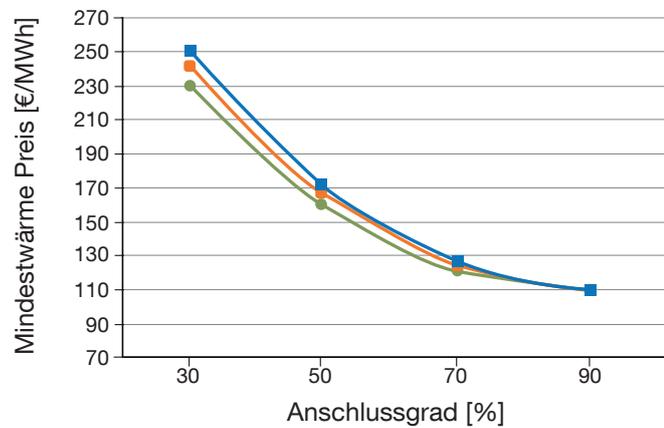
Anschlussgrad 90%



Anhang 6.8

Trassenauslegung max. 150 Pa/m Sanierter Zustand

- Betrachtungszeitraum 1 Jahr
- Betrachtungszeitraum 10 Jahre
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre



Anhang 6.9: Anschlussgrad 90%, Dämmklasse 1

Anhang 7: NT-Wärmenetz Ismaning West

Randbedingungen**Trassenauslegung**

Maximalwert	500 Pa
Gesamtdruck bei 100% Anschluss	max. 5 bar

Hydraulische Simulation

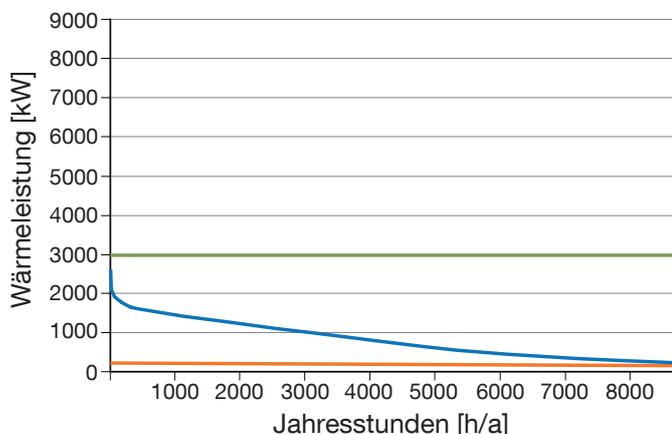
Temperatur Vorlauf (VL)	55° C
Erdoberflächtemperatur	5° C
mindest Temperatur VL Haus	50° C
Temperatur Rücklauf (RL) Haus	40° C
Toleranz Temperatur Haus	+/-1 K
Druckverlust Wärmetauscher	0,5 bar
Zuschlag Druckverlust Formstücke	30 %
Wirkungsgrad der Pumpe	60 %

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

(alle Kosten netto)

Kosten Übergabestation	3.000 €
Spitzenlastzeuger je 1000 kW	35.000 €
Anschlussgrad 20%	0 €
Anschlussgrad 30%	0 €
Anschlussgrad 40%	70.000 €
Anschlussgrad 50%	105.000 €
Anschlussgrad 60%	140.000 €
Anschlussgrad 70%	175.000 €
Kapitalzins	4 %/a
allgemeine Preissteigerung	2 %/a
Wärmeleistung Abwärme	3000 kW
Abwärmepreis	0 €/MWh
Strompreis	200 €/MWh
Energiepreissteigerung Strom	6 %/a
Wirkungsgrad Spitzenlastzeuger	90 %
Energiepreis Gas Spitzenlast	40 €/MWh
Energiepreissteigerung Gas	5 %/a
Lohnkostensteigerung	2 %/a
Betrachtungszeitraum	1,10,20 Jahr(e)

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 20%



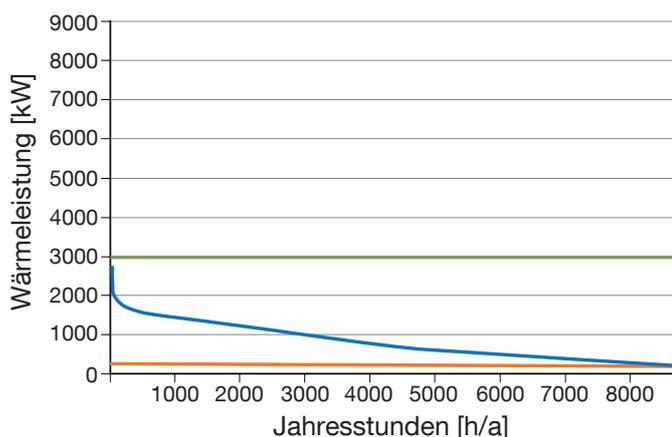
Anhang 7.1: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	6976 MWh/a	
Verkauf	5424 MWh/a	77 %
Netzverlust	1552 MWh/a	23 %

Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	6976 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	0 MWh/a	0 %

Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	6976 MWh/a	27 %
nicht nutzbarer Anteil	19304 MWh/a	73 %

Gewinnschwelle	
1 Jahr	164,09 €/MWh
10 Jahre	157,14 €/MWh
20 Jahre	150,73 €/MWh



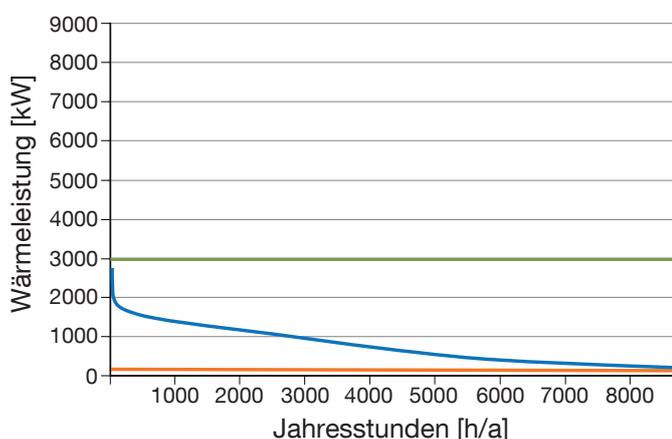
Anhang 7.2: Dämmklasse 2

Wärmeumsatz	6848 MWh/a	
Verkauf	5424 MWh/a	79 %
Netzverlust	1424 MWh/a	21 %

Lastverhalten		
Grund lastabdeckung	6849 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	0 MWh/a	0 %

Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	6849 MWh/a	26 %
nicht nutzbarer Anteil	19431 MWh/a	74 %

Gewinnschwelle	
1 Jahr	188,14 €/MWh
10 Jahre	178,65 €/MWh
20 Jahre	172,77 €/MWh



Anhang 7.3: Dämmklasse 3

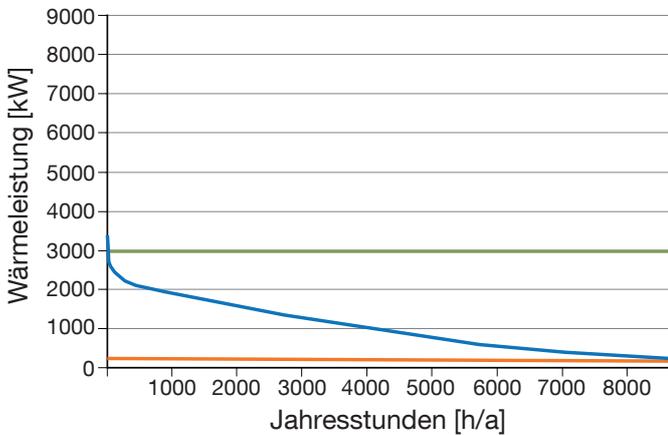
Wärmeumsatz	6666 MWh/a	
Verkauf	5424 MWh/a	81 %
Netzverlust	1242 MWh/a	19 %

Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	6666 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	0 MWh/a	0 %

Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	6666 MWh/a	25 %
nicht nutzbarer Anteil	19614 MWh/a	75 %

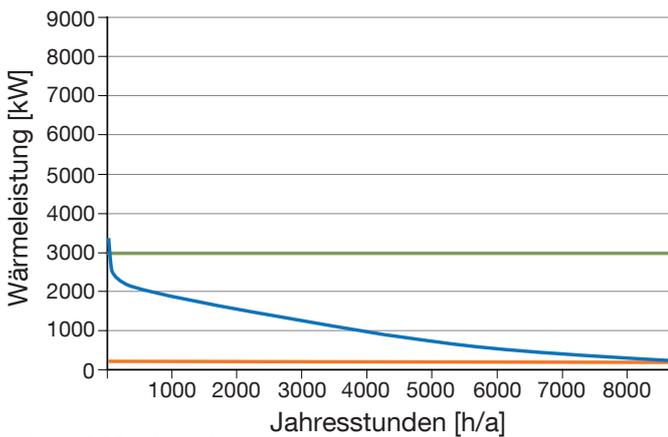
Gewinnschwelle	
1 Jahr	215,50 €/MWh
10 Jahre	206,30 €/MWh
20 Jahre	197,80 €/MWh

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 30%



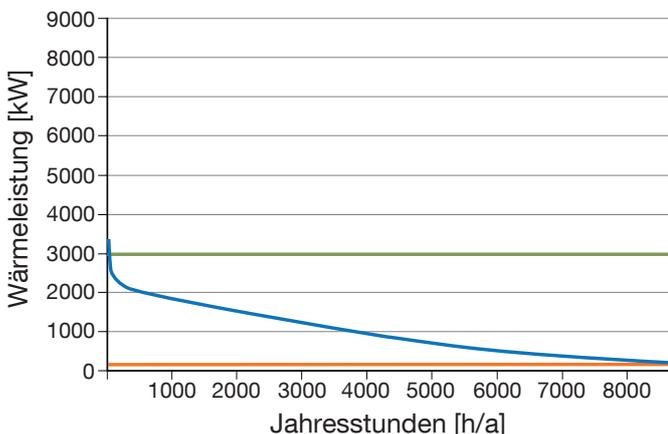
Anhang 7.4: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	9000 MWh/a	
Verkauf	7237 MWh/a	81 %
Netzverlust	1763 MWh/a	19 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	8997 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	2 MWh/a	0 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	8997 MWh/a	34 %
nicht nutzbarer Anteil	17283 MWh/a	66 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	127,47 €/MWh	
10 Jahre	122,16 €/MWh	
20 Jahre	117,28 €/MWh	



Anhang 7.5: Dämmklasse 2

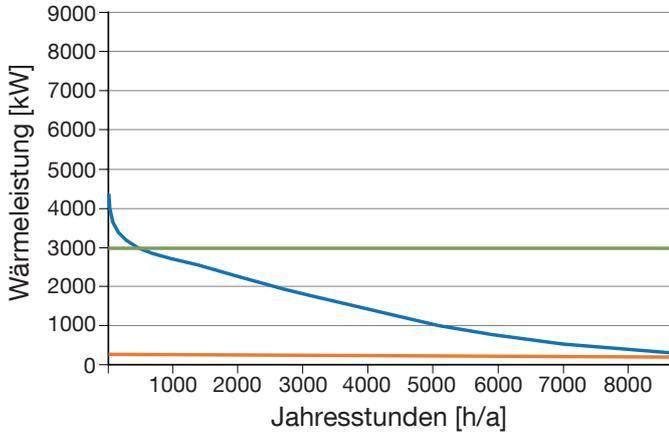
Wärmeumsatz	8835 MWh/a	
Verkauf	7237 MWh/a	82 %
Netzverlust	1598 MWh/a	18 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	8834 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	2 MWh/a	0 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	8834 MWh/a	34 %
nicht nutzbarer Anteil	17446 MWh/a	66 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	145,49 €/MWh	
10 Jahre	139,40 €/MWh	
20 Jahre	133,80 €/MWh	



Anhang 7.6: Dämmklasse 3

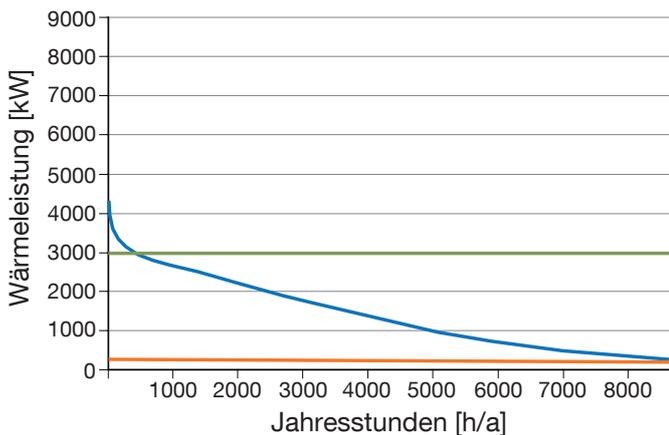
Wärmeumsatz	8639 MWh/a	
Verkauf	7237 MWh/a	84 %
Netzverlust	1402 MWh/a	16 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	8637 MWh/a	100 %
Spitzenlastabdeckung	2 MWh/a	0 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	8637 MWh/a	33 %
nicht nutzbarer Anteil	17643 MWh/a	67 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	166,00 €/MWh	
10 Jahre	159,00 €/MWh	
20 Jahre	152,57 €/MWh	

**Trassenauslegung max. 500 Pa/m
Anschlussgrad 40%**



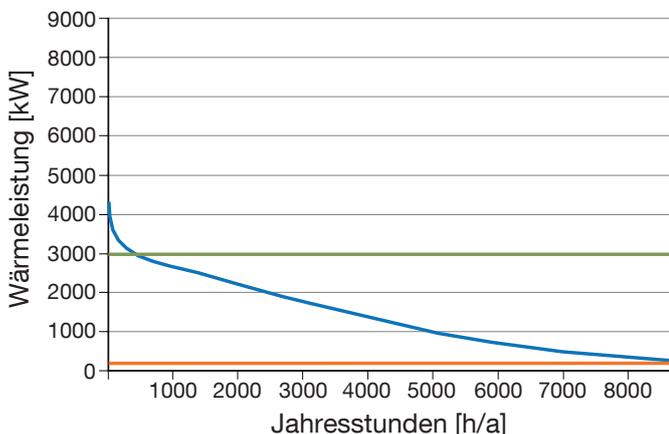
Anhang 7.7: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	12587 MWh/a	
Verkauf	10640 MWh/a	85 %
Netzverlust	1947 MWh/a	15 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	12417 MWh/a	99 %
Spitzenlastabdeckung	171 MWh/a	1 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	12417 MWh/a	47 %
nicht nutzbarer Anteil	13863 MWh/a	53 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	90,53 €/MWh	
10 Jahre	87,01 €/MWh	
20 Jahre	83,87 €/MWh	



