

**Energetische Stadtsanierung - Zuschüsse für integrierte
Quartierskonzepte und Sanierungsmanager (432)**

Integriertes Quartierskonzept Ingolstadt-Nordwest (Fontanestr.)

der

Stadt Ingolstadt

**Ergebnisbericht zum Antrag auf Gewährung eines
Zuschusses (überarbeitete Version)**

vom 27. Februar 2024

1. Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. <u>ANGABEN ZUM STADTTEIL, QUARTIER UND ZU DEN AKTEUREN</u> | 1 |
| 2. <u>BESCHREIBUNG DER ENERGETISCHEN UND STÄDTEBAULICHEN AUSGANGSSITUATION</u> | 2 |
| 3. <u>BESTANDSAUFNAHMEN VON GRÜNFLÄCHEN, RETENTIONSFLÄCHEN, BEACHTUNG NATURSCHUTZFACHLICHEN ZIELSTELLUNG UND DER VORHANDENEN NATÜRLICHEN KÜHLUNGSFUNKTION DER BÖDEN</u> | 4 |
| 4. <u>BESCHREIBUNG DER ZIELSETZUNG UND ARBEITSSCHRITTE</u> | 5 |
| 5. <u>STATUSANALYSE UND DATENERHEBUNG</u> | 6 |
| GRUNDSÄTZE DER LIEGENSCHAFT | 6 |
| AKTUELLES ENERGIEKONZEPT | 7 |
| BESTANDSANALYSE | 8 |
| 6. <u>MAßNAHMEN ZUR EINSPARUNG VON NUTZENERGIE</u> | 9 |
| 7. <u>MAßNAHMEN ZUR SANIERUNG DER ENERGIEERZEUGUNG BZW. -BEREITSTELLUNG</u> | 10 |
| DACH-PHOTOVOLTAIK | 10 |
| DEKARBONISIERUNGSKONZEPT 1 | 11 |
| DEKARBONISIERUNGSKONZEPT 2 | 13 |
| DEKARBONISIERUNGSKONZEPT 3 | 14 |
| 8. <u>ABWÄGEN DER MODERNISIERUNGSKONZEPTE</u> | 16 |
| TECHNISCHE ANALYSE | 16 |
| ÖKOLOGISCHE ANALYSE | 18 |
| WIRTSCHAFTLICHE ANALYSE | 19 |
| ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG DER SZENARIEN | 20 |
| 9. <u>OPTIMIERUNG DER MODERNISIERUNGSKONZEPTE</u> | 20 |
| KONZEPTE 1 UND 2 | 20 |
| KONZEPT 1.1 | 21 |
| KONZEPT 1.2 | 22 |
| TECHNISCHE ANALYSE DER VARIANTEN VON KONZEPT 1 | 22 |
| ÖKOLOGISCHE ANALYSE DER VARIANTEN VON KONZEPT 1 | 23 |
| WIRTSCHAFTLICHE ANALYSE DER VARIANTEN VON KONZEPT 1 | 24 |
| DIREKTVERGLEICH DER VARIANTEN VON KONZEPT 1 | 25 |
| 10. <u>HINZUNAHME VON LADESÄULEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT</u> | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 11. ABWÄGEN DES BATTERIESPEICHEREINSATZES..... | 27 |
| 12. ZUSAMMENFASSUNG DES MODERNISIERUNGSKONZEPTS..... | 28 |
| 13. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT | 29 |
| 14. MAßNAHMEN ZUR KLIMAAANPASSUNG DURCH GRÜNE INFRASTRUKTUR..... | 29 |
| 15. GESAMTENERGIEBILANZ QUARTIER FONTANESTRAßE..... | 31 |
| 16. UMSETZUNGSFAHRPLAN | 33 |
| DETAILPLANUNGSPHASE | 34 |
| REALISIERUNGSPHASE | 34 |
| LAUFENDER BETRIEB | 35 |
| MAßNAHMENKATALOG..... | 35 |
| MAßNAHMEN ZUR ERFOLGSKONTROLLE..... | 35 |
| UMSETZUNGSHEMMNISSE | 36 |
| KLIMASCHUTZZIELE | 37 |

1. Angaben zum Stadtteil, Quartier und zu den Akteuren

Ingolstadt Nordost ist mit 20.845 Einwohnern (Stand 2020) der bevölkerungsreichste Stadtbezirk in Ingolstadt. Einen beträchtlichen Teil des Bezirks nimmt im Nordwesten das Betriebsgelände der Audi AG ein. Es ist umgeben von den Stadtteilen Nordwest, Oberhaunstadt, Etting, Feldkirchen, Monikaviertel und Altstadt. Der Stadtteil mündet im Süden an der Donau.

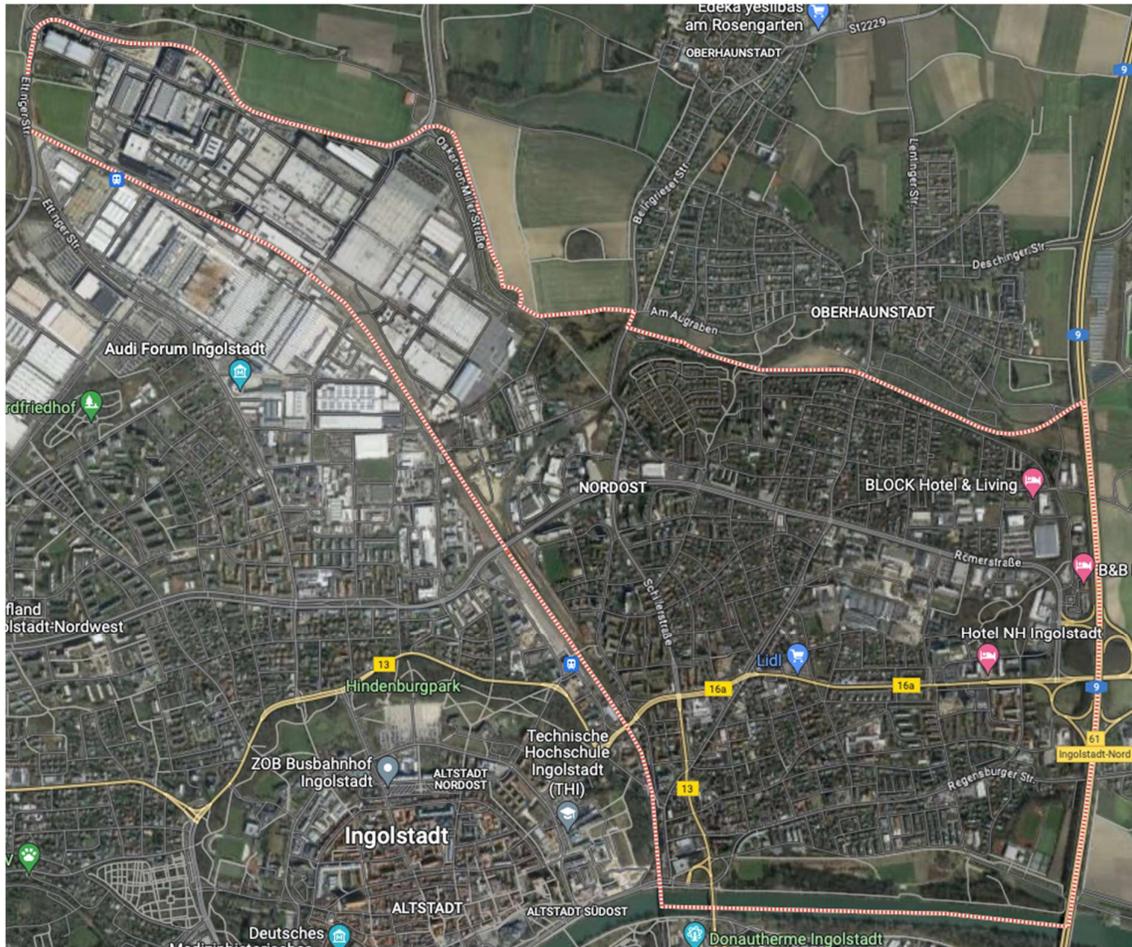


Abbildung 1: Übersicht des Stadtteils Nordost sowie den angrenzenden Stadtteilen

Nordost ist ein diverser Stadtteil mit einem Drittel ausländischer Einwohner, die zu einer bunten Kultur beitragen. Die Einwohnerzahl des Stadtteils hat sich seit 2010 von 18.690 um mehr als 2.000 Personen erhöht und betrug im Jahr 2020 20.845 Einwohner. Damit hat dieser Bezirk das drittstärkste Wachstum. Etwa die Hälfte der Einwohner ist zwischen 30 und 60 Jahren alt, wobei auch Kinder und junge Erwachsene einen großen Anteil ausmachen. Diese Demografie lässt sich zurückführen auf die Prägung des Stadtteils durch das Audi AG Gewerbegebiet, das viele Arbeitsplätze bietet. Außerdem befinden sich zahlreiche weitere Gewerbe in Nordost, die nicht nur Arbeitsplätze, sondern auch Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten bieten. Die Technische Hochschule Ingolstadt befindet sich im angrenzenden Stadtteil Altstadt.

Im Südwesten des Stadtteils schließt der Hindenburgpark an, der einen grünen Ring um die Altstadt zieht, die ebenfalls an Nordost anschließt. Zudem bieten der Nordpark, ein

Abenteuerspielplatz, eine Hundewiese und die Bezirkssportanlage viele Möglichkeiten die Freizeit im Grünen zu gestalten.



Abbildung 2: Abgrenzung und Einteilung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Stadtteil Nordost. Das Quartier umfasst 19 Wohngebäude mit 215 Wohnungen, welche sich auf ca. 14.415 m² Wohnfläche erstrecken. Die Errichtung der Wohngebäude erfolgte in den Jahren 1963-1964 und 2020. Geplant ist eine zeitnahe Sanierung der Liegenschaft (exklusive des Neubaus). Durch in der Vergangenheit durchgeführten energetische Sanierungen liegt der CO₂-Fußabdruck dieses GWG-Quartiers in Ingolstadt-Nordost bei ca. 20 kg CO₂ / m² Wohnfläche.

Die wesentlichen Akteure im Quartier sind die die GWG Ingolstadt als Eigentümerin der Liegenschaft, sowie die dort lebenden Mieterinnen und Mieter. Die Eigentümerin der Liegenschaften erachtet die bestehende Energieversorgung des Quartiers als verbesserungswürdig und strebt an, die Bedarfe an Energie auf ein nachhaltiges Maß zu senken und auf ebenso ökologische wie wirtschaftliche nachhaltige Weise zu decken. Sie lässt sich hierzu ein integriertes Quartierskonzept gemäß KfW-Programm 432 von dem externen (fachkundigen Dritten) erstellen.

2. Beschreibung der energetischen und städtebaulichen Ausgangssituation

Die meisten Gebäude des zu untersuchenden Quartiers wurden im Jahr 1964 gebaut. 2020 wurde das Quartier um zwei weitere Wohnhäuser mit zugehöriger Tiefgarage erweitert. Es handelt sich hierbei um Mehrfamilienhäuser, die von der GWG Ingolstadt GmbH vermietet werden. Die aktuelle Wärmeversorgung der Fontanestraße 8-18, sowie 21-25 und Mitterweg 19-21 erfolgt über Gaskessel. Die Warmwasserbereitung erfolgt dort über dezentrale Gas-Durchlauferhitzer bzw. über den zentralen Heizkessel in der Fontanestraße 21-25. Das Quartier hatte (exklusive der Neubauten) im Jahr 2020 einen Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung (Raumwärme und Trinkwarmwasser) von 1.836 MWh(1.178 MWh Gas Bezug und 657 MWh Fernwärmebezug). In den Neubauten der Fontanestraße 2a und 2b, sowie den Gebäuden Fontanestraße 4, 6, und Oberer Grasweg 3, 5, 7, 9 erfolgt die Wärmeversorgung über einen 440kW Fernwärmeanschluss mit Baujahr 2017. Eine zentrale

Warmwasserbereitung versorgt die Neubauten Fontanestraße 2a und 2b mit Warmwasser. Hier ist zudem ein 750l Warmwasserspeicher vorhanden. Der Allgestromverbrauch betrug 2020 inklusive Baustrom 31.711 kWh. Dieser wird jedoch bereits heute über Ökostrom gedeckt, und weist daher einen CO₂-Koeffizienten von 0 auf. Die Stromversorgung über Netzstrom sowie konventionelle Individualmobilität beschreiben dabei die Ausgangssituation.

Im Oktober 2020 hat die Stadt Ingolstadt das Projekt „Klimaschutzmanagement“ zur Erstellung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes gestartet. Ingolstadt hat es sich zum Ziel gesetzt, die vom Stadtrat beschlossenen kommunalen Klimaziele im Rahmen der Erstellung und Umsetzung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes nachhaltig und effektiv zu erreichen.

In Kooperation mit dem Bundesumweltministerium, der nationalen Klimaschutzinitiative und der Projektträger Jülich GmbH hat die Stadt Ingolstadt ein Klimaschutzkonzept entwickelt. Auf Basis dieser wurde zunächst eine umfangreiche Treibhausgas- und Energiebilanzierung durchgeführt. Mit den gewonnenen Daten konnten dann im Rahmen einer Potentialanalyse technische und wirtschaftliche Potenziale herausgearbeitet und Szenario-Rechnungen für verschiedene Ereignisse durchgeführt werden. Ausgehend vom qualitativen und quantitativen Status Quo wurden Klimaschutzmaßnahmen erarbeitet, deren Potenziale zur Minderung der Treibhausgasemissionen und Energieverbräuche praktisch umgesetzt werden sollen. Der Fokus liegt hier auf der partizipativen Einbindung aller Akteure mit ihren Kompetenzen und ihrem Wissen. So kann ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt werden, welcher alle klimarelevanten Bereiche und Anliegen berücksichtigt und keine Anspruchsgruppen zurücklässt. Im stetigen interaktiven Dialog soll ein kommunales Klimanetzwerk entstehen, in welchem in einem gemeinsamen Konsens Verantwortung für das Erreichen der Pariser Klimaziele übernommen wird.

Das Potenzial der Stadt Ingolstadt für den Ausbau erneuerbarer Energien ist begrenzt. Geothermie steht nicht zur Verfügung, der Ausbau von Windkraft ist aus mehreren Gründen nicht möglich, das Wasserkraftpotenzial ist mit einer bestehenden Donau-Staustufe bereits ausgeschöpft und die Erzeugung von Biogas durch die Flächenknappheit einer kreisfreien Stadt begrenzt. Einzig der Ausbau der Solarenergie vor allem auf den Dächern bietet noch Potenzial zum Ausbau regenerativer Energien. Deshalb ist Klimapolitik in Ingolstadt vorrangig auf Energieeinsparung und Effizienzsteigerung ausgerichtet.

Von 1990 bis 2019 hat Ingolstadt gemäß der aktuellen Bilanzierung nach BSKO-Standard die THG-Emissionen in der Stadt Ingolstadt nur um 5% abgenommen. Dies ist jedoch vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Prosperität und des starken Zuwachses der Bevölkerung von 30 % und der Erwerbstätigen von 57 % zu sehen und auch auf den hohen Anteil der Emissionen durch die Industrie zurückzuführen. Zentraler Bestandteil der Ingolstädter Klimapolitik ist der Ausbau des Fernwärmenetzes, das überwiegend aus Abwärme der Müllverbrennungsanlage und der Gunvor-Raffinerie gespeist wird. Seit 2018 gibt den zweijährlich aktualisierten Energiebericht, der die Fortschritte bei Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz für den städtischen Gebäudebestand dokumentiert. Weitere Anstrengungen zur Reduzierung des THG-Ausstoßes auch im privaten Wohnungsbereich werden z.B. durch die Organisation sog. „Energiekarawanen“, einer aufsuchenden Energie- und Sanierungsberatung unternommen. Das Ziel ist die Steigerung der Sanierungsrate von jetzt ca. 1% auf mindestens 3% jährlich.

3. Bestandsaufnahmen von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung naturschutzfachlichen Zielstellung und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden

Das Quartier rund um die Fontanestraße in Ingolstadt bildet ein interessantes Beispiel für städtische Entwicklungsstrategien, die Grünflächen, Retentionsgebiete, naturschutzfachliche Zielstellungen und die natürliche Kühlungsfunktion von Böden integrieren, um ein nachhaltiges und lebenswertes Wohnumfeld zu schaffen. Diese Aspekte sind zentral für die Entwicklung eines Quartiers, das nicht nur den Bedürfnissen seiner Bewohner gerecht wird, sondern auch einen positiven Beitrag zum Klimaschutz und zur biologischen Vielfalt leistet.

Grünflächen im Quartier Fontanestraße

Die Grünflächen im Quartier Fontanestraße dienen als wichtige soziale Treffpunkte für die Bewohner und bieten Raum für Erholung und Freizeitaktivitäten im Freien. Darüber hinaus sind sie wesentlich für die Förderung der städtischen Biodiversität und tragen zur Verbesserung der Luftqualität bei. Die sorgfältige Planung und Pflege dieser Grünräume, einschließlich der Auswahl einheimischer Pflanzenarten und der Schaffung vielfältiger Lebensräume, unterstreicht die Bedeutung, die der Naturschutz in der städtischen Planung einnimmt.

Retentionsflächen zur Wasserbewirtschaftung

Im Kontext der Fontanestraße spielen Retentionsflächen eine entscheidende Rolle bei der Bewältigung von Niederschlagsereignissen und der Verringerung von Hochwasserrisiken. Diese Flächen ermöglichen eine zeitweise Speicherung von Regenwasser, fördern dessen Versickerung und tragen so zur Entlastung der städtischen Kanalisation bei. Die bewusste Integration solcher Flächen in die Quartiersgestaltung hilft nicht nur bei der Wasserbewirtschaftung, sondern erhöht auch die Resilienz des Gebiets gegenüber Extremwetterereignissen.

Naturschutzfachliche Zielstellungen

Die Beachtung naturschutzfachlicher Zielstellungen ist ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Entwicklung des Quartiers Fontanestraße. Durch gezielte Maßnahmen wie die Anlage von naturnahen Grünflächen, die Einrichtung von Nisthilfen für Vögel und Insekten sowie die Schaffung von Kleinbiotopen wird ein Beitrag zum Schutz und zur Förderung der lokalen Fauna und Flora geleistet. Diese Bemühungen verdeutlichen, wie städtische Räume aktiv zur Erhaltung der Artenvielfalt beitragen können.

Natürliche Kühlungsfunktion der Böden

Die Berücksichtigung der natürlichen Kühlungsfunktion der Böden ist insbesondere angesichts des Klimawandels und der zunehmenden Urbanisierung von Bedeutung. Im Quartier

Fontanestraße trägt die Förderung unversiegelter Flächen zur Reduktion der städtischen Hitzeinsel-Effekte bei. Durch die Erhaltung und Schaffung durchlässiger Oberflächen wird die Verdunstungskühlung maximiert, was zu einer natürlichen Abkühlung des Quartiers beiträgt und die Lebensqualität der Bewohner verbessert.

Fazit

Die Bestandsaufnahmen und Maßnahmen im Quartier Fontanestraße in Ingolstadt zeigen, wie durchdachte städtische Planung eine hohe Lebensqualität mit dem Schutz der Umwelt und der Förderung der Biodiversität verbinden kann. Die Integration von Grün- und Retentionsflächen, die Berücksichtigung naturschutzfachlicher Zielstellungen sowie die Nutzung der natürlichen Kühlungsfunktion der Böden sind entscheidende Elemente für die Entwicklung nachhaltiger und resilienter urbaner Lebensräume.

| Quartier Fontanestraße | |
|-------------------------------------|---|
| Gesamtfläche | 20.900 m ² |
| Fläche versiegelt, bebaut | 5.700 m ² |
| Grünflächen, unbefestigte Wege | 15.200 m ² |
| davon Blühwiese | 875 m ² |
| Retentionsflächen | in 2025: 600 m ² Gründach plus Rigole |
| Kühlungsfunktion | zahlreiche Großbäume |
| Naturschutzfachliche Zielstellungen | Gebäudebrüter- und Fledermausschutz bei Sanierungsmaßnahmen |

4. Beschreibung der Zielsetzung und Arbeitsschritte

Entsprechend dem Förderziel des Programms soll das integrierte Quartierskonzept Beachtung städtebaulicher, denkmalpflegerischer, baukultureller, wohnungswirtschaftlicher, demografischer und sozialer Aspekte die technischen und wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale im Quartier aufzeigen. Zu diesem Zweck werden kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen entwickelt und Handlungsempfehlungen zu deren Umsetzung erarbeitet. Das Konzept dient damit als zentrale Entscheidungsgrundlage und Planungsunterstützung für die zukünftige Entwicklung des Gebiets.