Anhang 7.8: Dämmklasse 2

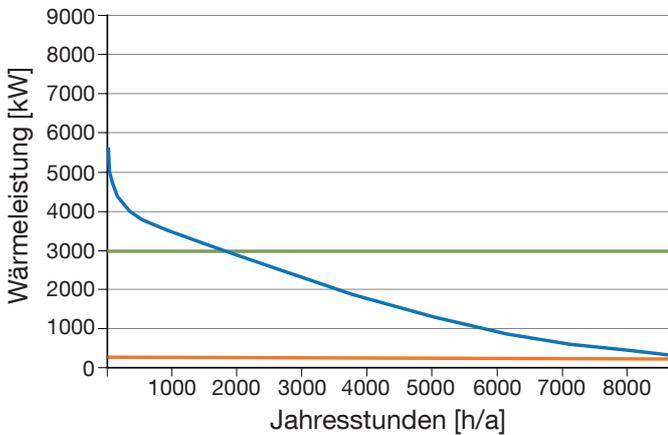
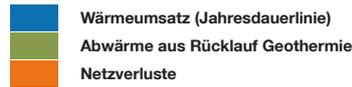
Wärmeumsatz	12477 MWh/a	
Verkauf	10640 MWh/a	85 %
Netzverlust	1837 MWh/a	15 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	12322 MWh/a	99 %
Spitzenlastabdeckung	155 MWh/a	1 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	12322 MWh/a	47 %
nicht nutzbarer Anteil	13958 MWh/a	53 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	102,74 €/MWh	
10 Jahre	98,69 €/MWh	
20 Jahre	95,04 €/MWh	



Anhang 7.9: Dämmklasse 3

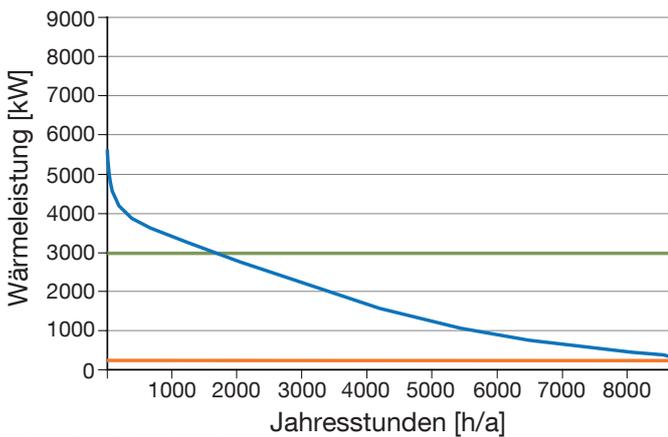
Wärmeumsatz	12249 MWh/a	
Verkauf	10640 MWh/a	87 %
Netzverlust	1609 MWh/a	13 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	12106 MWh/a	99 %
Spitzenlastabdeckung	144 MWh/a	1 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	12106 MWh/a	46 %
nicht nutzbarer Anteil	14174 MWh/a	54 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	116,64 €/MWh	
10 Jahre	111,96 €/MWh	
20 Jahre	107,73 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 50%



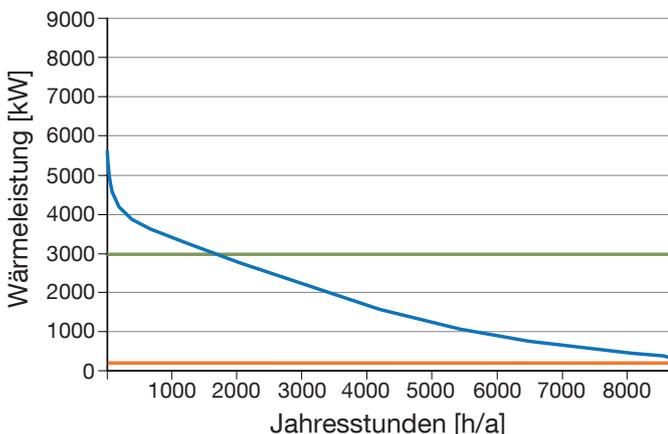
Anhang 7.10: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	15915 MWh/a	
Verkauf	13742 MWh/a	86 %
Netzverlust	2173 MWh/a	14 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	14812 MWh/a	93 %
Spitzenlastabdeckung	1104 MWh/a	7 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	14812 MWh/a	56 %
nicht nutzbarer Anteil	11468 MWh/a	44 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	75,85 €/MWh	
10 Jahre	73,80 €/MWh	
20 Jahre	72,30 €/MWh	



Anhang 7.11: Dämmklasse 2

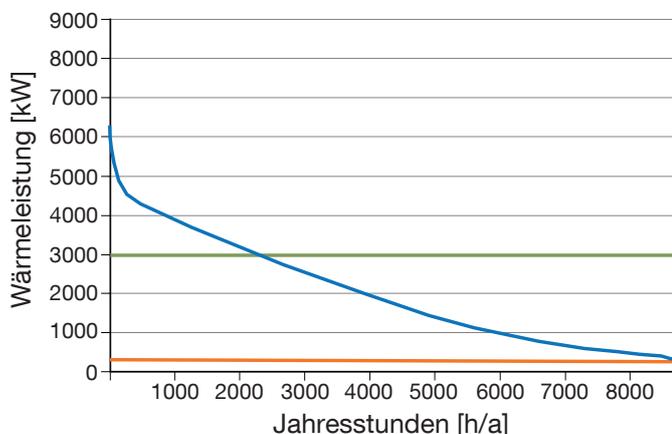
Wärmeumsatz	15762 MWh/a	
Verkauf	13742 MWh/a	87 %
Netzverlust	2020 MWh/a	13 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	14728 MWh/a	93 %
Spitzenlastabdeckung	1034 MWh/a	7 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	14728 MWh/a	56 %
nicht nutzbarer Anteil	11552 MWh/a	44 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	85,15 €/MWh	
10 Jahre	82,66 €/MWh	
20 Jahre	80,73 €/MWh	



Anhang 7.12: Dämmklasse 3

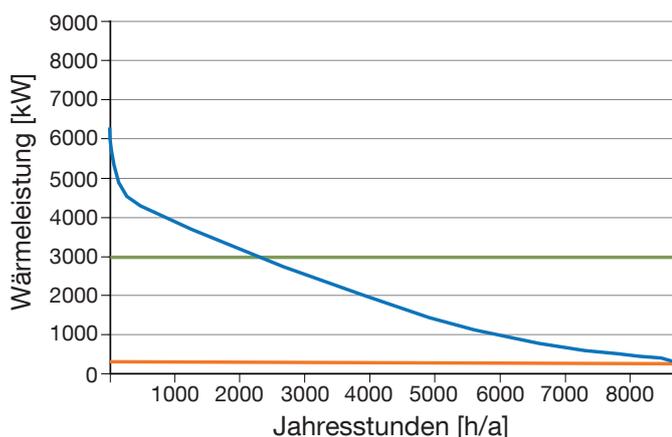
Wärmeumsatz	15519 MWh/a	
Verkauf	13742 MWh/a	89 %
Netzverlust	1777 MWh/a	11 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	14532 MWh/a	94 %
Spitzenlastabdeckung	987 MWh/a	6 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	14532 MWh/a	55 %
nicht nutzbarer Anteil	11748 MWh/a	45 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	95,80 €/MWh	
10 Jahre	92,79 €/MWh	
20 Jahre	90,36 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 60%



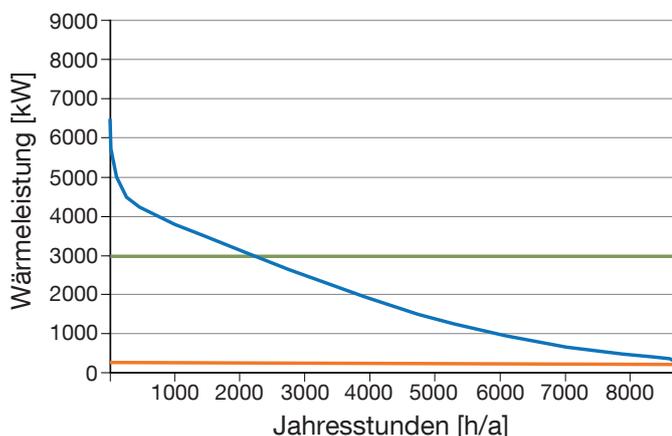
Anhang 7.13: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	17764 MWh/a	
Verkauf	15470 MWh/a	87 %
Netzverlust	2294 MWh/a	13 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	15797 MWh/a	89 %
Spitzenlastabdeckung	1966 MWh/a	11 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	15797 MWh/a	60 %
nicht nutzbarer Anteil	10483 MWh/a	40 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	71,82 €/MWh	
10 Jahre	70,55 €/MWh	
20 Jahre	69,97 €/MWh	



Anhang 7.14: Dämmklasse 2

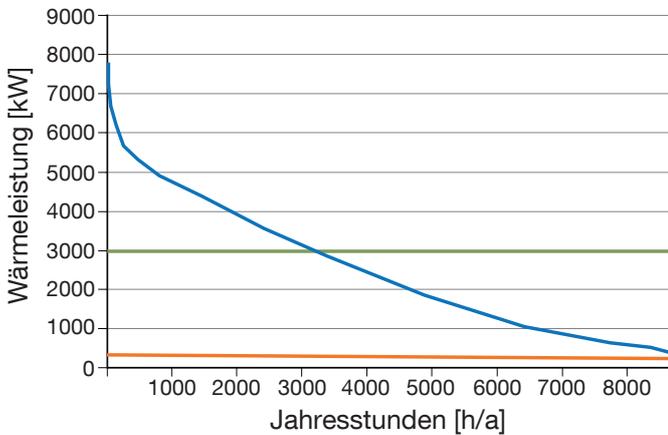
Wärmeumsatz	17539 MWh/a	
Verkauf	15470 MWh/a	88 %
Netzverlust	2123 MWh/a	12 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	15721 MWh/a	89 %
Spitzenlastabdeckung	1872 MWh/a	11 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	15721 MWh/a	60 %
nicht nutzbarer Anteil	10559 MWh/a	40 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	80,03 €/MWh	
10 Jahre	78,35 €/MWh	
20 Jahre	77,37 €/MWh	



Anhang 7.15: Dämmklasse 3

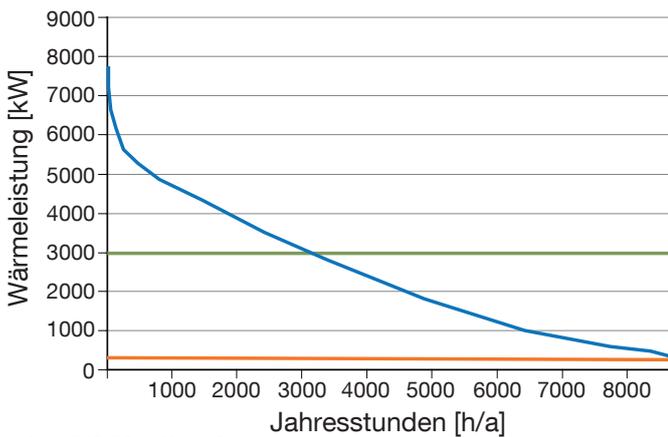
Wärmeumsatz	17342 MWh/a	
Verkauf	15407 MWh/a	89 %
Netzverlust	1872 MWh/a	11 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	15534 MWh/a	90 %
Spitzenlastabdeckung	1808 MWh/a	10 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	15534 MWh/a	59 %
nicht nutzbarer Anteil	10746 MWh/a	41 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	89,43 €/MWh	
10 Jahre	87,28 €/MWh	
20 Jahre	85,85 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Anschlussgrad 70%



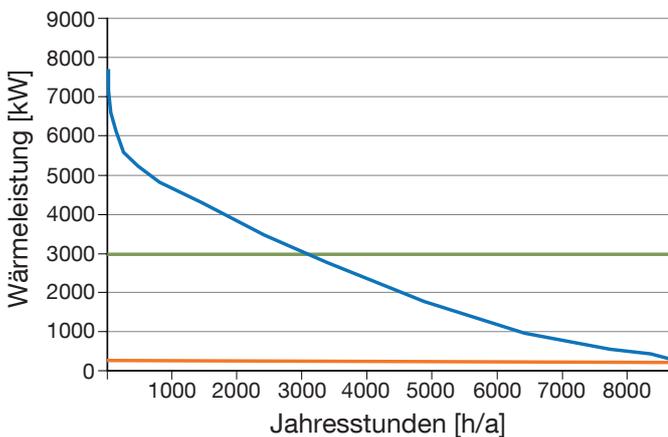
Anhang 7.16: Dämmklasse 1

Wärmeumsatz	21722 MWh/a	
Verkauf	19268 MWh/a	88 %
Netzverlust	2454 MWh/a	12 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	17399 MWh/a	80 %
Spitzenlastabdeckung	4323 MWh/a	20 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	17399 MWh/a	66 %
nicht nutzbarer Anteil	8881 MWh/a	34 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	64,95 €/MWh	
10 Jahre	65,21 €/MWh	
20 Jahre	66,46 €/MWh	



Anhang 7.17: Dämmklasse 2

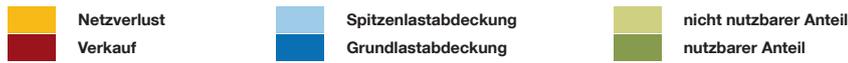
Wärmeumsatz	21524 MWh/a	
Verkauf	19268 MWh/a	90 %
Netzverlust	2256 MWh/a	10 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	17339 MWh/a	81 %
Spitzenlastabdeckung	4185 MWh/a	19 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	17339 MWh/a	66 %
nicht nutzbarer Anteil	8941 MWh/a	34 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	71,46 €/MWh	
10 Jahre	71,37 €/MWh	
20 Jahre	72,27 €/MWh	



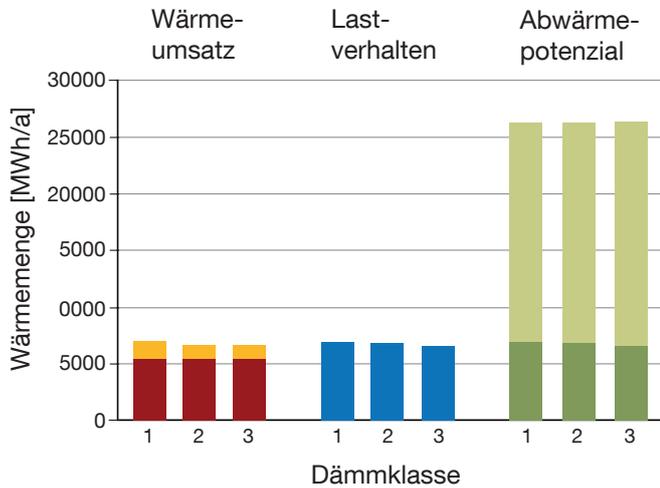
Anhang 7.18: Dämmklasse 3

Wärmeumsatz	21262 MWh/a	
Verkauf	19268 MWh/a	89 %
Netzverlust	1994 MWh/a	11 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	17172 MWh/a	94 %
Spitzenlastabdeckung	4090 MWh/a	6 %
Rücklauf Geothermie	26280 MWh/a	
nutzbarer Anteil	17172 MWh/a	55 %
nicht nutzbarer Anteil	9108 MWh/a	45 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	78,94 €/MWh	
10 Jahre	78,45 €/MWh	
20 Jahre	78,97 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m

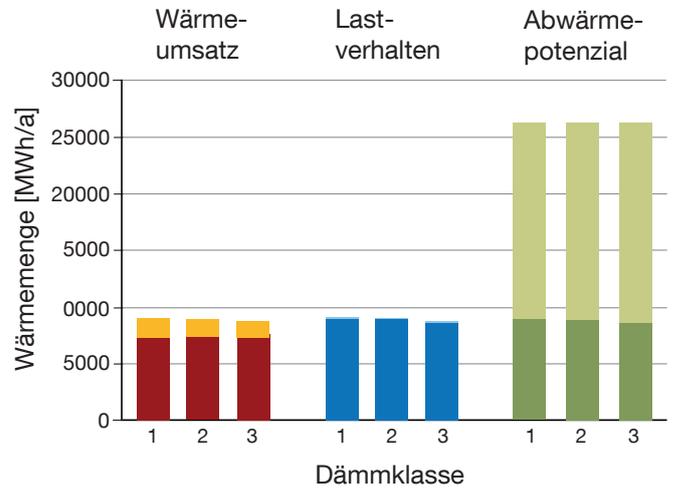


Anschlussgrad 20%



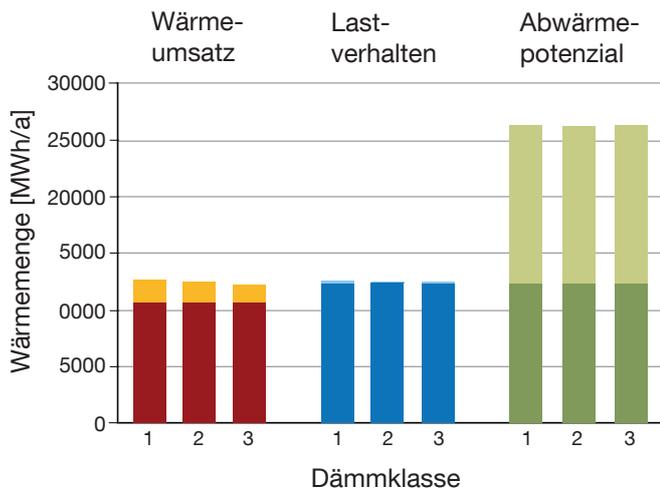
Anhang 7.19: Anschlussgrad 20%

Anschlussgrad 30%



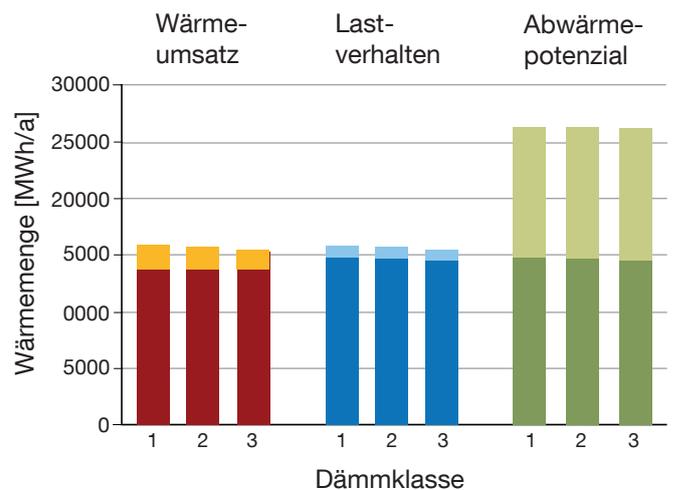
Anhang 7.20: Anschlussgrad 30%

Anschlussgrad 40%



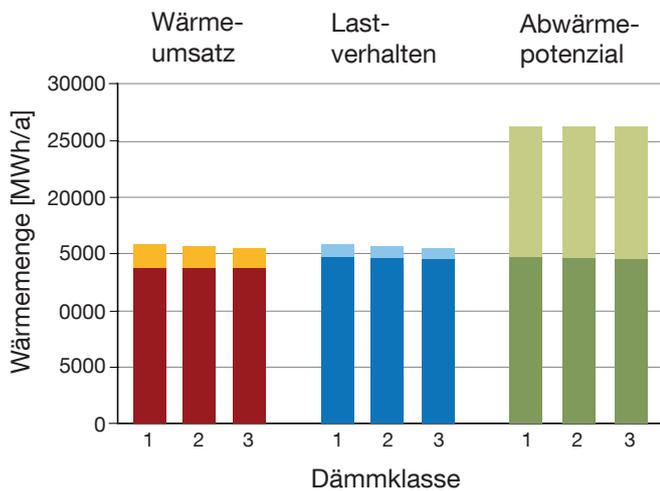
Anhang 7.21: Anschlussgrad 40%

Anschlussgrad 50%



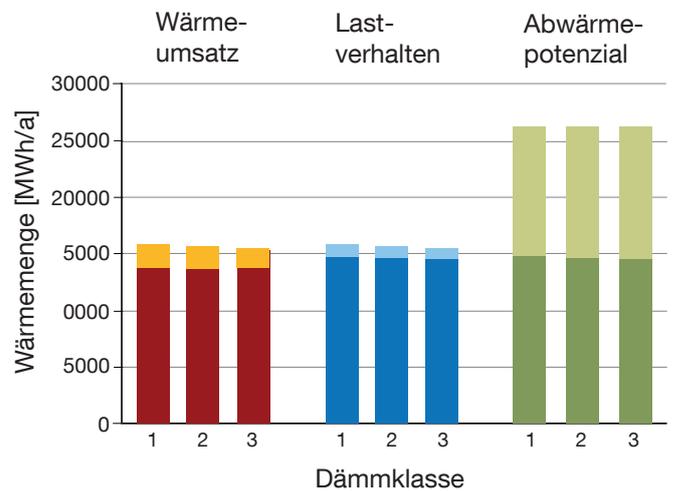
Anhang 7.22: Anschlussgrad 50%

Anschlussgrad 60%



Anhang 7.23: Anschlussgrad 60%

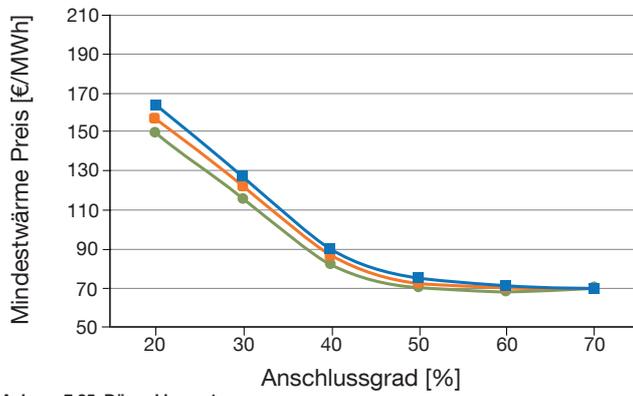
Anschlussgrad 70%



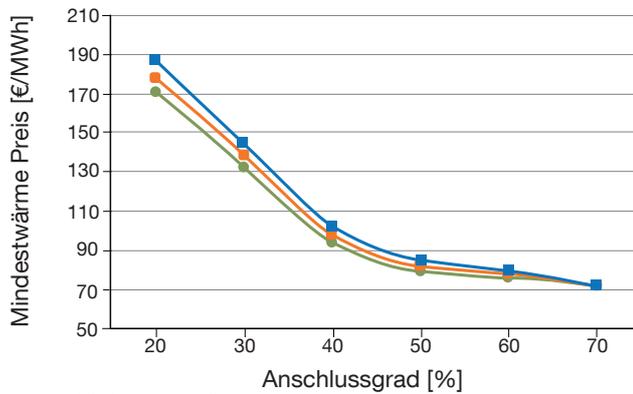
Anhang 7.24: Anschlussgrad 70%

Trassenauslegung max. 500 Pa/m

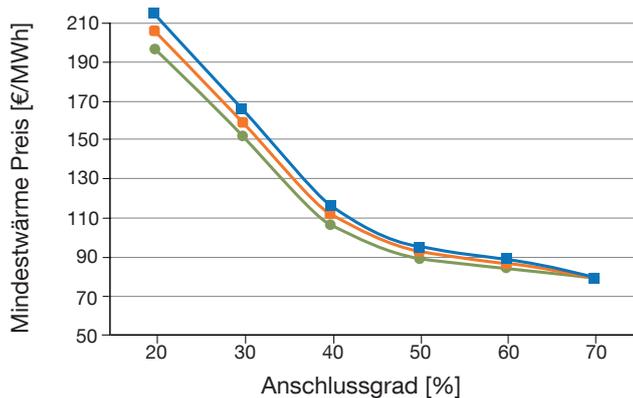
- Betrachtungszeitraum 1 Jahr
- Betrachtungszeitraum 10 Jahre
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre



Anhang 7.25: Dämmklasse 1



Anhang 7.26: Dämmklasse 2



Anhang 7.27: Dämmklasse 3

Anhang 8: Wärmenetz Ismaning West - Tiefengeothermie

Randbedingungen

Trassenauslegung

Maximalwert	500 Pa
Gesamtdruck bei 100% Anschluss	max. 5 bar

Hydraulische Simulation

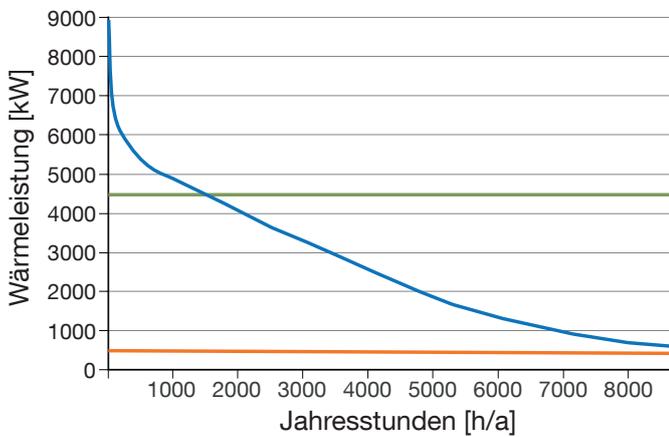
Temperatur Vorlauf (VL)	80° C
Erdreichtemperatur	5° C
mindest Temperatur VL Haus	70° C
Temperatur Rücklauf (RL) Haus	55° C
Toleranz Temperatur Haus	+/-1 K
Druckverlust Wärmetauscher	0,5 bar
Zuschlag Druckverlust Formstücke	30 %
Wirkungsgrad der Pumpe	60 %

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

(alle Kosten netto)

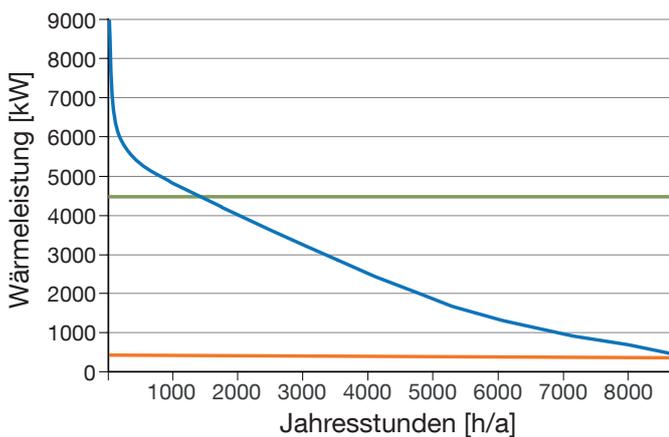
Kosten Übergabestation	3000 €
Spitzenlasterzeuger	175000 €
Kapitalzins	4 %/a
allgemeine Preissteigerung	2 %/a
Wärmeleistung Geothermie	4500 kW
Wärmepreis Geothermie Grundlast	55 €/MWh
Strompreis	200 €/MWh
Energiepreissteigerung Strom	6 %/a
Wirkungsgrad Spitzenlasterzeuger	90 %
Energiepreis Gas Spitzenlast	40 €/MWh
Energiepreissteigerung Gas	5 %/a
Lohnkostensteigerung	2 %/a
Betrachtungszeitraum	1,10,20 Jahr(e)

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Tiefengeothermie



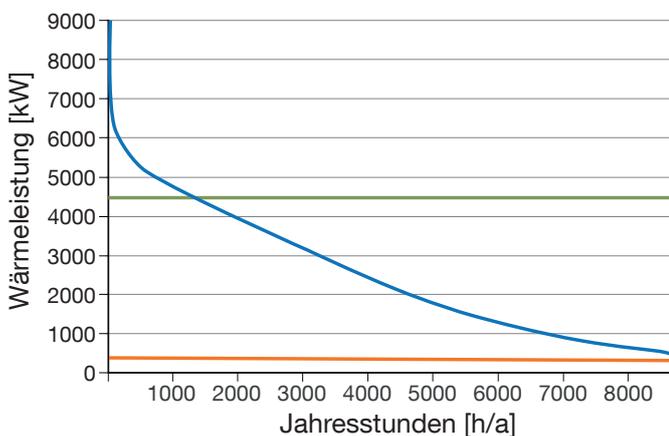
Anhang 8.1: Dämmklasse 1, Anschlussgrad 70%