Zur Nutzung des Potentials sollen verschiedene erneuerbare Erzeugungstechnologien zum Einsatz kommen, die cross-sektoral miteinander verbunden und über innovative Services den Nutzern angeboten werden. Besonders geeignet erscheint hierfür ein integrierter Quartiersansatz mit seinen inhärenten energetischen Effizienzpotenzialen. Es wird davon ausgegangen, dass im Gebäudeverbund Energie effizienter erzeugt und genutzt werden kann und gegebenenfalls Technologien eingesetzt werden können, für die ein einzelnes Gebäude zu klein bzw. deren Einsatz nicht wirtschaftlich wäre. Die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen bieten zudem durch steigende Brennstoffkosten für Fossilenergie, wachsendes öffentliches Bewusstsein für Fragen der Nachhaltigkeit, steigende Stromnebenkosten, sinkende Gestehungskosten für Strom aus erneuerbaren Quellen, belastete Stromnetze und dergleichen mehr neuen Raum für innovative, dezentrale Versorgungskonzepte. Die GWG strebt deshalb an, in Form eines integrierten

Quartierkonzepts einen konkreten Ansatz für eine nachhaltige Energieversorgung zu entwickeln (vgl. Tabelle). Damit soll ein konkreter Beitrag zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz geleistet werden. Neben der im engeren Sinne technischen Konzeption sollen vor dem Hintergrund der einschlägigen energiewirtschaftlichen, energierechtlichen und sonstigen Rahmenbedingungen auch und insbesondere konkrete Umsetzungsoptionen (Handlungsoptionen) entwickelt werden. In diesem Sinne werden alle relevanten Akteure in die Konzeptentwicklung einbezogen.

Tabelle 1: Mit dem Quartierskonzept angestrebte Ziele

| | |
|------------|--|
| ökologisch | Energieverbrauch reduzieren & Effizienz steigern |
| | Nachhaltige Energie einsetzen & CO ₂ -Emissionen senken |
| ökonomisch | Energiekosten stabilisieren & öffentliche Finanzen entlasten |
| | Energiewertschöpfung vor Ort realisieren |

Vor diesem Hintergrund wurde bei der Erstellung des integrierten Quartierskonzepts entsprechend der Vorhabensbeschreibung vorgegangen. Dabei wurden die für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren vor dem Hintergrund aller für das Quartier relevanter städtebaulicher, denkmalpflegerischer, baukultureller, wohnungswirtschaftlicher und sozialer Aspekte sowie Maßnahmen zur Förderung der grünen Infrastruktur berücksichtigt. Zielsetzung des Projekts war es, auf Grundlage einer breiten Ausgangsanalyse technische und wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale im Quartier aufzuzeigen und konkrete Maßnahmen zu definieren, um die Energieeffizienz zu erhöhen und die CO₂-Emissionen wirksam zu reduzieren.

5. Statusanalyse und Datenerhebung

Zu Beginn wurde der Status Quo des Energieverbrauchs der Immobilie aufgenommen. Im Rahmen einer Begehung der Liegenschaft wurde das aktuelle Energieversorgungskonzept bestimmt und analysiert. Auf die Resultate der Analysen und deren Bedeutungen für die Modernisierung wird im Folgenden vertieft eingegangen.

Grundsätze der Liegenschaft

Im Rahmen der Begehung der Liegenschaft wurde die Gebäudehülle aufgenommen, sowie das Dachgeschoss und einzelne Wohnungen begangen. Hierbei wurden neben der Stärke der Fenster auch Typ und Größe der Heizkörper ermittelt. Auf diesem Wege wurden die aktuellen Verbrauchswerte inklusive der Heizlasten errechnet. Die Erkenntnisse, welche aus der Begehung gewonnen wurden, können Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Verbräuche und Leistungen der Wärmeerzeugung im Status quo

| Eingabe | | | | HZG Bestand | | WW-Zuschlag | | Ist-Zustand | | | |
|----------------|----------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------|
| Straße | Haus-Nr. | beheizte Fläche m ² | Anzahl WE St | Heizlast IST W/m ² | Leistung kW | Personen/WE St | WW-Zuschlag kW | Auslegung kW | Arbeit HZG kWh/a | Arbeit WW kWh/a | Gesamt kWh/a |
| Fontanestraße | 2a,2b | 2.286 | 35 | 30 | 68,58 | 2,50 | 21,88 | 90,46 | 109.728 | 59.063 | 168.791 |
| Fontanestraße | 2,4,6 | 1.916,00 | 30 | 77 | 147,53 | 2,50 | 18,75 | 166,28 | 236.051 | 50.625 | 286.676 |
| Fontanestraße | 8,10,12 | 1.916,00 | 30 | 50 | 95,80 | 2,50 | 18,75 | 114,55 | 153.280 | 50.625 | 203.905 |
| Fontanestraße | 14,16,18 | 1.916,00 | 30 | 50 | 95,80 | 2,50 | 18,75 | 114,55 | 153.280 | 50.625 | 203.905 |
| Fontanestraße | 21,23,25 | 3.156 | 42 | 65 | 205,14 | 2,50 | 26,25 | 231,39 | 328.224 | 70.875 | 399.099 |
| Oberer Grasweg | 3,5 | 1.026,80 | 16 | 77 | 79,06 | 2,50 | 10,00 | 89,06 | 126.502 | 27.000 | 153.502 |
| Oberer Grasweg | 7,9 | 1.026,80 | 16 | 77 | 79,06 | 2,50 | 10,00 | 89,06 | 126.502 | 27.000 | 153.502 |
| Mittenweg | 19,21 | 1.171,40 | 16 | 77 | 90,20 | 2,50 | 10,00 | 100,20 | 240.000 | 27.000 | 267.000 |
| Summe | | 14.415 | 215 | | 861,18 | | 134,38 | 995,55 | 1.473.567 | 362.813 | 1.836.379 |

Insgesamt wird eine Fläche von 14.415 m² beheizt. Auf dieser Fläche befinden sich insgesamt 215 Wohneinheiten. Auffallend ist, dass die Heizlast je Quadratmeter besonders in Fontanestraße 2, 4, 6, sowie in den Gebäuden im oberen Grasweg und im Mitterweg mit 77

W/m² besonders hoch ausfällt. Dies zieht nach sich, dass für das Beheizen der Gebäude eine beträchtliche Mehrmenge an Arbeit verrichtet werden muss, als bei den effizienteren Gebäuden der Liegenschaft. Während in den Gebäuden des oberen Graswegs jährlich knapp 123 kWh/m² für Heizenergie aufgewendet werden, beläuft sich die eingesetzte Heizenergie in den neueren Gebäuden der Fontanestraße 2a und 2b nur auf 48 kWh/m². Es werden also in den effizientesten Gebäuden der Liegenschaft auf die Wohnfläche gerechnet nur ca 40% der Primärenergie benötigt, im Vergleich zu den ineffizienteren Gebäuden.

Insgesamt müssen aktuell für die Wärmeversorgung im Mittel 1.836.379 kWh aufgewendet werden. 1.473.567 kWh werden durch die Wärmeversorgung, 362.813 kWh durch die Warmwasseraufbereitung verbraucht.

Aktuelles Energiekonzept

Aktuell wird die Liegenschaft über drei Heizzentralen mit Wärme versorgt. Die Heizzentrale der Fontanestraße 2 ist an das Fernwärmenetz angeschlossen, während die anderen beiden Heizzentralen durch Gas versorgt werden. Das aktuelle Konzept der Energieversorgung ist in Abb. 3 graphisch dargestellt.

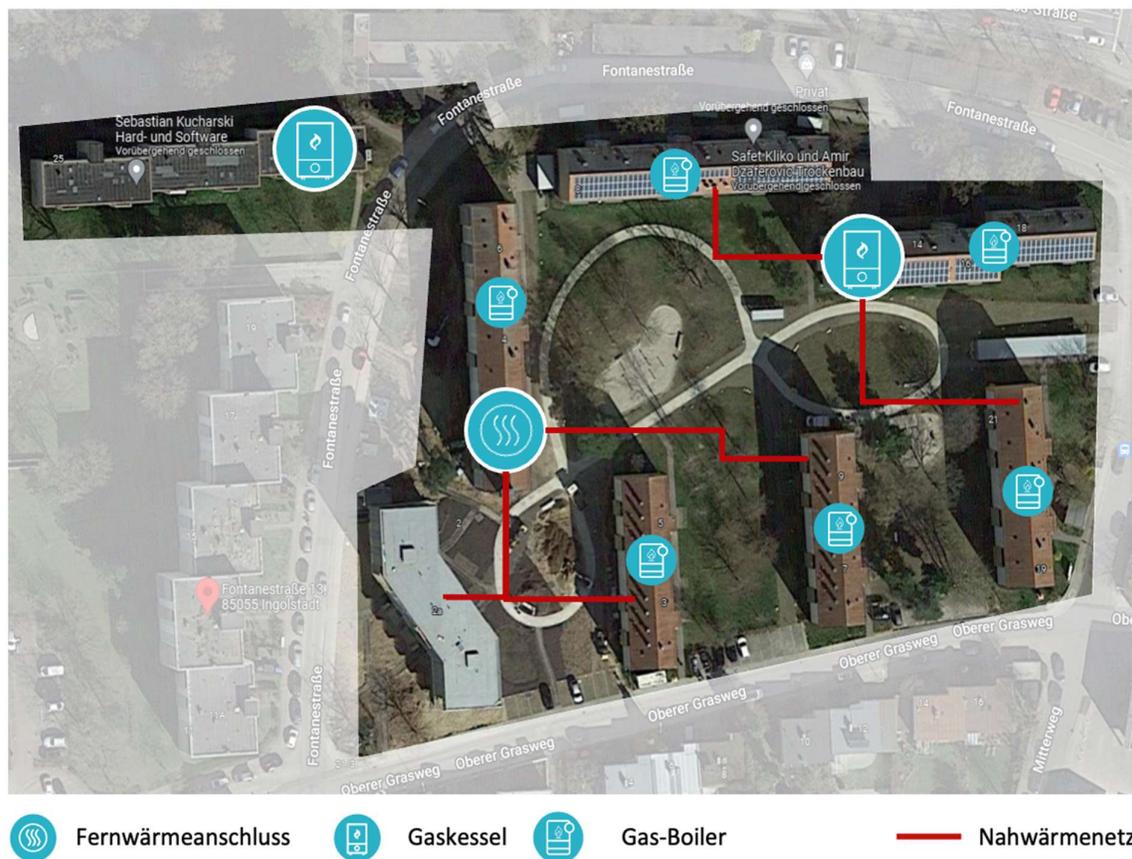


Abbildung 3: Graphische Darstellung des aktuellen Wärmeversorgungskonzepts

Die Heizzentrale der Fontanestraße 4 versorgt zusätzlich die Gebäude mit den Hausnummern 2a, 2b und 2,4,6 sowie die Gebäude des Oberen Graswegs mit den Hausnummern 3, 5, 7 und 9. Außerdem werden die Gebäude der Fontanestraße 2a und 2b von der Heizzentrale in der Fontanestraße 4 mit Warmwasser versorgt. Die Warmwasserbereitung in den Häusern Fontanestraße 2, 4, 6 und Oberer Grasweg 3, 5, 7, 9 erfolgt über dezentrale Gas-Boiler in den Wohneinheiten.