Wärmeumsatz	23101 MWh/a	
Verkauf	19268 MWh/a	83 %
Netzverlust	3833 MWh/a	17 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	21920 MWh/a	95 %
Spitzenlastabdeckung	1181 MWh/a	5 %
Tiefengeothermie	39420 MWh/a	
nutzbarer Anteil	21920 MWh/a	56 %
nicht nutzbarer Anteil	17500 MWh/a	44 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	120,05 €/MWh	
10 Jahre	124,02 €/MWh	
20 Jahre	128,91 €/MWh	



Anhang 8.2: Dämmklasse 2, Anschlussgrad 70%

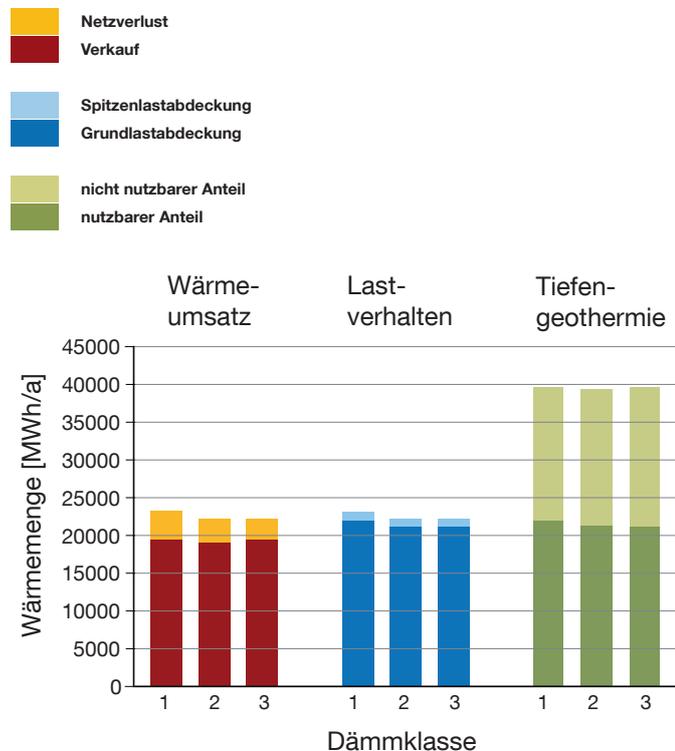
Wärmeumsatz	22506 MWh/a	
Verkauf	19268 MWh/a	86 %
Netzverlust	3238 MWh/a	14 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	21428 MWh/a	95 %
Spitzenlastabdeckung	1078 MWh/a	5 %
Tiefengeothermie	39420 MWh/a	
nutzbarer Anteil	21428 MWh/a	54 %
nicht nutzbarer Anteil	17992 MWh/a	46 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	125,15 €/MWh	
10 Jahre	128,65 €/MWh	
20 Jahre	133,06 €/MWh	



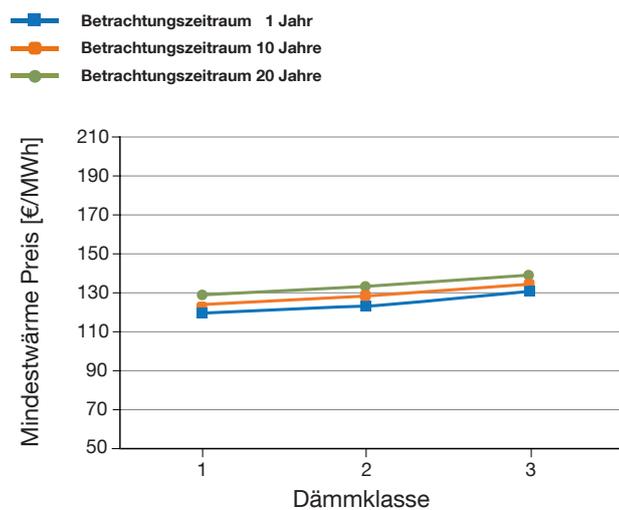
Anhang 8.3: Dämmklasse 3, Anschlussgrad 70%

Wärmeumsatz	22136 MWh/a	
Verkauf	19268 MWh/a	87 %
Netzverlust	2868 MWh/a	13 %
Lastverhalten		
Grundlastabdeckung	21118 MWh/a	95 %
Spitzenlastabdeckung	1018 MWh/a	5 %
Tiefengeothermie	39420 MWh/a	
nutzbarer Anteil	21118 MWh/a	54 %
nicht nutzbarer Anteil	18302 MWh/a	46 %
Gewinnschwelle		
1 Jahr	131,83 €/MWh	
10 Jahre	134,88 €/MWh	
20 Jahre	138,84 €/MWh	

Trassenauslegung max. 500 Pa/m Tiefengeothermie



Anhang 8.4: Anschlussgrad 70%

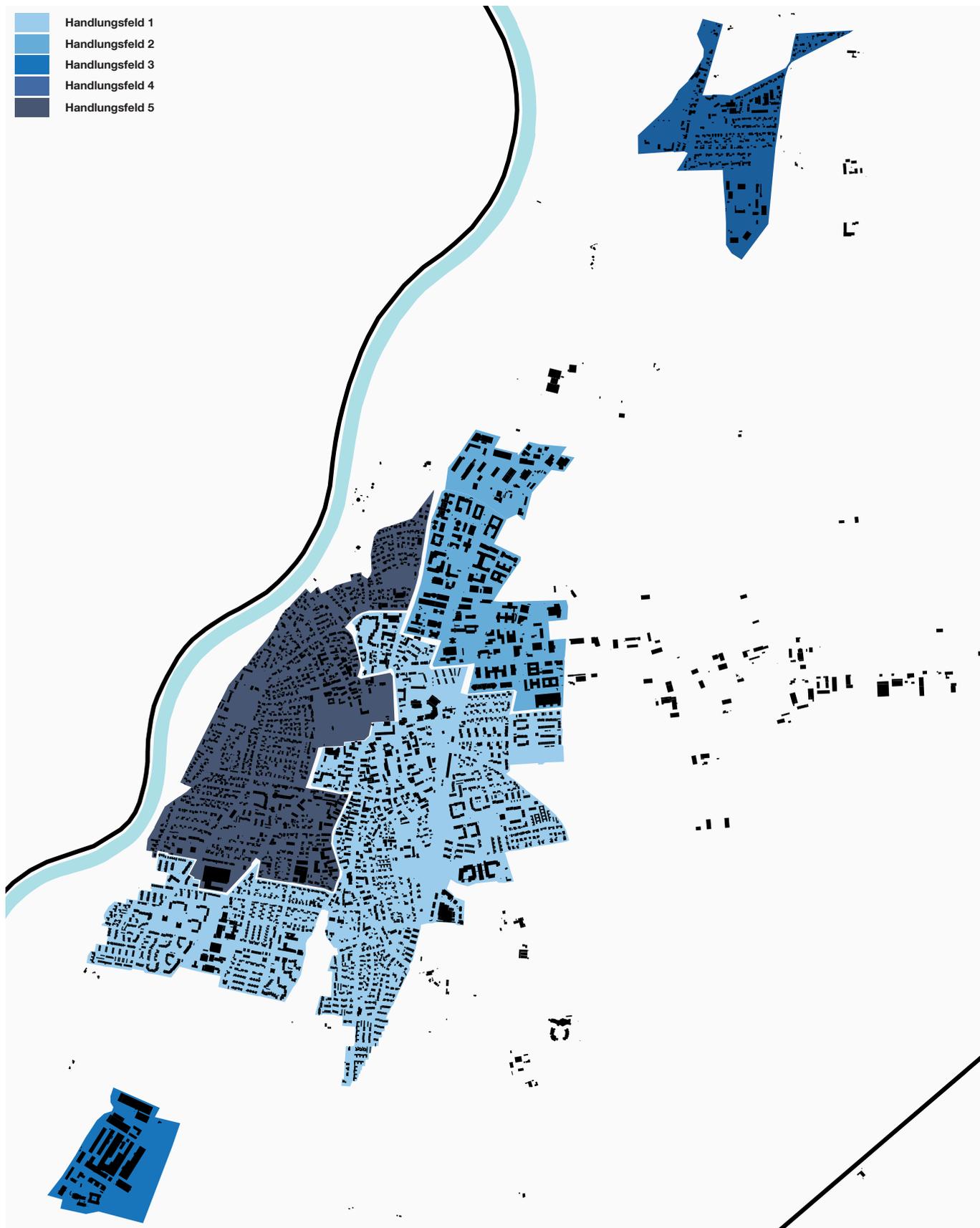


Anhang 8.5: Geothermie, Anschlussgrad 70%

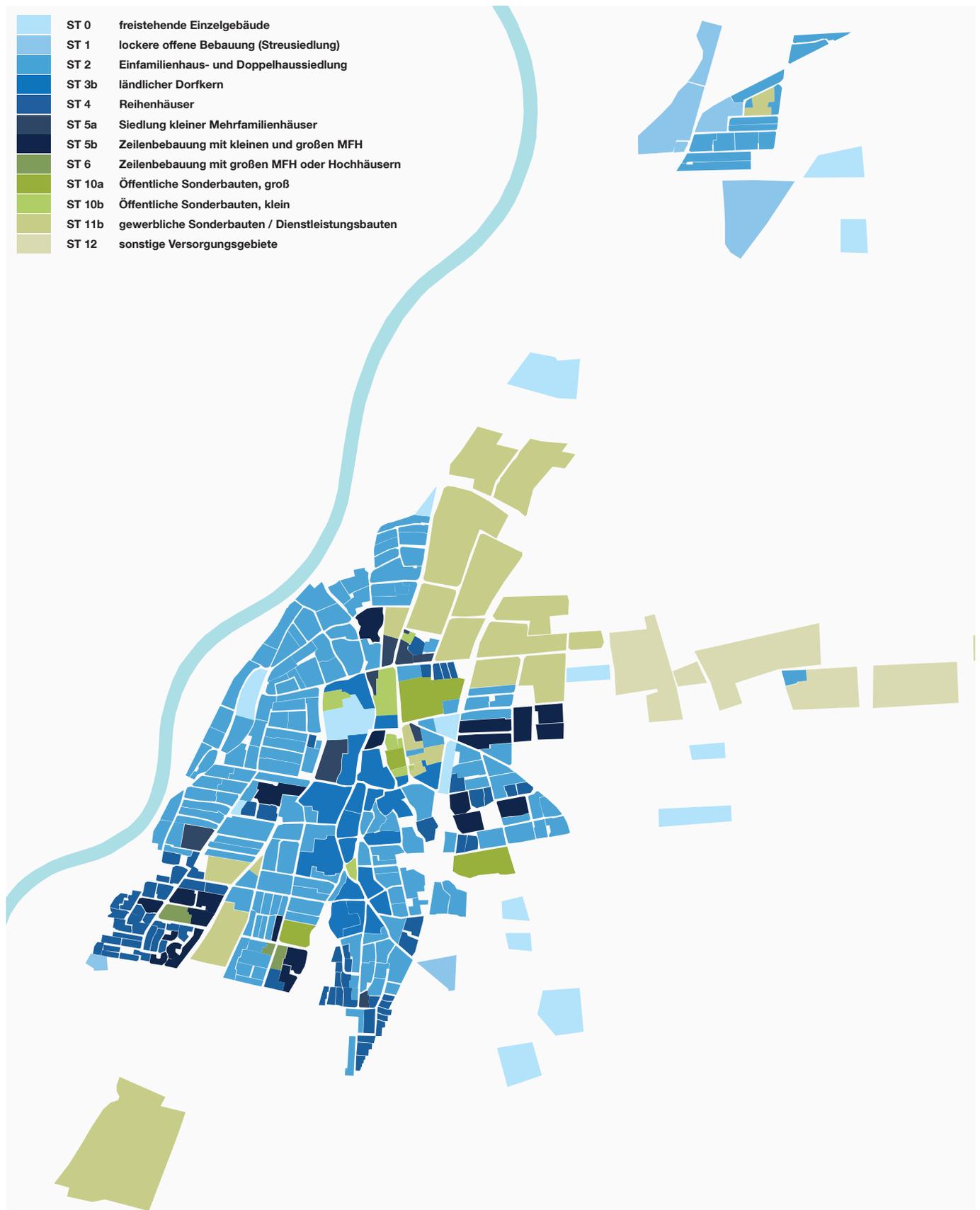
Anhang 9: ermittelte Trassenführung des Softwareprogramms STEFaN im Ortsteil Fischerhäuser