Der Gaskessel in Fontanestraße 14-18 ist des Weiteren über ein Nahwärmenetz mit den Häusern der Fontanestraße 8, 10, 12 und Mitterweg 19, 21 verbunden und versorgt diese Gebäude mit Heizwärme. Die Warmwasserbereitung erfolgt in diesen Gebäuden ebenfalls über dezentrale Gas-Boiler in den Wohneinheiten.

Die dritte Heizzentrale in Fontanestraße 21 versorgt das gesamte Gebäude, in welchem sich auch Fontanestraße 23 und 25 befinden.

Durch die Bereitstellung der Wärme im Quartier entstehen jährlich CO₂-Emissionen in Höhe von 283 t. Von dieser emittierten Menge fallen jährlich 233 t auf die Heizwärme, während die restlichen 119 t auf die Warmwasserbereitung fallen.

Das Quartier bezieht den gesamten Strom aktuell aus dem Netz. Berechnungen zur Möglichkeit eines erweiterten Anschlusses an das Niederspannungsnetz erfolgen erst nach der Planungsphase, weshalb aktuell noch keine Aussagen über einen Quartiersanschluss getroffen werden können. Da die aktuellen Schutzmaßnahmen der Elektroanlagen nicht mehr den Vorschriften entsprechen, wird eine Erneuerung der Anlagen Teil aller Modernisierungskonzepte sein. Nähere Informationen zum Thema Elektrik können Anhang 2 entnommen werden, die Kostenaufschlüsselung der Erneuerungen erfolgt in Anhang 3.

Bestandsanalyse

Die Isolierungswirkung der aktuellen Gebäudehüllen ist nicht mehr auf dem neuesten Stand, weshalb es zu hohen Wärmeverlusten kommt. Die Beschaffenheit der Gebäudehüllen gestaltet sich aufgrund der verschiedenen Gebäudetypen im Quartier unterschiedlich, jedoch eignen sie sich größtenteils für eine serielle Sanierung. Die serielle Sanierung beruht auf laserbasierten Scans der Außenfassaden der Liegenschaft. Mithilfe der Scans wird ein 3-D-Modell erstellt, welches Öffnungen und Vor- und Rücksprünge zentimetergenau berücksichtigt (vgl. Abb. 5)

Nun können Fassadenelemente industriell und präzise vorgefertigt und montagefertig zur Baustelle geliefert werden (vgl. Abb. 4). Durch reduzierte Fertigungs- und Montagekosten können mithilfe einer seriellen Sanierung die Investitionskosten reduziert werden.



Abbildung 5: 3-D-Modell basierend auf Laserscans der Außenfassaden



Abbildung 4: Planung und Montage der Fassadenelemente



Ein Teil der Dächer ist bereits mit Photovoltaik (PV)-Anlagen bebaut, welche im Besitz der Stadtparkasse Ingolstadt sind. Der Pachtvertrag für diese Flächen läuft bis Ende 2029 mit einer Option zur Laufzeitverlängerung bis Ende 2034. Die hier produzierten Strommengen stehen der GWG Ingolstadt nicht zur freien Verfügung. Zusätzlich zu den bestehenden Anlagen lässt sich jedoch auf den freien Dachflächen noch eine Leistung von etwa 330 kWp an Photovoltaik verbauen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Mobilität der Bewohner primär auf Individualverkehr beruht, welcher in konventioneller Form mit hohen Emissionen einhergeht und keine lokale Wertschöpfung durch den Energiebedarf zulässt. Aktuell gibt es für die Bewohner keine Möglichkeit, ihre Elektrofahrzeuge in den Garagen und Parkplätzen der Liegenschaft zu laden.

Während die Freiflächen zwischen den Gebäuden begrünt sind, weisen die Flachdächer keine Bebauung oder Begrünung auf. Eine Bebauung dieser mit Photovoltaik (PV)-Anlagen könnte potenziell neben einer neuen Einkommensquelle für den Eigentümer auch Mieter und Technologien zur Bereitstellung von Wärmeenergie mit Strom versorgen und so die Energiekosten der Mieter und die Emissionen reduzieren. Eine Versorgung von Ladesäulen mit dem PV-Strom würde eine Wertschöpfung der Mobilität durch den Immobilieneigentümer ermöglichen und durch Verwendung von nachhaltigem Strom zu einer Dekarbonisierung des Individualverkehrs beitragen.

6. Maßnahmen zur Einsparung von Nutzenergie

Ein wichtiger Schritt der Dekarbonisierung des Immobiliensektors ist die Reduzierung der Nutzenergie, welche wiederum den Bedarf an Strom und sonstigen Primärenergieträgern senkt. Die Gebäudehüllen der Fontanestraße sind bisher nicht optimal isoliert, wodurch hohe Energieverluste im Wärmebereich entstehen. Aus diesem Grund wird die Erhöhung der Energieeffizienz der Gebäudehüllen Teil der Modernisierung werden.

Wie zuvor beschrieben ist eine serielle Sanierung angedacht. Im Rahmen der Sanierung werden Holzfassaden angebracht. Außerdem werden in allen Gebäuden die Innen- und Außentüren der Keller ausgetauscht und die Keller neu gedämmt. Neben der Hauseingangstüren werden auch die Wohnungseingangstüren und die Türen der Dachböden ausgetauscht. Die bauphysikalischen Erfordernisse für einen Austausch der Kellerfenster können in dieser Liegenschaft nicht erfüllt werden, weshalb diese im Status quo bestehen bleiben. Die Fenster der Wohnbereiche werden erneuert, hier sind dreifach-Verglasungen und Kunststoffrollläden vorgesehen. Die Vordächer werden ebenfalls in allen Gebäuden erneuert. Inklusiv der Montage fallen für die Sanierungsmaßnahmen Investitionskosten in Höhe von 16.680.175€ an. Die Aufteilung der Investitionskosten kann Anhang 7 entnommen werden, Anhang 6 beinhaltet eine Zusammenfassung der Sanierungsmaßnahmen.

Durch diese Sanierung lässt sich der Standard des Effizienzhauses 55 erreichen. Dies bedeutet, dass die Liegenschaft nach der Sanierung nur noch maximal 55% des Energiebedarfs eines festgelegten Referenzgebäudes benötigt. Zusätzlich muss für diese Klassifizierung der Transmissionswärmeverlust der Gebäude mindestens 30% unter demjenigen des Referenzgebäudes liegen. In diesem konkreten Beispiel lässt sich der Leistungsbedarf von aktuell 988,9 kW auf 684,66 kW reduzieren.

Tabelle 3: Verbräuche und Leistungen der Wärmeerzeugung im sanierten Zustand

| Eingabe | | | HZG Saniert | | Sanierter-Zustand | | | |
|----------------|----------|-----------------|------------------|---------------|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| Straße | Haus-Nr. | beheizte Fläche | Heizlast IST | Leistung | Auslegung | Arbeit HZG | Arbeit WW | Gesamt |
| | | m ² | W/m ² | kW | kW | kWh/a | kWh/a | kWh/a |
| Fontanestraße | 2a,2b | 2.286 | 30 | 68,58 | 90,46 | 109.728 | 59.063 | 168.791 |
| Fontanestraße | 2,4,6 | 1.916,00 | 40 | 76,64 | 95,39 | 122.624 | 50.625 | 173.249 |
| Fontanestraße | 8,10,12 | 1.916,00 | 40 | 76,64 | 95,39 | 122.624 | 50.625 | 173.249 |
| Fontanestraße | 14,16,18 | 1.916,00 | 40 | 76,64 | 95,39 | 122.624 | 50.625 | 173.249 |
| Fontanestraße | 21,23,25 | 3.156 | 40 | 126,24 | 152,49 | 201.984 | 70.875 | 272.859 |
| Oberer Grasweg | 3,5 | 1.026,80 | 40 | 41,07 | 51,07 | 65.715 | 27.000 | 92.715 |
| Oberer Grasweg | 7,9 | 1.026,80 | 40 | 41,07 | 51,07 | 65.715 | 27.000 | 92.715 |
| Mitterweg | 19,21 | 1.171,40 | 40 | 46,86 | 56,86 | 74.970 | 27.000 | 101.970 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Summe | | 14.415 | | 553,74 | 688,12 | 885.984 | 362.813 | 1.248.797 |

Aktuell werden für die Bereitstellung der Heizwärme 1.433 MWh Primärenergie verbraucht. Durch die Sanierungsmaßnahmen können jährlich 593 MWh Endenergie sowie 463 MWh Primärenergie eingespart werden. Es ergibt sich also aufgrund der Sanierungsmaßnahmen ein Einsparungspotential von etwa 32% im Bereich der Heizwärme.

Der Energiebedarf lässt sich neben der Sanierung zusätzlich durch Steuerungstechniken und Energiemonitoring reduzieren. Hierfür wird ein Energiemanagement-System empfohlen, welches die Energieflüsse der Liegenschaft dauerhaft kontrolliert und optimiert. Im Rahmen der Modernisierung erfolgt eine Sektorenkopplung, sodass die Bereiche Wärme, Strom und Mobilität ganz oder teilweise mit Strom als Primärenergieträger betrieben werden. Ein Energiemanagement-System kann basierend auf der Sektorenkopplung eigens produzierten PV-Strom smart auf die einzelnen Sektoren verteilen, sodass eine bestmögliche Nutzung des lokal produzierten PV-Stroms und ein möglichst geringer Energieverlust entstehen.

7. Maßnahmen zur Sanierung der Energieerzeugung bzw. -bereitstellung

Ziel des Konzepts ist es, eine nachhaltige Dekarbonisierung der Immobilien im Eigentum der GWG Ingolstadt zu erreichen, welche wirtschaftlich für die Eigentümer ist und die Mieter entlastet, indem die durch diese zu tragenden Energiekosten abgesenkt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen unter Anderem die drei Energiesektoren Wärme, Strom und Mobilität miteinander verknüpft werden. Im Folgenden wird auf Konzepte eingegangen, welche die Potenziale einer Modernisierung ausschöpfen sollen. Diese wurden anhand einer Simulationssoftware auf verschiedene Kennzahlen geprüft, um so einen Vergleich der Emissionen, Wirtschaftlichkeit und Kostenveränderung für die Mieter zu ermöglichen.

Dach-Photovoltaik

Die Liegenschaft verfügt trotz der bereits bebauten Dächer über freie Dachflächen, welche sich für eine Bebauung mit Photovoltaik (PV) Anlagen eignen. Die Statik des Dachs ist in der Lage, die zusätzlichen Belastungen durch den Zubau der Anlagen zu tragen. Um einer Blendungswirkung durch die Anlagen vorzubeugen, können Blendschutzgutachten für einzelne Flächen notwendig sein. Insofern im Rahmen dieser Gutachten keine Blendungswirkung festgestellt werden kann, bestehen keine baurechtlichen Bedenken.