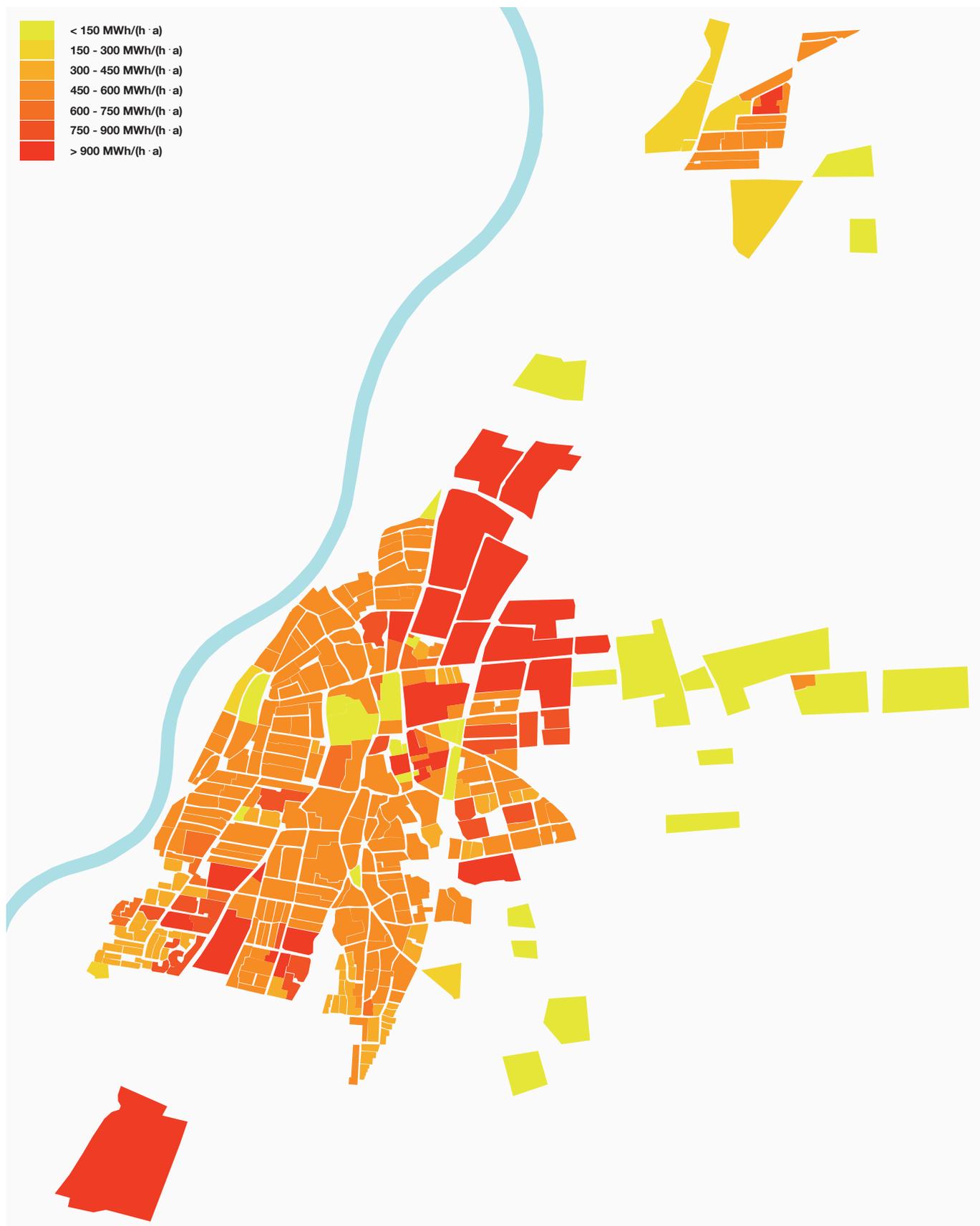
Anhang 10: Überblick der Handlungsfelder in der Gemeinde Ismaning



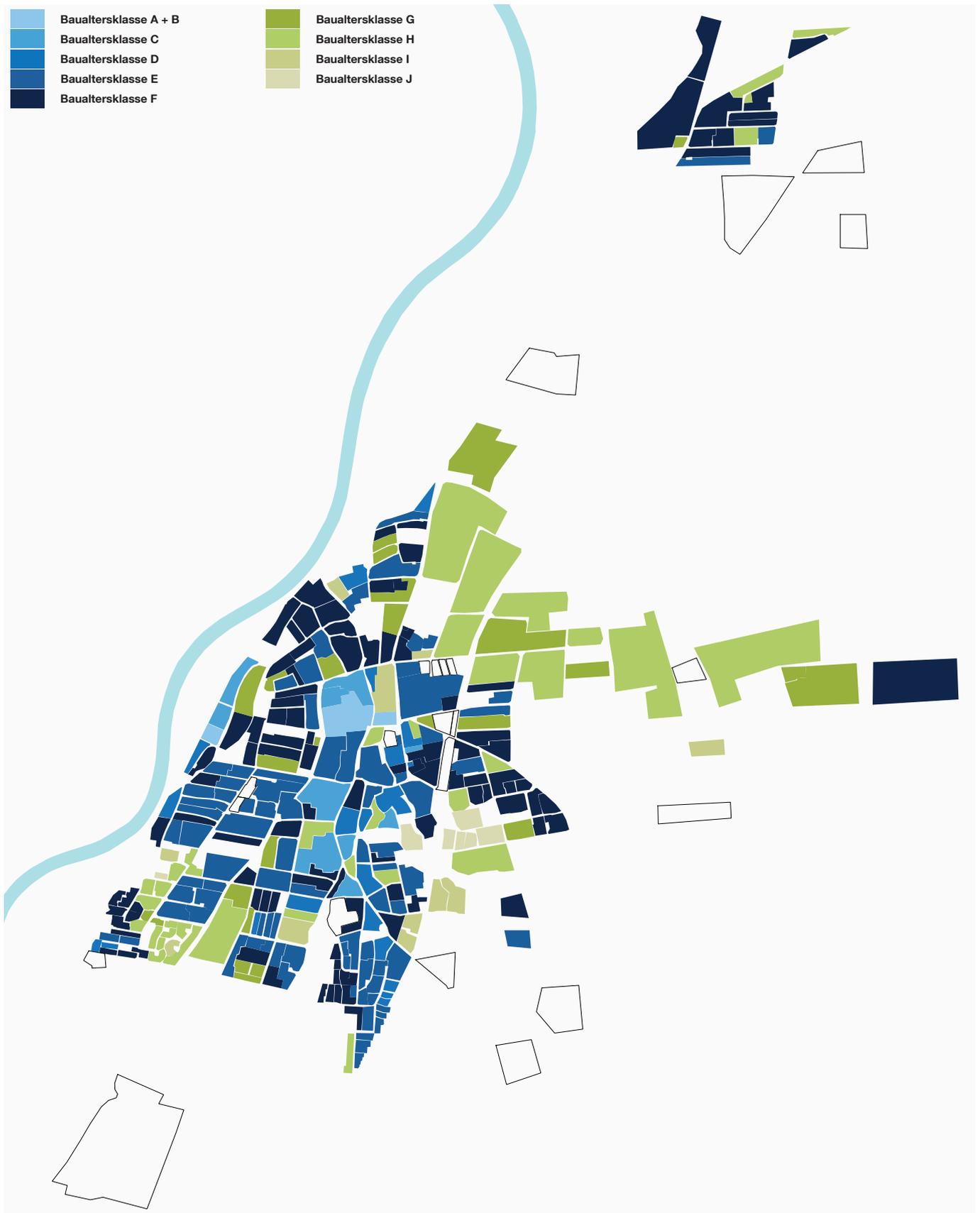
Anhang 11: Bestimmung der Siedlungstypologie in Ismaning



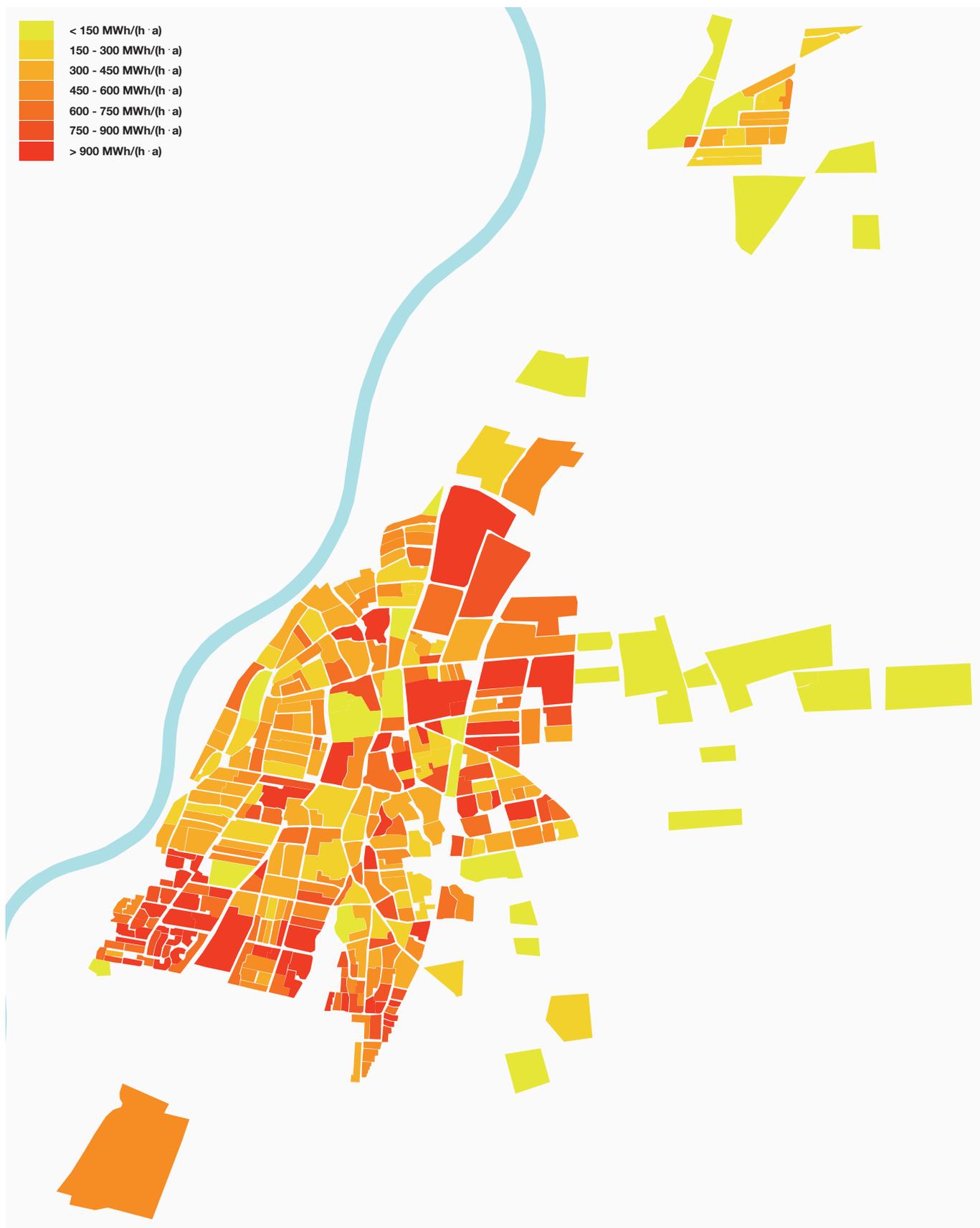
Anhang 12: Siedlungsbezogen ermittelte Wärmebedarfskarte, Ist-Zustand



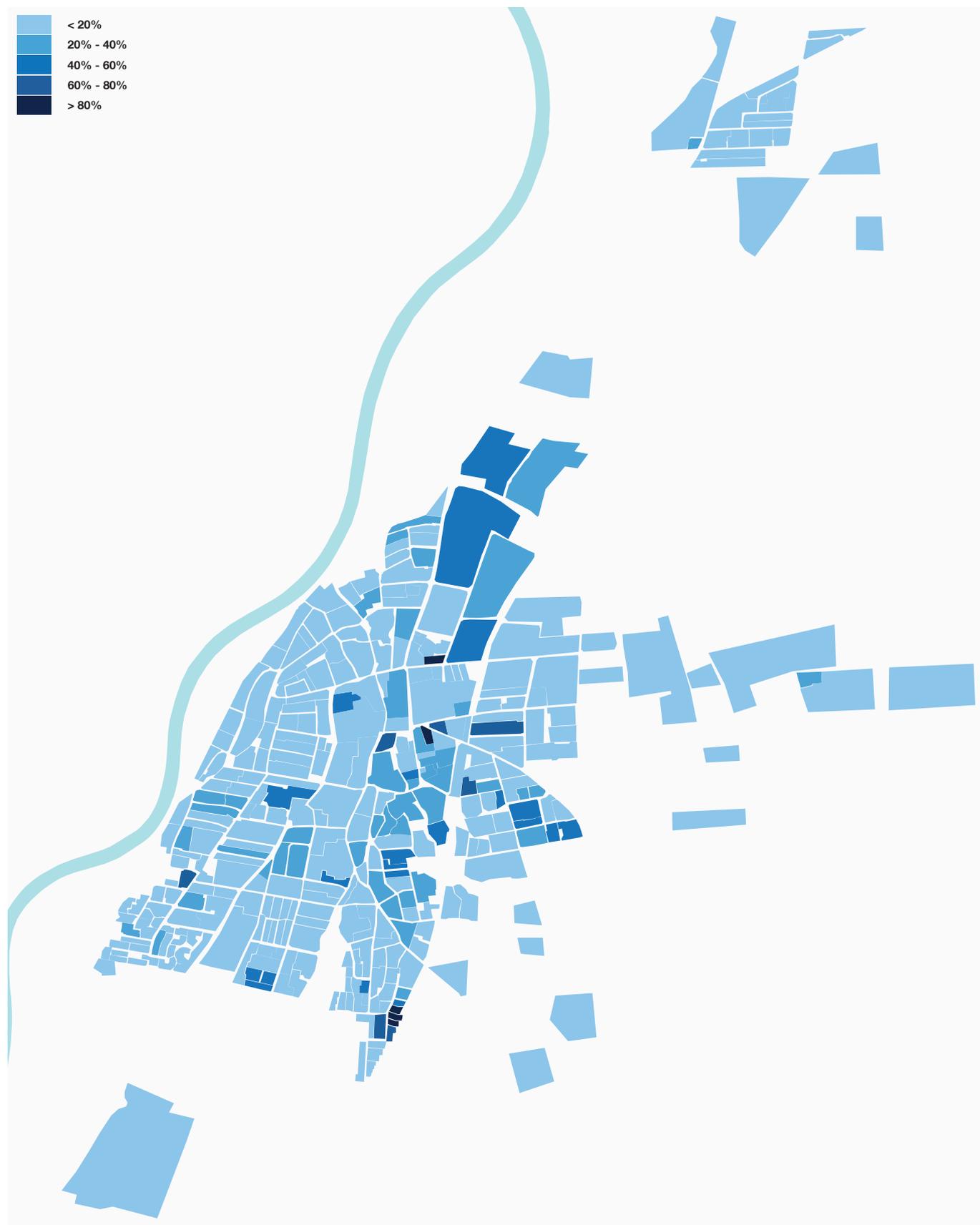
Anhang 13: Rasterung mit dem durchschnittlichen Baualter