Die Immobilien verfügen über ausreichend Platz, um die Installation von Wechselrichtern und die Verlegung der Kabel zu ermöglichen. Ein Anschluss der Anlagen erfolgt an die Häuser selbst oder an etwaige „Ground Cubes“. Ground Cubes sind Betonkuben, welche unterirdisch verbaut und als neue Energiezentrale genutzt werden können. Dies ermöglicht eine platzsparende Auslagerung der Energietechnik, indem Anlagen, Speicher und Anschlüsse

unterirdisch verbaut werden. Da aktuell kein Blitzschutzkonzept besteht, ist keine Einbindung an einen Blitzschutz notwendig.

Die unbebauten Flächen auf den Gebäuden der Fontanestraße mit den Hausnummern 2-6 und 21-25, des oberen Graswegs mit den Hausnummern 3-9 sowie des Mitterwegs 19 und 21 weisen Satteldächer auf. Die Häuser erstrecken sich mit einer leichten Abweichung von Norden nach Süden, weshalb die Dachflächen gen Osten und Westen ausgerichtet sind. Durch eine dachparallele Montage der Module ergibt sich entsprechend eine Ost-West-Ausrichtung der Module mit einem Neigungswinkel von 35 Grad. Auf den freien Flächen können voraussichtlich Anlagen mit einer Gesamtleistung von 330 kWp installieren. Ausgehend von einer durchschnittlichen Albedo der Umgebung von 0,2 und den umgebungsüblichen jährlichen Strahlungswerten ergibt sich eine durchschnittliche Strommenge von 289.800 kWh. Strom aus Photovoltaik-Anlagen ist als kostengünstige und nachhaltige Energie wesentlicher Bestandteil aller Modernisierungskonzepte. Nähere Informationen können dem Anhang 1 entnommen werden.

Dekarbonisierungskonzept 1

Im Rahmen des ersten Konzepts soll der gesamte Wärmebedarf durch einen Anschluss an die Fernwärme gedeckt werden. Das Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt (SWI) verfügt über einen Primärenergiefaktor nach Kappung von 0,21 und hat einen Emissionsfaktor von 0g CO₂/kWh. Die Wärme, welche über das Fernwärmenetz bezogen wird, ist entsprechend bilanziell klimaneutral. Im Rahmen einer ersten Machbarkeitsanalyse wurde festgestellt, dass ein verfügbarer Anschluss auf dem Grundstück vorliegt. Die SWI hat einem Anschluss des Quartiers bereits eine grundsätzliche Zustimmung erteilt. Tiefergreifende Informationen zur energetischen Bewertung der Fernwärme der SWI können Anhang 10 entnommen werden.

Für den Transport des Warmwassers müssen im Rahmen dieses Modernisierungskonzepts neue Stränge verbaut werden. Diese werden in den bestehenden Abgasschächten verbaut und führen zu Übergabestationen der Wohnungen, welche es vor bzw. in den Wohneinheiten installiert werden müssen.

In jedem der Konzepte soll eine möglichst große Menge des PV-Stroms für die Nutzung von Allgemein- und Mieterstrom verwendet werden. Da eine Einspeisung ins Netz nur mit einer geringen Vergütung des Stroms einhergeht, sollen im ersten Modernisierungskonzept Schichtenspeichern genutzt werden, um überschüssige Strommengen zur Wärmeerzeugung nutzbar zu machen. Die Schichtenspeicher könnten wiederum in vier Ground-Cubes untergebracht werden, um die visuelle Umgebung der Immobilien im aktuellen Zustand zu erhalten (vgl. Abb. 6). Die Legende der Anlagensymbole befindet sich in Anhang 11.

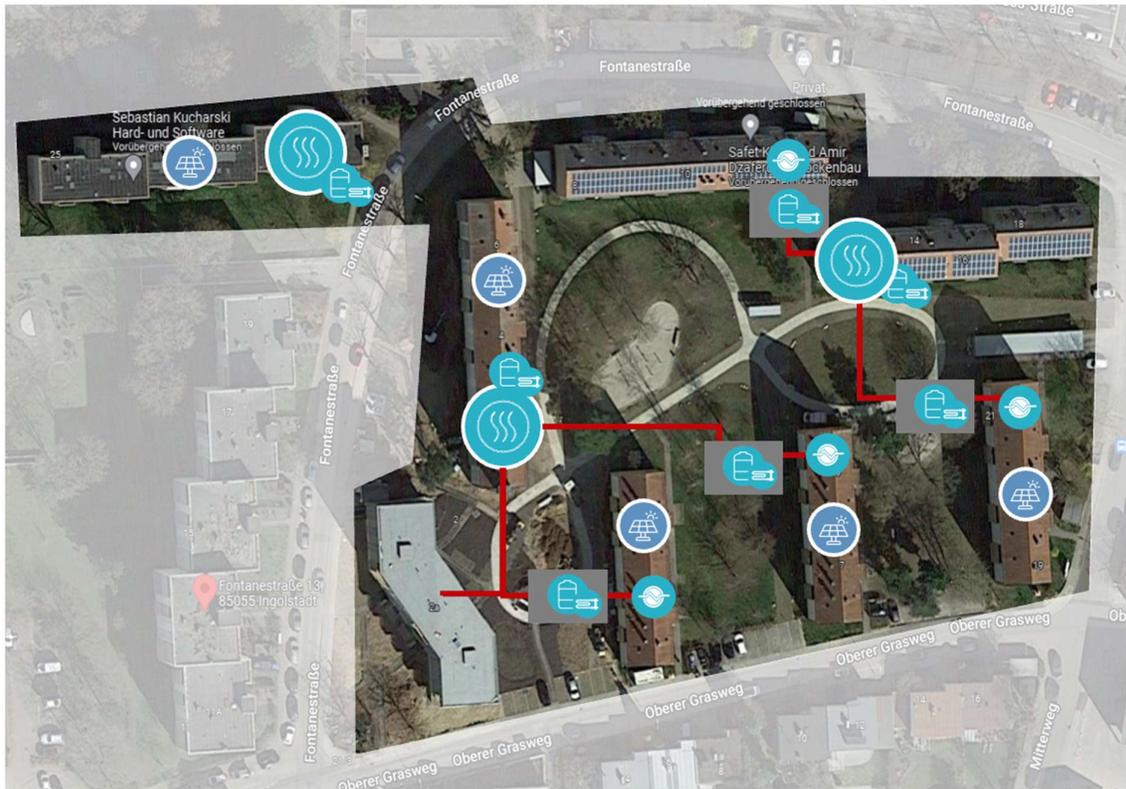


Abbildung 6: Graphische Darstellung des ersten Modernisierungskonzepts

Die Gebäudehüllen sollen gemäß des Standards Effizienzhaus 55 saniert werden. Eine Erreichung dieses Standards ermöglicht eine erhöhte Förderung der Modernisierungsmaßnahmen, weshalb sie langfristig gesehen nicht nur den Energieverbrauch absenkt, sondern zusätzlich wirtschaftliche Anreize schafft. Aus diesem Grund ist auch diese Maßnahme Teil aller Modernisierungskonzepte, wird jedoch in den folgenden Konzeptbeschreibungen nicht weiter detailliert.

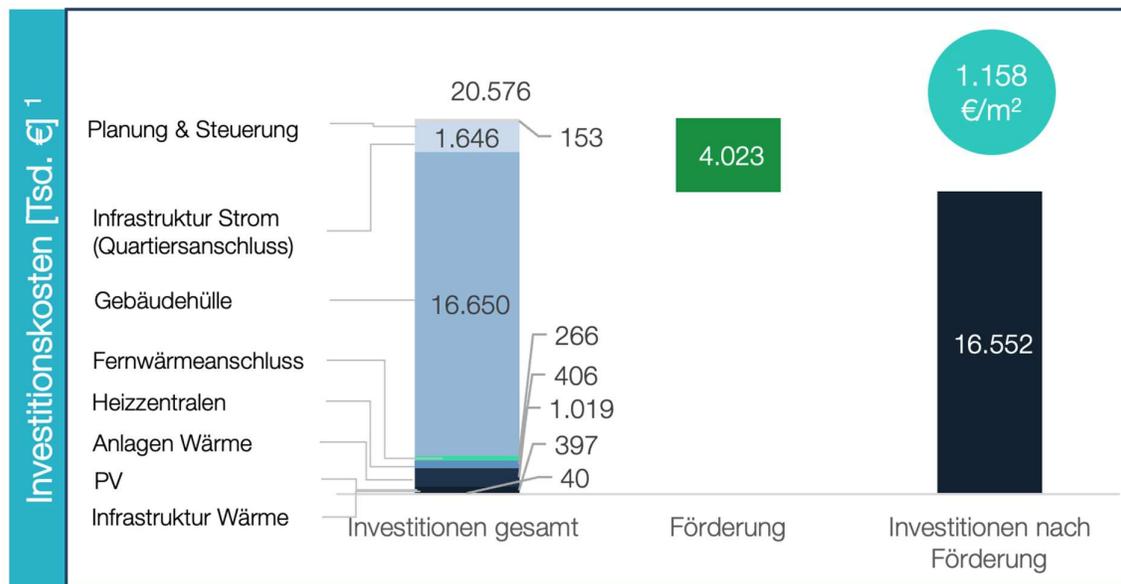


Abbildung 7: Investitionskostenkalkulation Konzept 1

Durch die beschriebenen Modernisierungsmaßnahmen würde beim ersten Dekarbonisierungskonzept voraussichtlich eine Investitionssumme von 20,58 Mio. € fällig werden. Nachdem ein Teil der Kosten in Form von Förderungen übernommen wird, muss die GWG Ingolstadt von dieser Summe 16,55 Mio. € tragen (vgl. Abb. 7). Die Fördermöglichkeiten, welche der Wirtschaftlichkeitsberechnung für alle Modernisierungskonzepte zugrunde liegt, können Anhang 8 entnommen werden.

Dekarbonisierungskonzept 2

Im zweiten Konzept soll ausschließlich die Heizwärmeerzeugung durch Fernwärme gespeist werden, während die Warmwassererzeugung im Gegensatz zum ersten Konzept mithilfe von dezentralen Abluft-Wärmepumpen geschehen soll. Hierfür sollen Wärmepumpen des Modells „ED 100 oder ED 180 WL“ der Firma ecodeSIGN verwendet werden, welche einen Luftdurchsatz von 150 m³/h ermöglichen. Die Wärmepumpen eignen sich aufgrund des geringen Stillstandsverlusts von 6 Watt und des klimaneutralen Kältemittels Propan besonders für eine energieeffiziente Dekarbonisierung der Warmwasserbereitung. Nach EN16147:2017 erreicht die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 3,05 (ED 100 WL) bzw. 3,2 (ED 180 WL). Es kann also über die dreifache Menge der zugeführten Energiemenge als Wärme produziert werden. Aufgrund der geringen Lärmemissionen und der kompakten Bauweise der Wärmepumpe lässt sich diese variabel in Aufstellungsräumen oder Wohneinheiten platzieren. Dies vermeidet eine kosten- und arbeitsintensive Schaffung von Flächen, auf welchen sie stehen können.