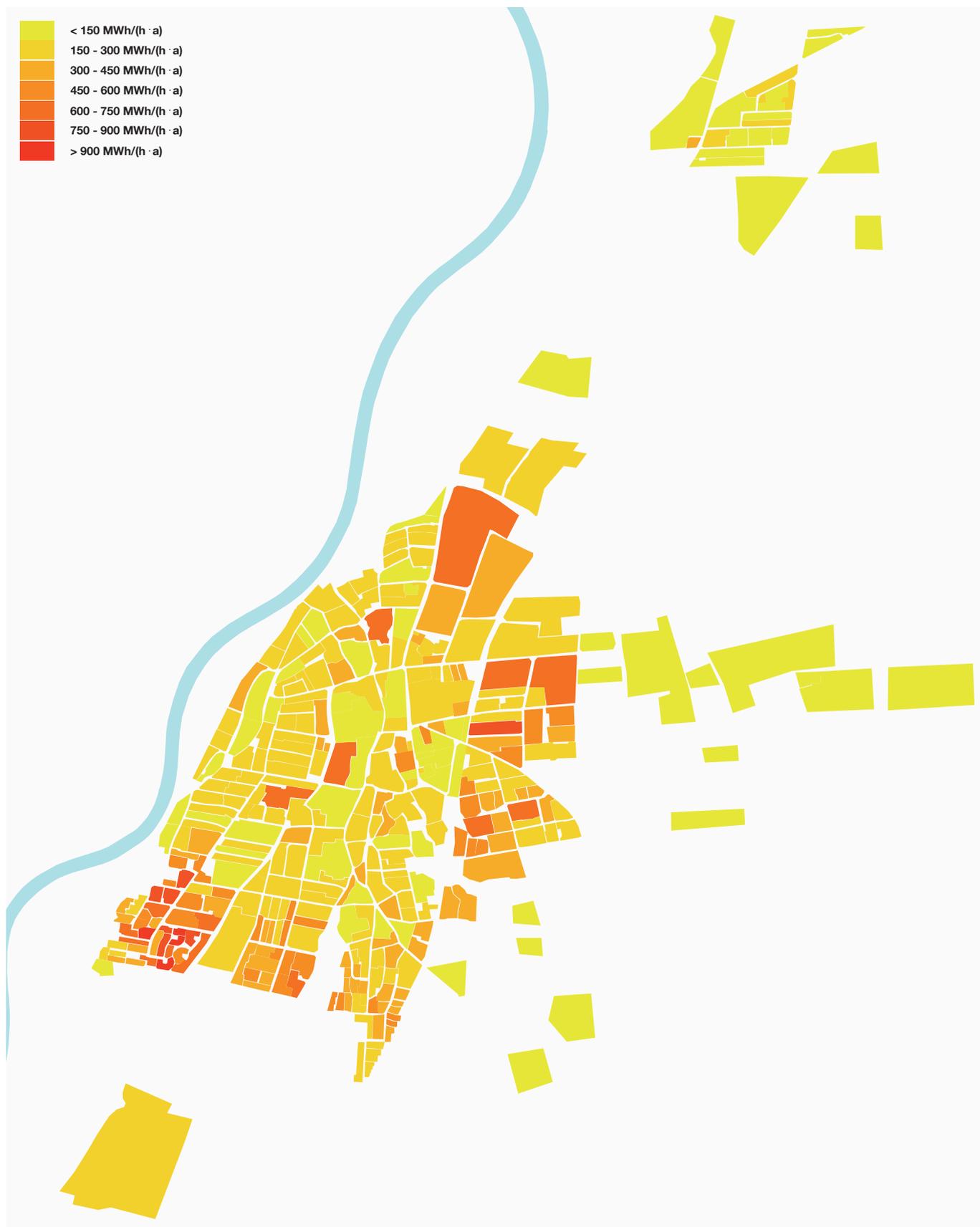
Anhang 14: Gebäudebezogen ermittelte Wärmebedarfskarte, Ist-Zustand



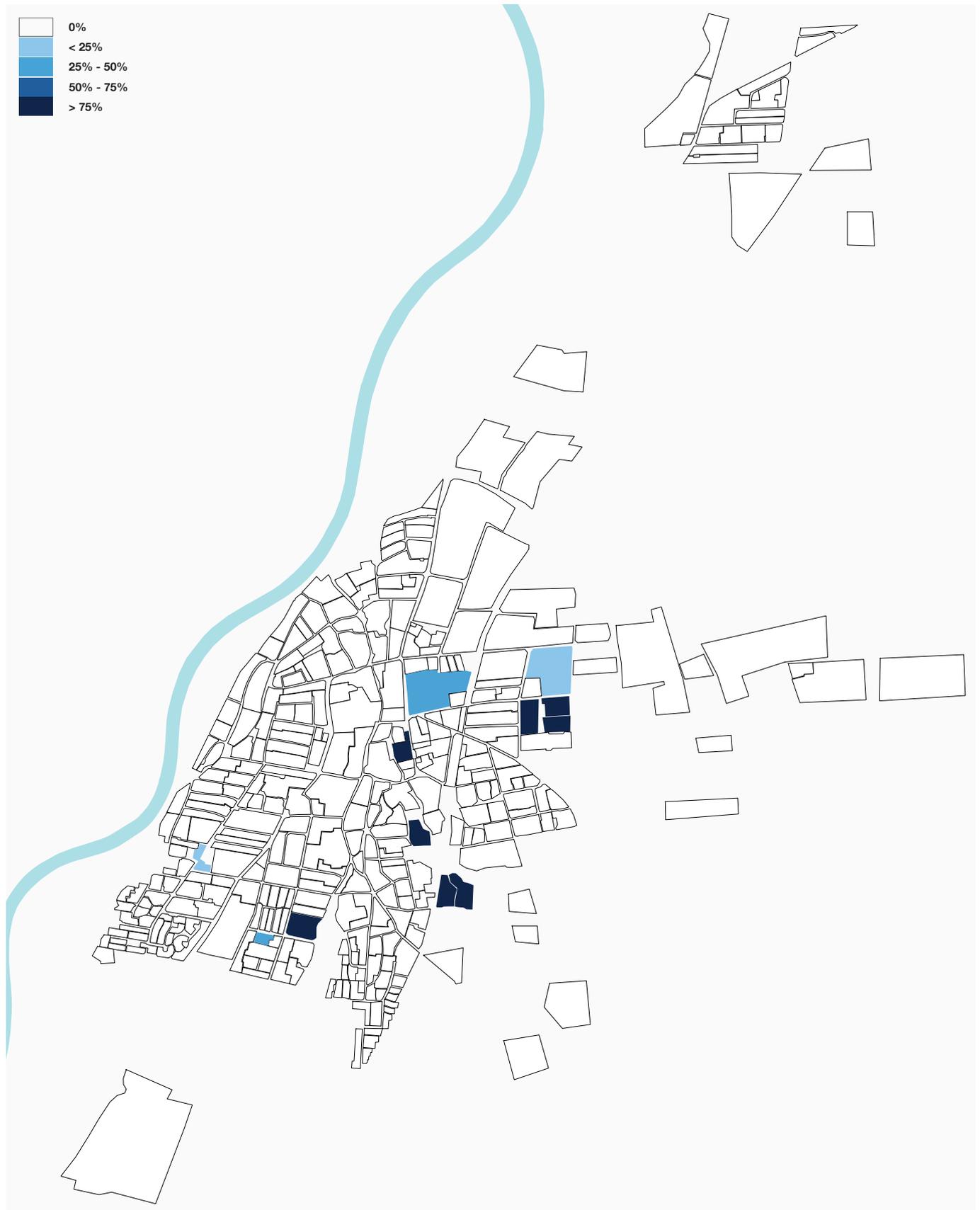
Anhang 15: Sanierungspotential im Gemeindegebiet



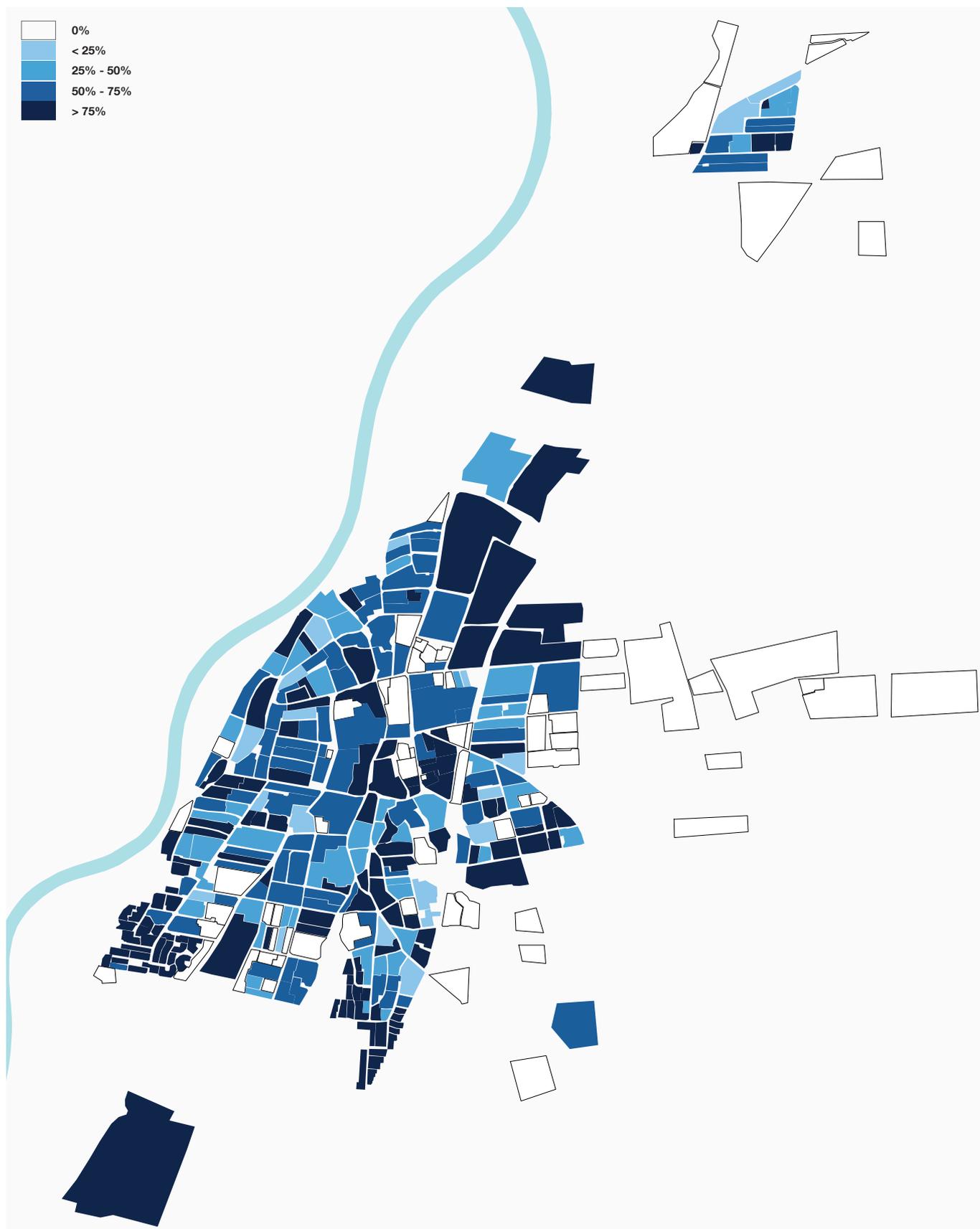
Anhang 16: Gebäudebezogen ermittelte Wärmebedarfsdichte im Jahr 2030



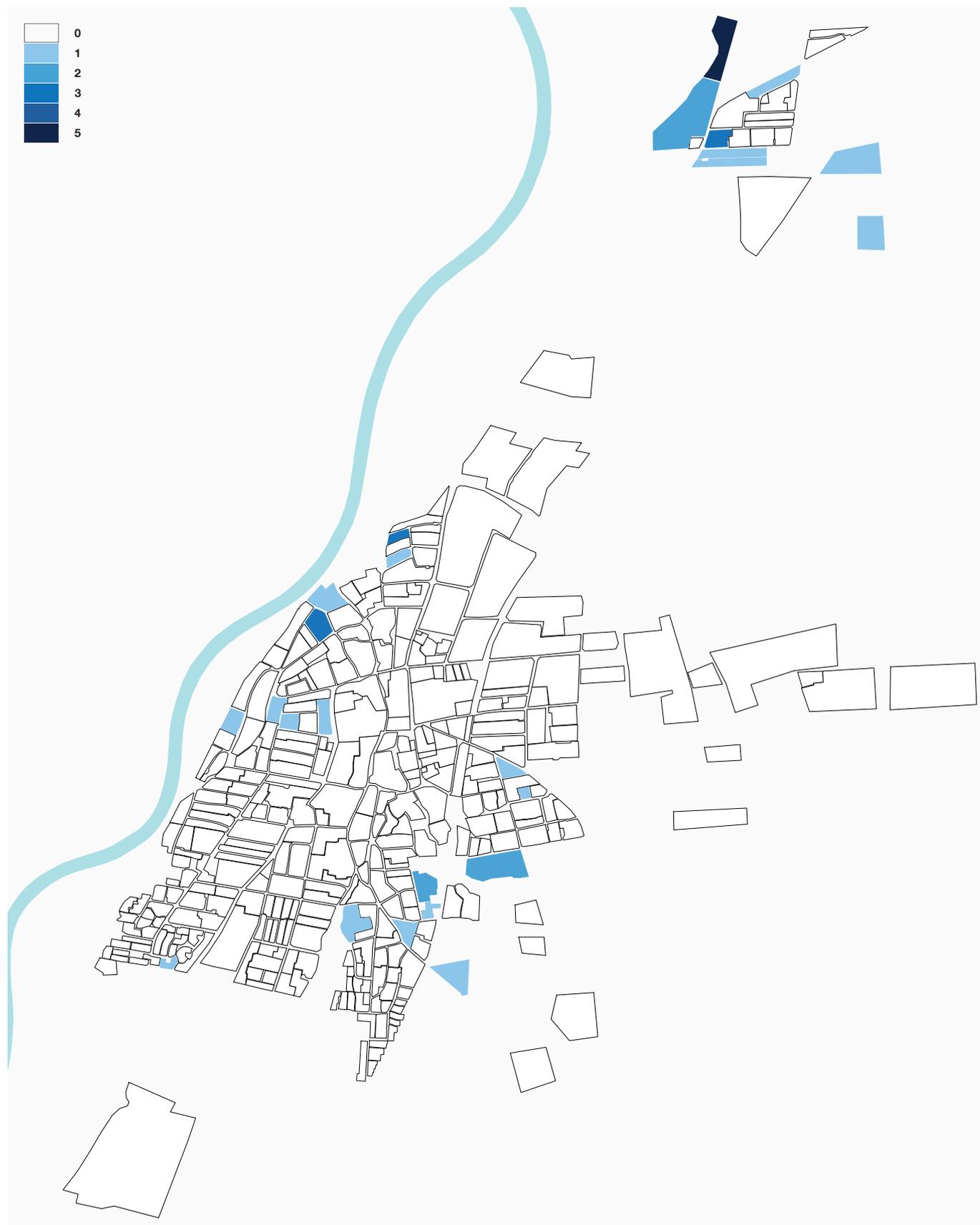
Anhang 17: Anschlussgrad bestehender Wärmenetze



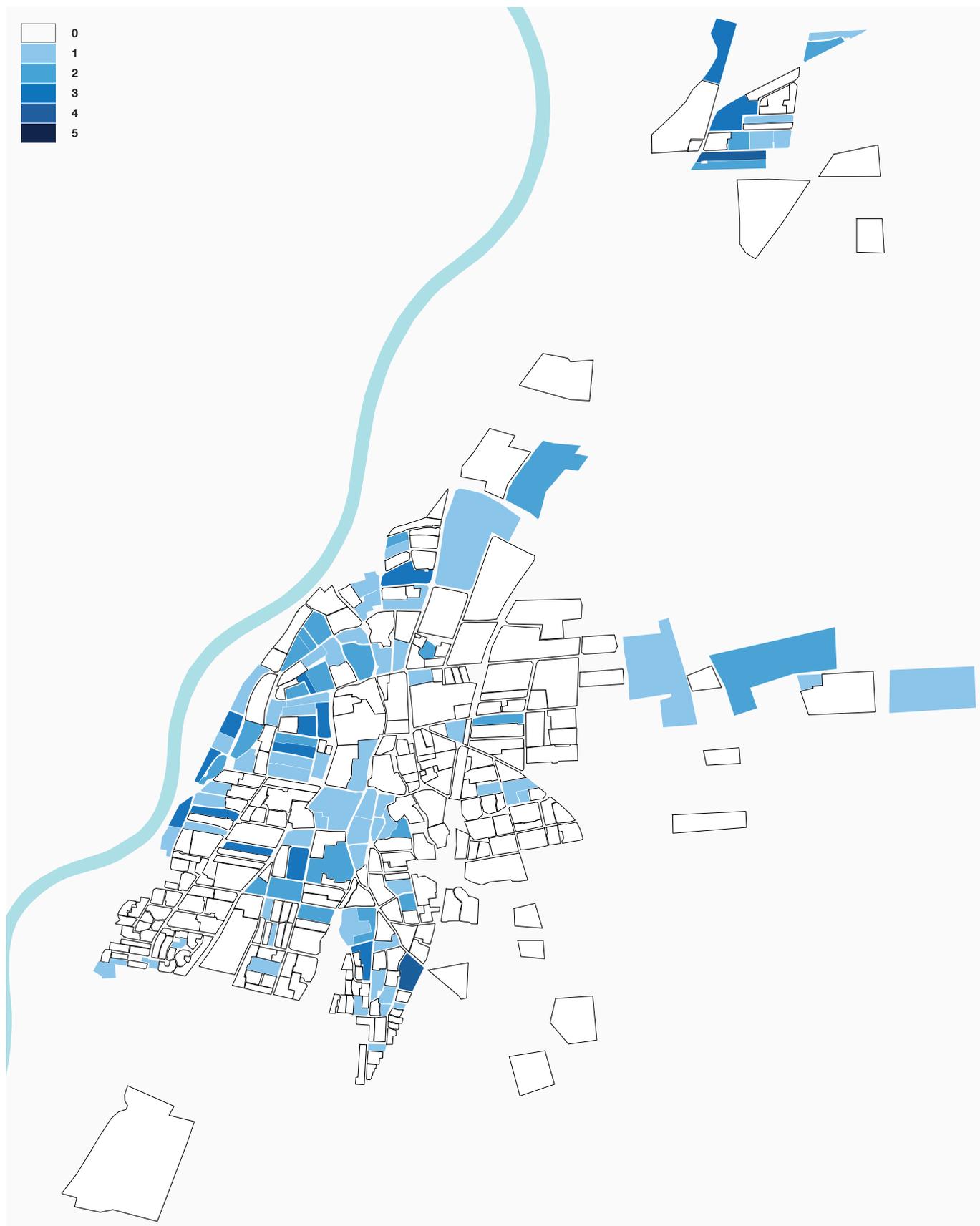
Anhang 18: Versorgungsgrad mit Gas



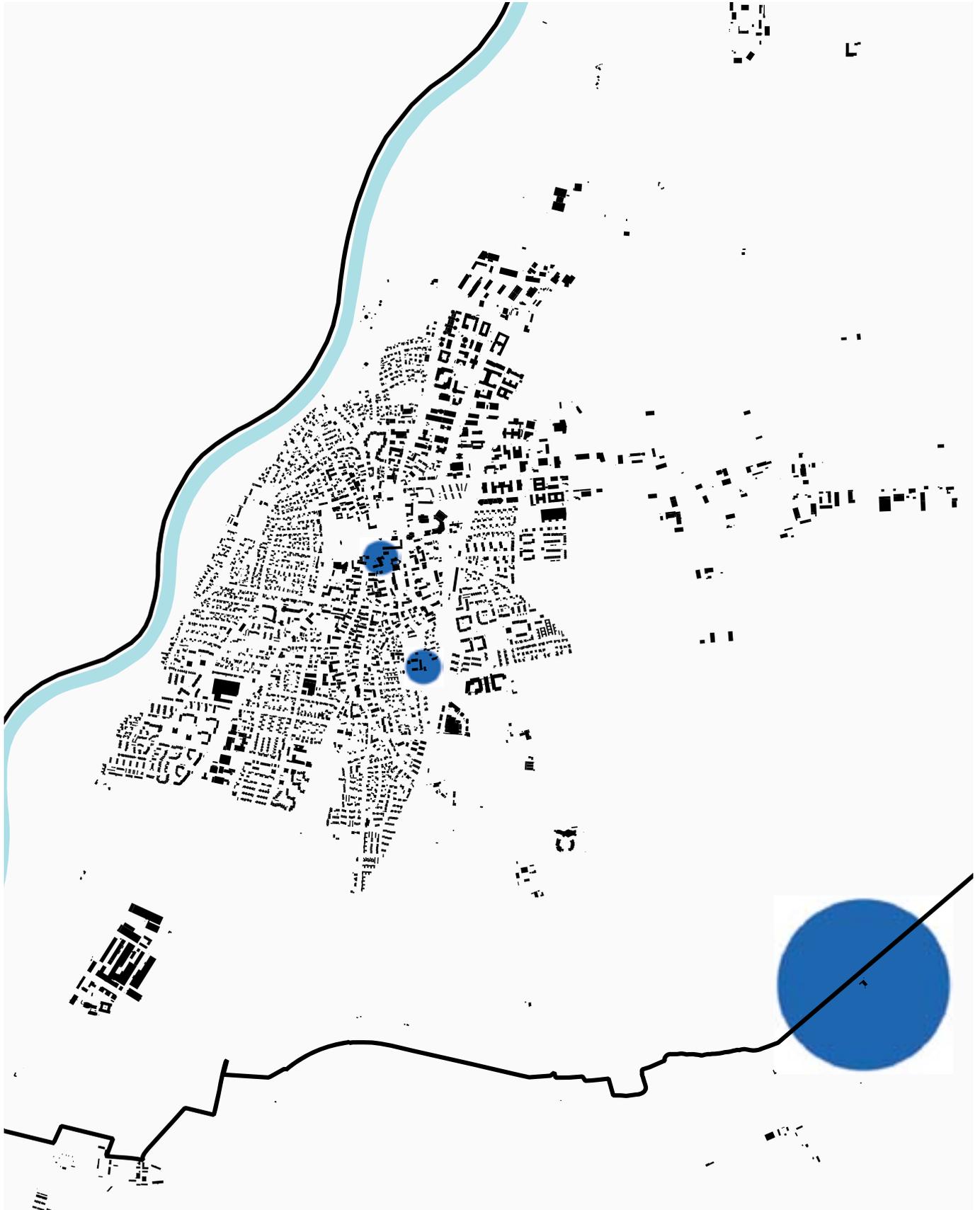
Anhang 19: Anzahl vorhandener Wärmepumpen



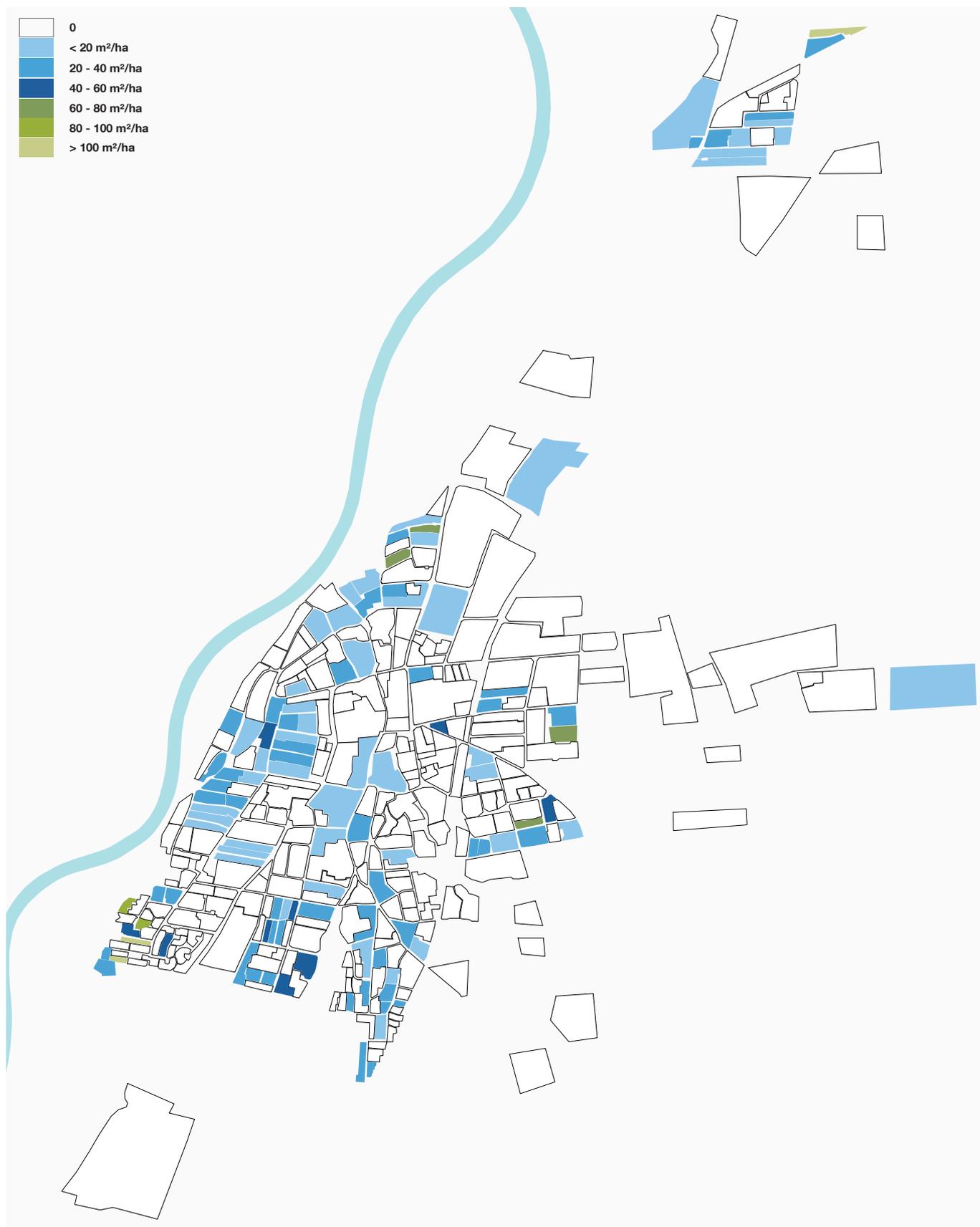
Anhang 20: Anzahl vorhandener Elektroheizungen