Neben der Verwendung für Allgemein- und Mieterstrom soll der PV-Strom auch für die Wärmepumpen zur Verfügung stehen, damit deren Betrieb möglichst emissionsarm und kostengünstig erfolgt.



Abbildung 8: Graphische Darstellung des zweiten Modernisierungskonzepts

In Abb. 8 lässt sich das Konzept der dezentralen Warmwassererzeugung gut erkennen. Während die Heizwärmeversorgung vollumfänglich durch Fernwärme gedeckt wird, werden in jeder Wohneinheit der Liegenschaft eigene Abluft-Wärmepumpen verbaut, welche wiederum den Energiebedarf der Warmwassererzeugung decken.

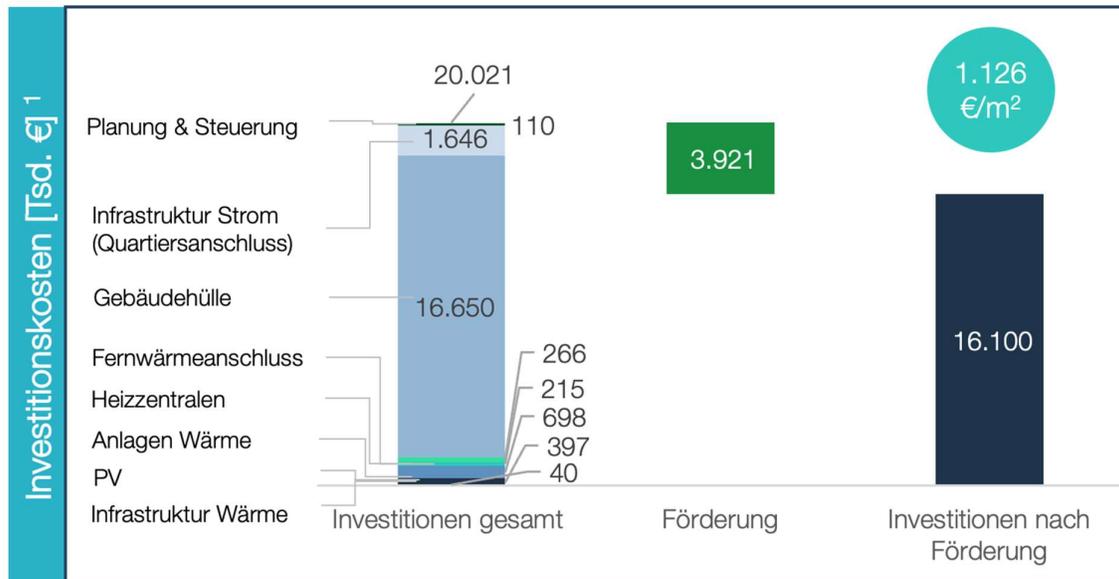


Abbildung 9: Investitionskostenkalkulation Konzept 2

Für dieses Konzept müssen ein wenig geringere Investitionskosten aufgebracht werden als im Ersteren. Die durch die GWG Ingolstadt zu tragende Summe beläuft sich nach Abzug der Förderungen auf knapp 16,1 Mio. € (vgl. Abb. 9)

Dekarbonisierungskonzept 3

In Dekarbonisierungskonzept 3 sollen die bestehenden Wärmeerzeuger durch Sole/Wasser-Wärmepumpen ersetzt werden. Hierzu soll eine Geothermiebohrung als Wärmequelle dienen. Die dem Erdreich entzogene Wärme soll durch ein kaltes Nahwärmenetz verteilt werden. Das Warmwasser wird hauptsächlich mithilfe von dezentralen Abluft-Wärmepumpen in den Wohneinheiten bereitgestellt, während in den Gebäuden der Fontanestraße 21-25, 2

und 2a das Warmwasser mithilfe der Wärmepumpen weiterhin zentral bereitgestellt wird (vgl. Abb.11)



Abbildung 11: Graphische Darstellung des dritten Dekarbonisierungskonzepts

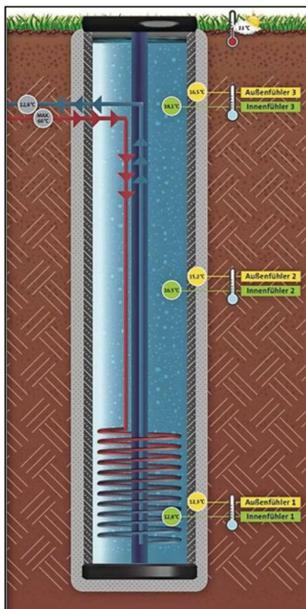


Abbildung 10: Darstellung High Energy Pole

Sole/Wasser-Wärmepumpen bieten den Vorteil, dass sie im Hochtemperaturbereich agieren und so neben einer Warmwassererzeugung auch eine Heizwasserbereitung ermöglichen. Als Wärmequelle für diese fungieren 14 sogenannte High-Energy-Poles (HEP), welche aufgrund der benötigten Bohrtiefe von unter 30 m einen geringen Einfluss auf die Umwelt nehmen. Die High Energy Poles sind dicht und vermeiden so einen negativen Einfluss auf die Umgebung. Die wassergefüllten Pfähle im Boden entziehen der Umgebung Wärme und machen diese für die Wärmenutzung nutzbar (vgl. Abb. 10). Die Bohrtiefe in Verbindung mit der hohen Wärmeentzugsleistung ermöglicht die Verwendung der Erdwärme bei einem geringen Flächenbedarf.

Mit den HEP lässt sich eine Jahresarbeitszahl von 4-4,5 ermöglichen, sodass die Wärmebereitstellung unter geringem Energieaufwand erfolgt. Die Bohrungen erfordern eine tiefgreifende Vorerkundung. Die HEP sollen in Verbindung mit dem PV-Strom den Betrieb der Wärmepumpen möglichst kosteneffizient. Die aufwändige Vorerkundung in Verbindung mit der benötigten Bohrung führen hohe Kosten mit sich, welche einer wirtschaftlichen Umsetzung entgegenstehen können.

Die notwendigen Apparaturen für die Nutzung der HEP und Wärmepumpen sollen auch im Rahmen dieses Konzeptes in Ground Cubes untergebracht werden. Die unterirdische Installation der Ground Cubes und HEP reduziert die visuelle Beeinträchtigung und den Platzbedarf der erforderlichen Technologien.

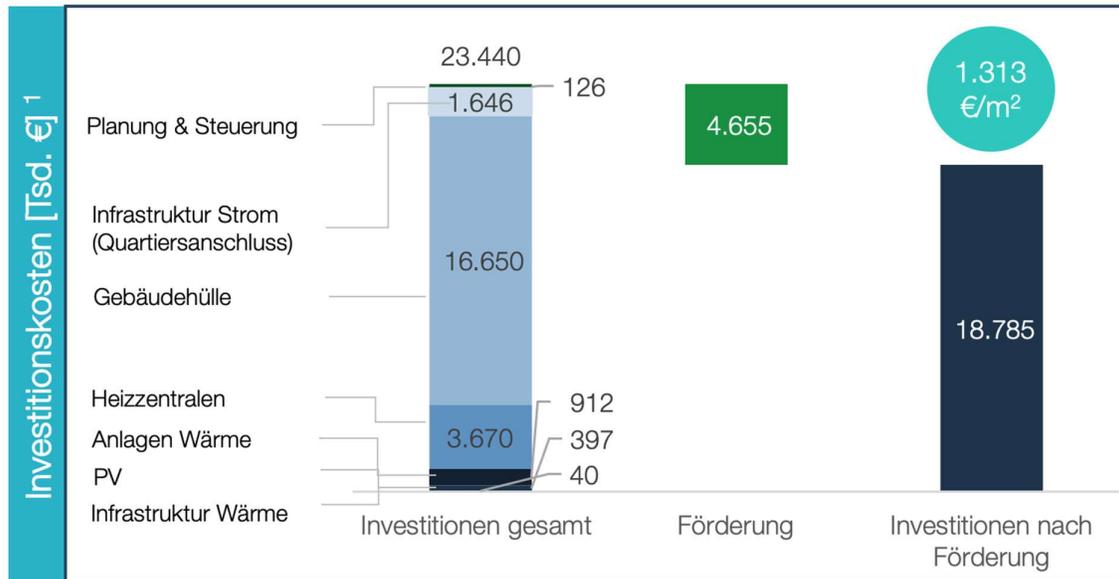


Abbildung 12: Investitionskostenkalkulation Konzept 3

Wie zuvor beschrieben steigen die Investitionskosten durch die Geothermiebohrungen für die HEP erheblich. So verbleiben nach der Förderung noch Kosten in Höhe von 18,785 Mio.€, welche durch die Gebäudeeigentümerin zu tragen sind (vgl. Abb. 12).

8. Abwägen der Modernisierungskonzepte

Mithilfe einer Simulationssoftware wurden nun die verschiedenen Konzepte anhand relevanter Kennzahlen miteinander verglichen. Im Rahmen der Simulation werden alle Energieflüsse der Erzeugung und des Verbrauchs stundenscharf über ein ganzes Jahr in 8760 Stundenschritten ermittelt und ermöglichen so einen detaillierten und aussagekräftigen Vergleich der Modernisierungskonzepte. Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ist die Mieterstromdurchdringung relevant. Diese beschreibt den Anteil derjenigen Mieter, welche am Mieterstrommodell teilnehmen. In Bestandswohnungen fällt die Mieterstromdurchdringung erfahrungsgemäß geringer aus als bei Neubezug der Wohnungen. Aufgrund dieser Einschätzung wird der Wirtschaftlichkeitsberechnung hier eine Mieterstromdurchdringung von 50% zugrunde gelegt, es wird also davon ausgegangen, dass 50% der Mieter am Mieterstrommodell teilnehmen. Dieser Wert ist aus Gründen der Risikoaversität niedrig angesetzt, da die Erlöse im Rahmen eines Modernisierungskonzepts mit geringerer Mieterstromdurchdringung geringer ausfallen.

Technische Analyse

Anhand der technischen Analyse können wir die Energieflüsse über ein Jahr hinweg simulieren und mithilfe dieser Aussagen über die Energiebedarfe sowie Verwendungen treffen. In Abb. 13 sind die wesentlichen Informationen zum Energiebedarf, des Eigenverbrauchs des PV-Stroms, sowie die hierdurch entstehende Autarkie einsehbar.