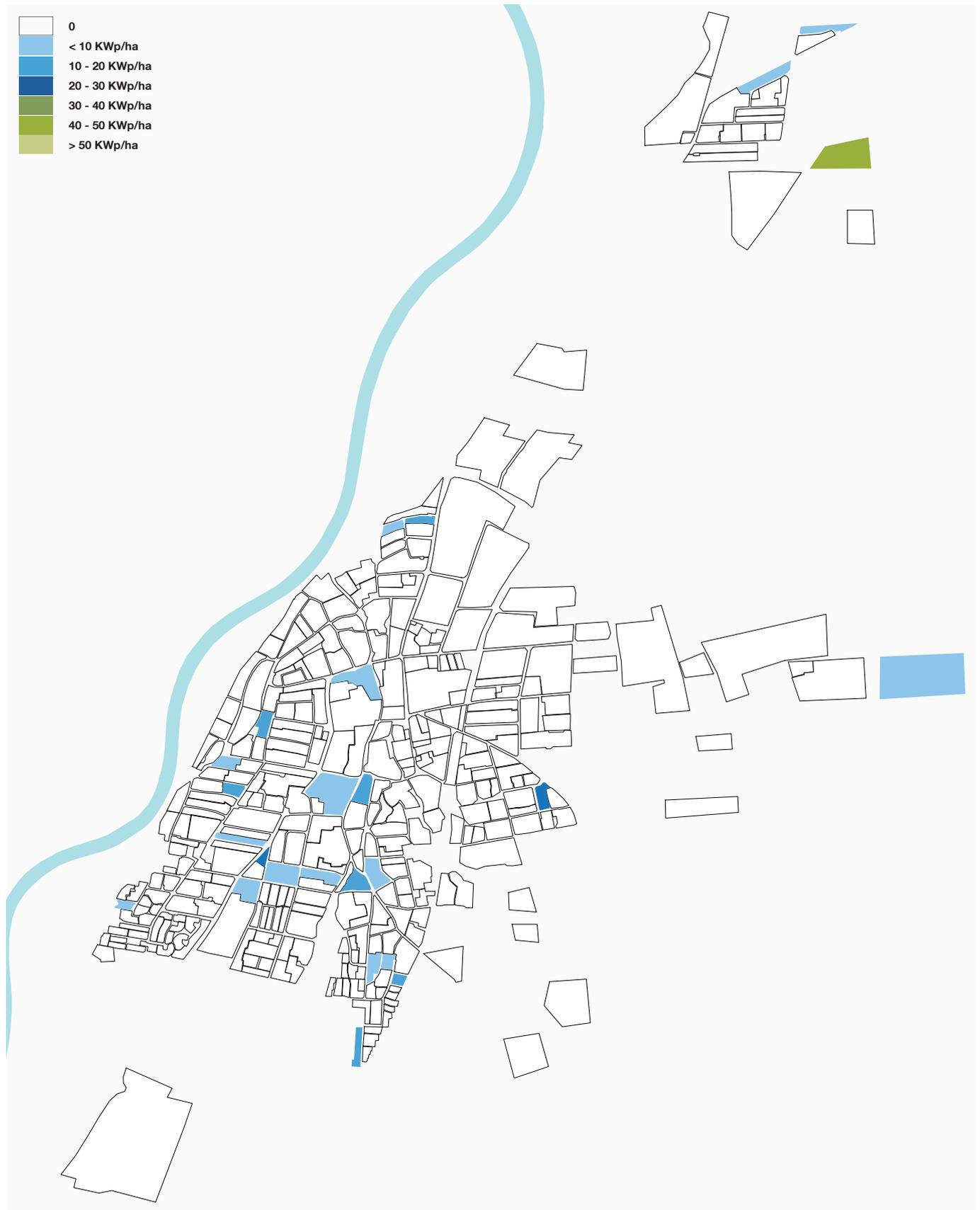
Anhang 21: Vorhandene Wasserkraftwerke



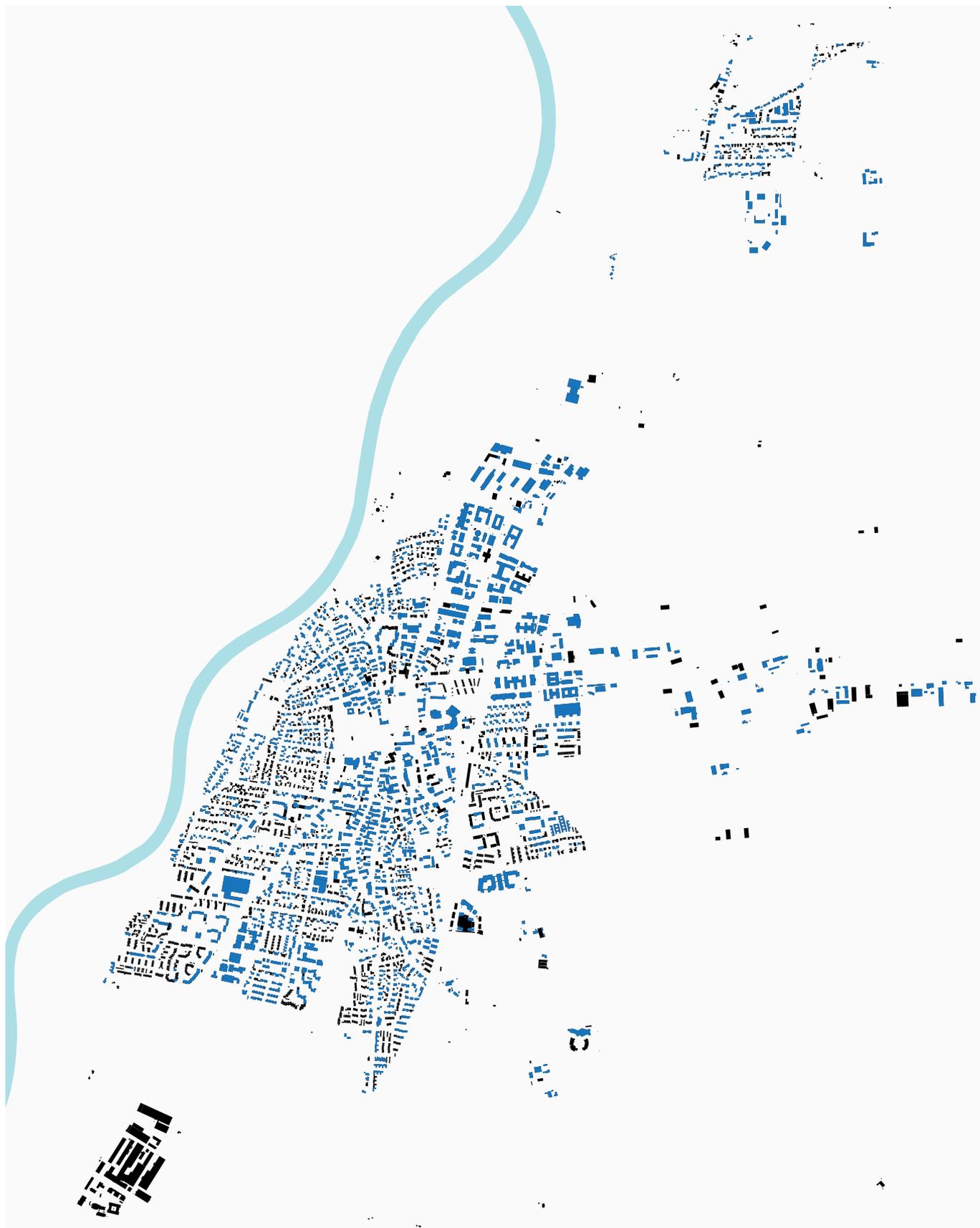
Anhang 22: Verteilung der vorhandenen Solarthermieanlagen



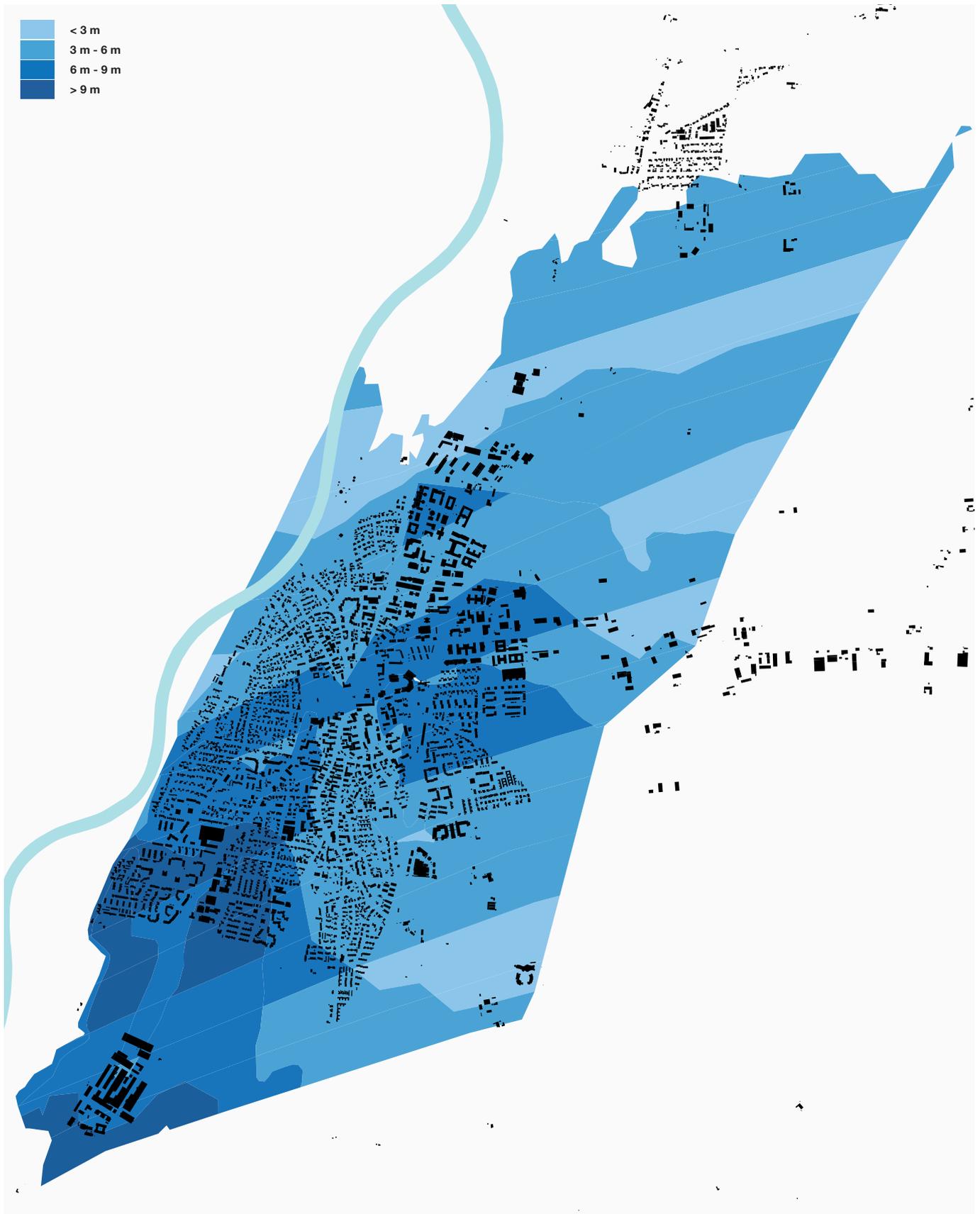
Anhang 23: Verteilung der vorhandenen Photovoltaikanlagen



Anhang 24: Gut geneigte Dachflächen zur solaren Nutzung (blau dargestellt)



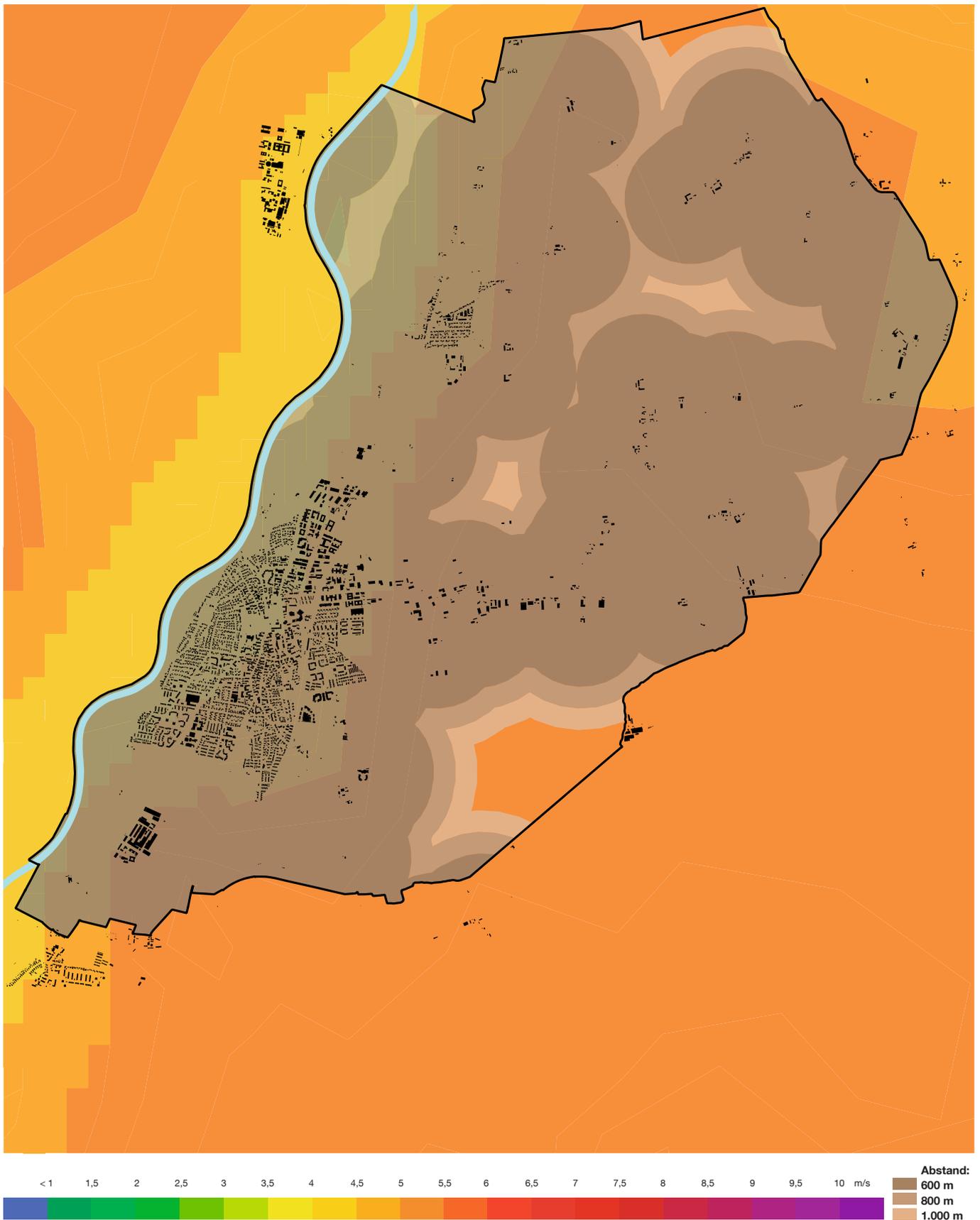
Anhang 25: Grundwasserstände



Anhang 26: Kanalisationsnetz



Anhang 27: Windgeschwindigkeit (Jahresdurchschnittswerte) in 80 m Höhe über Grund sowie ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Abständen von 600, 800 und 1.000 m zu Hauptgebäuden



Anhang 28: Windgeschwindigkeit (Jahresdurchschnittswerte) in 140 m Höhe über Grund sowie ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Abständen von 600, 800 und 1.000 m zu Hauptgebäuden