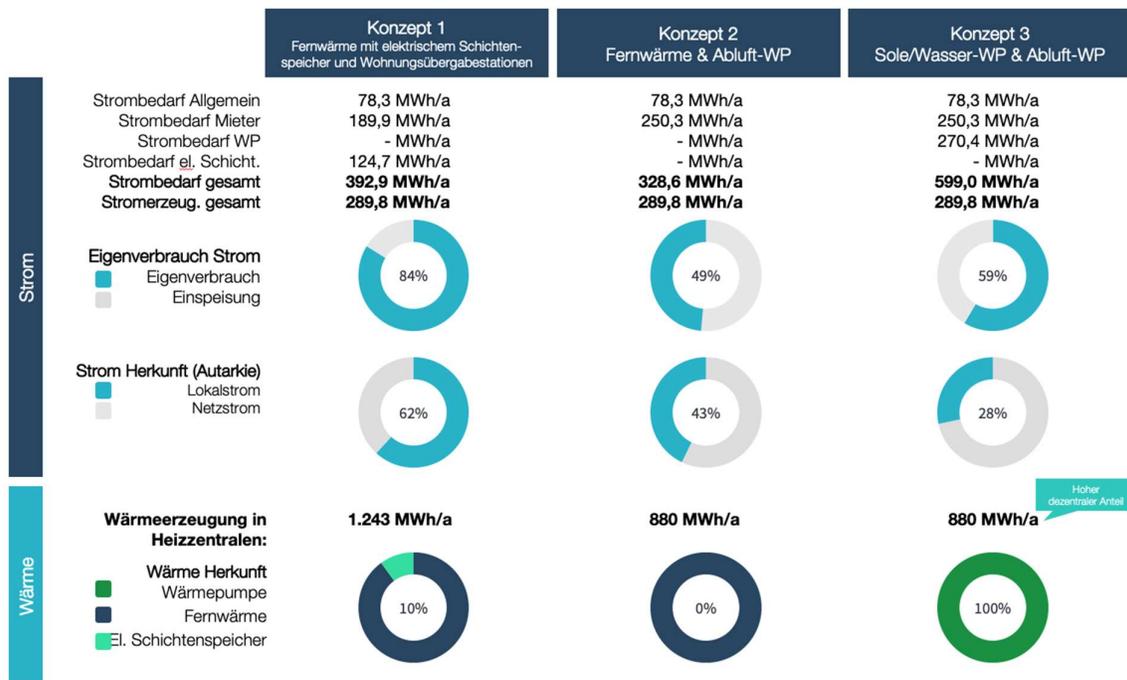


Abbildung 13: Technische Analyse der Dekarbonisierungskonzepte

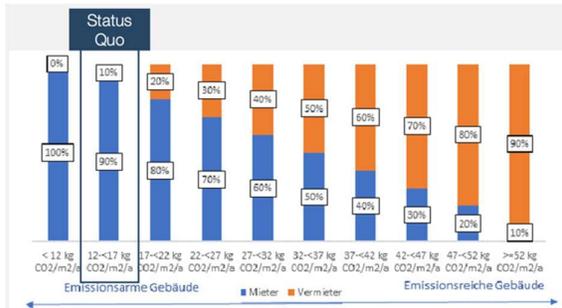
Aufgrund des elektrischen Schichtenspeichers fällt der Eigenverbrauch in Konzept 1 höher aus als bei den anderen beiden Konzepten, da überschüssiger Strom eingespeichert werden kann. Die Nutzung dieser Energie zu einem späteren Zeitpunkt erhöht im Umkehrschluss wiederum die Autarkie. Der Energiebedarf der Heizzentralen fällt jedoch aufgrund der fehlenden Warmwasserbereitung durch Abluftwärmepumpen höher aus.

Die Herkunft der Wärmeenergie zur Heizwärmebereitstellung gestaltet sich aufgrund der eingesetzten Technologien in allen Modernisierungskonzepten unterschiedlich. Während im zweiten Modernisierungskonzept die gesamte Heizenergie über das Fernwärmenetz bezogen wird, kommen 10% der Heizwärme in Modernisierungskonzept 1 aus den Schichtenspeichern, welche überschüssigen PV-Strom für die Wärmeenergie zeitlich flexibel nutzbar machen. In Konzept 3 wird die Heizwärme mithilfe der HEP in Verbindung mit Wärmepumpen bereitgestellt. Die Wärmepumpen und HEP werden mit Strom betrieben, wodurch der Strombedarf stark ansteigt. Da die Wärme bei dieser Technologie nicht gespeichert werden kann, muss er zum Zeitpunkt des Wärmeverbrauchs zur Verfügung gestellt werden. Aus diesem Grund fällt der Eigenverbrauch des Stroms trotz des erhöhten Strombedarfs geringer aus als in Modernisierungskonzept 1, in welchem die Schichtenspeicher überschüssige Energie auch zu einem späteren Zeitpunkt für die Wärmebereitstellung nutzbar machen. Entsprechend fällt auch die Autarkie in Modernisierungskonzept 3 am geringsten aus.

Die Abluft-Wärmepumpen in den Modernisierungskonzepten 2 und 3 sind in den Wohnungen der Mieter eingebaut, sodass der verbrauchte Strom im „Strombedarf Mieter“ integriert ist. Nur der Strombedarf wohnungsexterner Wärmepumpen wird unter „Strombedarf WP“ gelistet.

Ökologische Analyse

Neben den positiven Folgen für die Umwelt wird es aufgrund der CO₂-Steuer auch aus wirtschaftlichen Gründen relevant sein, dass Immobilien möglichst geringe Emissionen ausstoßen.



Besonders relevant dabei ist der Schwellenwert von 12 kg CO₂/m². Fallen die Emissionen nämlich unter diesen Wert, so wird der Immobilieneigentümer nicht mehr an den CO₂-Kosten beteiligt. Aktuell muss die GWG bei dieser Immobilie 10% der Kosten für die Mieter übernehmen (vgl. Abb. 14). Der niedrige Wert liegt besonders an der bereits heute angeschlossene Fernwärme in der Fontanestraße 4.

Abbildung 14: Aufteilung der CO₂-Bepreisung nach aktueller Gesetzgebung

CO₂-Emissionen Wärme

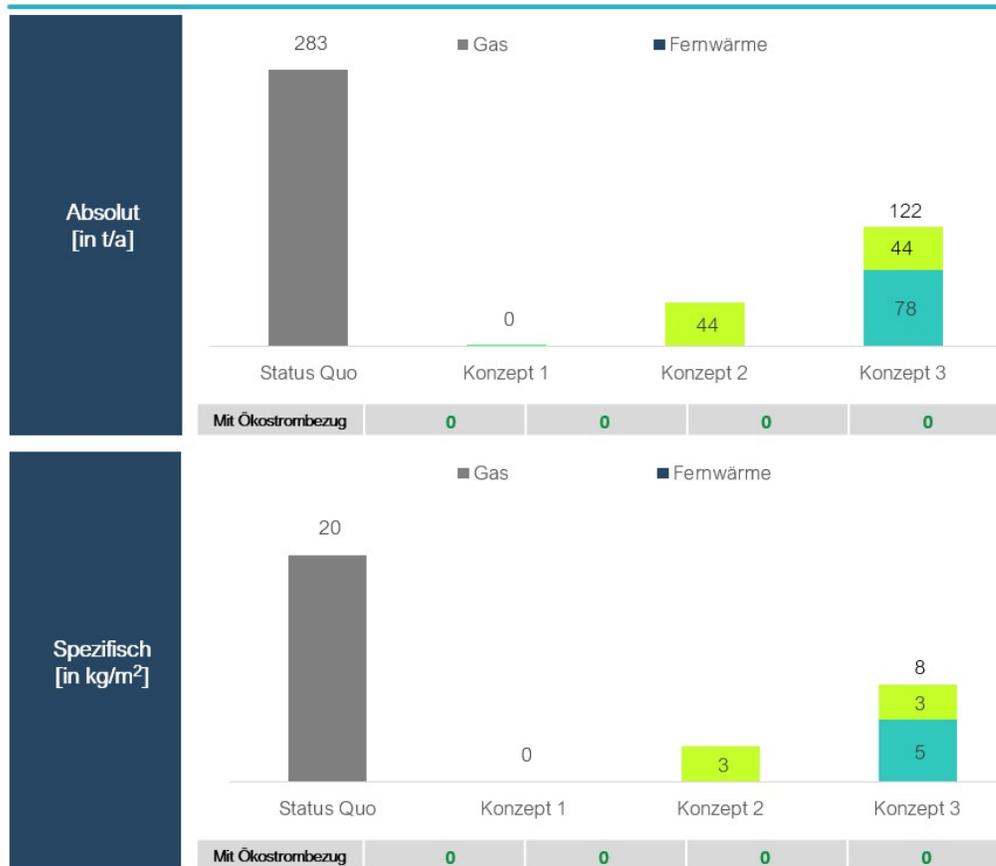


Abbildung 15: Emissionsvergleich der drei Modernisierungskonzepte

In Abb. 15 werden die Emissionen, welche aufgrund der Wärmeerzeugung entstehen einander gegenübergestellt. Bei jedem der Konzepte wird der Grenzwert von 12 kg/qm/a weit

unterschritten, sodass auch bei erwartbaren Schwankungen in der Wärmeversorgung nicht mit einer anteiligen Kostenübernahme der CO₂-Steuer durch den Vermieter zu rechnen ist.

Die geringsten CO₂-Emissionen ergeben sich in Konzept 1, da Fernwärme aktuell bilanziell emissionsfrei ist. Dies kann sich zwar theoretisch in Zukunft ändern, jedoch ist das Fernwärmenetz ein fester Bestandteil des Nachhaltigkeitskonzepts der Stadt Ingolstadt, weshalb hier auch in Zukunft mit nachhaltigen Wärmequellen zu rechnen ist. Die Konzepte 2 und 3 sind aufgrund des hohen Energiebedarfs der Heizstäbe und Abluft-Wärmepumpen auf den Bezug von Netzstrom angewiesen. Dieser wurde mit dem Emissionsfaktor des aktuellen deutschen Graustrommix

Wirtschaftliche Analyse

Neben der technischen und ökologischen spielt die wirtschaftliche Bewertung der Konzepte eine zentrale Rolle. Sowohl die Finanzierbarkeit der Investitionen, als auch die Auswirkungen auf die Betriebskosten sollen daher detaillierter betrachtet werden. Die Berechnungen unterliegen einigen Unsicherheiten, da besonders über die Energiepreise in der Zukunft keine gesicherte Aussage getroffen werden können. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse ermöglicht es dennoch, eine klare Tendenz zwischen den drei verschiedenen Konzepten erkennen zu können. Eine tiefer gehende Auflistung der getroffenen Annahmen und der zugrundeliegenden Kosten und Erlöse ist Anhang 9 zu entnehmen.

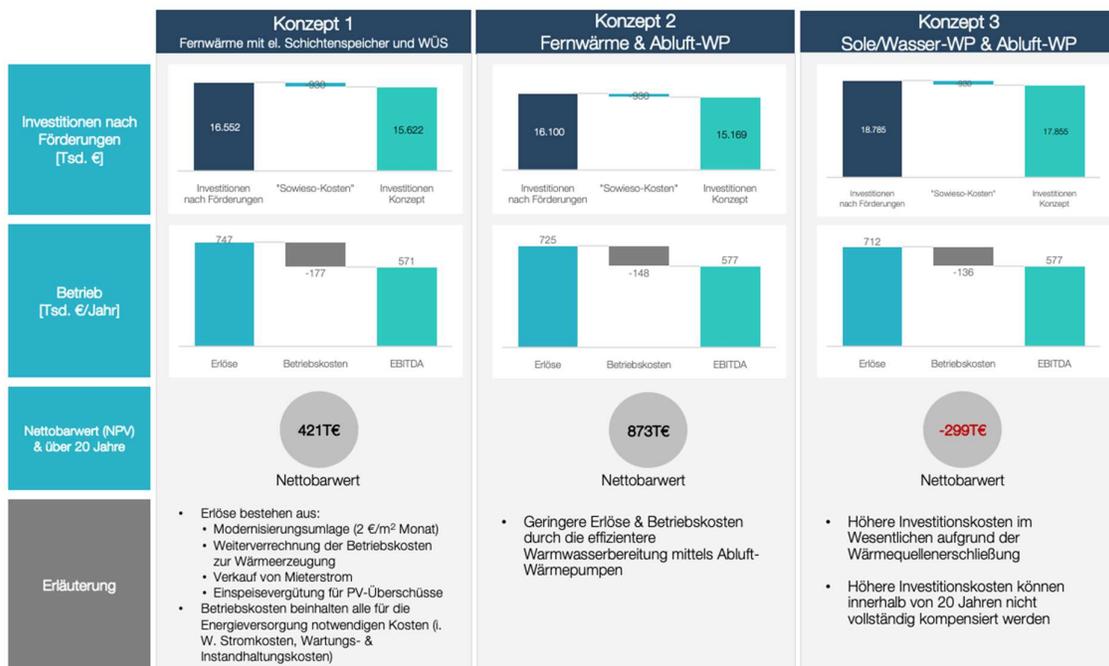


Abbildung 16: Analyse der wirtschaftlichen Kennwerte

Anhand von Abb. 16 werden die wirtschaftlichen Kennwerte der drei Konzepte gegenübergestellt. Die „Sowieso-Kosten“ beinhalten jene Kosten, die unabhängig vom gewählten Konzept durch die Modernisierung entstehen. In die Einnahmen ist eine Modernisierungsumlage in Höhe von 2€/m²/Monat eingerechnet. In der Analyse wurden die Cashflows über einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet.

Das EBITDA aller Konzepte liegt auf einem ähnlich hohen Niveau, weshalb besonders die unterschiedlichen Investitionskosten für den Nettobarwert entscheidend ist. Konzept 3 kann

sich so als einziges Konzept innerhalb von 20 Jahren nicht refinanzieren. Mit Konzept 2 läge der Nettobarwert über den betrachteten Zeitraum knapp doppelt so hoch, wie bei Konzept 1.

Abschließende Bewertung der Szenarien

In Abb. 17 werden die durch die Analysen gewonnenen Ergebnisse zusammengefasst. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich der drei Modernisierungskonzepte. Neben einer Betrachtung der ökologischen Auswirkungen werden sowohl aus Eigentümer- als auch aus Mietersicht die ökonomischen Veränderungen betrachtet.

| | Konzept 1 Fernwärme mit el. Schichtenspeicher und WÜS | Konzept 2 Fernwärme & Abluft-WP | Konzept 3 Sole/Wasser-WP & Abluft-WP |
|---|--|---|--|
| CO ₂ -Reduktion | Auf ca. 0 % (ca. 0 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● | Auf ca. 19 % (ca. 3 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● | Auf ca. 54 % (ca. 8 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● |
| Investitionsbedarf nach Förderungen (inkl. Planung) | Absolut: 16,5 Mio. € Spezifisch: 1.158 €/m ² ● | Absolut: 16,1 Mio. € Spezifisch: 1.126 €/m ² ● | Absolut: 18,8 Mio. € Spezifisch: 1.313 €/m ² ● |
| Wirtschaftlichkeit | Nettobarwert: 421 T€ ● | Nettobarwert: 873 T€ ● | Nettobarwert: -299 T€ ● |
| Mieter-/Nutzerkosten | Wärmekosten: 0,8 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● | Wärmekosten: 0,8 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● | Wärmekosten: 0,7 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● |
| Weitere qualitative Einschätzungen | <ul style="list-style-type: none"> Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter gegeben, auch im Hinblick auf die CO₂-Emissionen der Fernwärme | <ul style="list-style-type: none"> Geringere Investitionskosten dadurch, dass Warmwasserbereitung weiterhin dezentral bleibt Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter gegeben, auch im Hinblick auf die CO₂-Emissionen der Fernwärme | <ul style="list-style-type: none"> Höhere Investitionskosten können von Modernisierungsumlage i.H.v. 2 €/m² und Monat innerhalb von 20 Jahren nicht vollständig kompensiert werden |

● Empfehlung zur weiteren Betrachtung

Abbildung 17: Direktvergleich der Modernisierungskonzepte

Die CO₂-Reduktion liegt bei allen Konzepten auf einem vergleichbaren Niveau, sodass sich diese nicht weiter auf die Entscheidungsfindung auswirken. Die benötigten Investitionen sind in Konzept 3 durch die kostenintensive Geothermiebohrung um ca 2 Mio. € höher als in den ersten beiden Konzepten. Dies hat auch direkte Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der drei Konzepte. Die Höhe der durch die Mieter zu tragenden Wärme- und Stromkosten ist ebenso vergleichbar, wenngleich die Wärmeversorgungskosten in Konzept 3 ein wenig niedriger sind als in den anderen beiden Konzepten. Somit liegt der wichtigste Unterschied der Modernisierungskonzepte in der Wirtschaftlichkeit. Da Konzept 1 und 2 wirtschaftlich deutlich besser abschneiden als Konzept 3, wird sich im weiteren Verlauf dieses Berichts ausschließlich auf diese beiden Konzepte vertieft.

9. Optimierung der Modernisierungskonzepte

Um zu gewährleisten, dass das Modernisierungskonzept die gegebenen Potentiale möglichst effizient und ganzheitlich ausschöpft, wird das Konzept 1 in zwei unterschiedlichen Varianten optimiert. Auch für die beiden Varianten werden ökonomische sowie ökologische Folgen mithilfe von Simulationen berechnet. Alle folgenden Konzepte haben gemeinsam, dass die Gebäude an das Fernwärmenetz angeschlossen werden und die Gebäudehüllen inklusive der Fenster gemäß Effizienzhaus 55 saniert werden. Die Installation von PV-Anlagen mit einer Leistung von 330 kWp ist ebenso bei allen Konzepten vorgesehen.

Konzepte 1 und 2

Zur verbesserten Verständlichkeit werden die zuvor bereits erläuterten Konzepte 1 und 2 noch einmal rückblickend zusammengefasst. Im ersten Modernisierungskonzept wird

ausschließlich Fernwärme für die Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser verwendet, während elektrische Schichtenspeicher in Ground Cubes überflüssigen Strom auch zu einem späteren Zeitpunkt nutzbar machen.

In Konzept 2 dient die Fernwärme lediglich zur Aufbereitung der Heizwärme, während Abluft-Wärmepumpen die Gas-Boiler ersetzen, um das Warmwasser bereit zu stellen. Die Wärmepumpen werden unter anderem durch den erzeugten PV-Strom gespeist.

Konzept 1.1

Im Rahmen des Konzepts der ersten Variante werden die Investitionskosten reduziert, indem auf den Einbau von elektrischen Schichtenspeichern verzichtet wird. Somit müssen auch keine Ground Cubes verwendet werden, wodurch 317.000€ an Investitionssumme weniger anfallen. Ansonsten werden im Vergleich zu Konzept 1 keine Änderungen vorgenommen (vgl. Abb. 18 und 19).

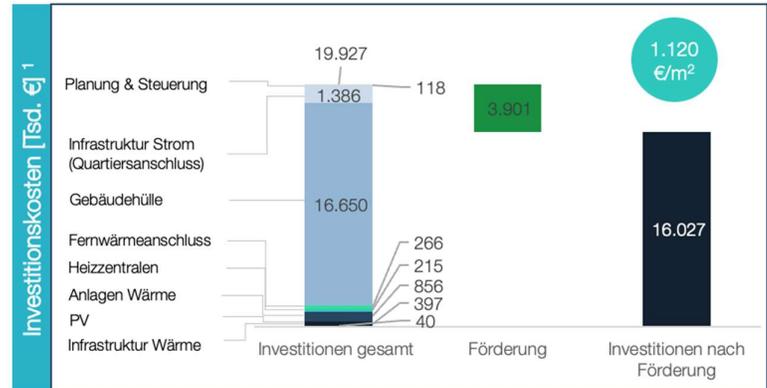


Abbildung 18: Investitionskostenkalkulation Variante 1.1



Abbildung 19: Graphische Darstellung des Modernisierungskonzepts 1.1

Konzept 1.2

Bei der zweiten Variante soll nur die Heizwärme über die Fernwärme bezogen werden, während die Warmwasserbereitung über in den Wohnungen installierte Abluft-Wärmepumpen erfolgt. Dies erhöht den Eigenverbrauch und damit die Wertschöpfung des eigens produzierten Stroms, jedoch fallen hierdurch verglichen mit dem ursprünglichen Konzept auch um 188.000€ höhere Investitionskosten an (vgl. Abb. 20 und 21)

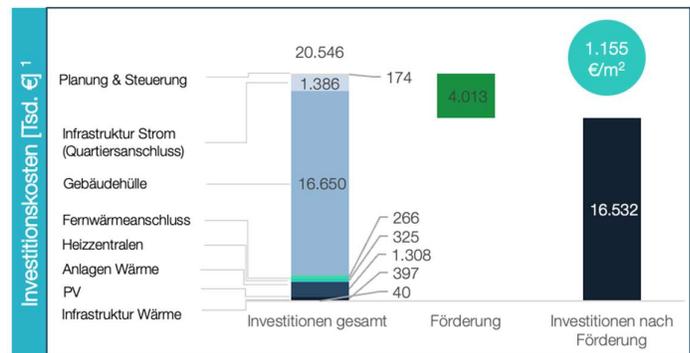


Abbildung 20: Investitionskostenkalkulation Variante 1.2



Abbildung 21: Graphische Darstellung des Modernisierungskonzepts 1.2

Technische Analyse der Varianten von Konzept 1

Zu Beginn werden anhand einer technischen Simulation die Stromflüsse und Wärmeerzeugungen der beiden Varianten errechnet. Die Ergebnisse können Abb. 21 entnommen werden.

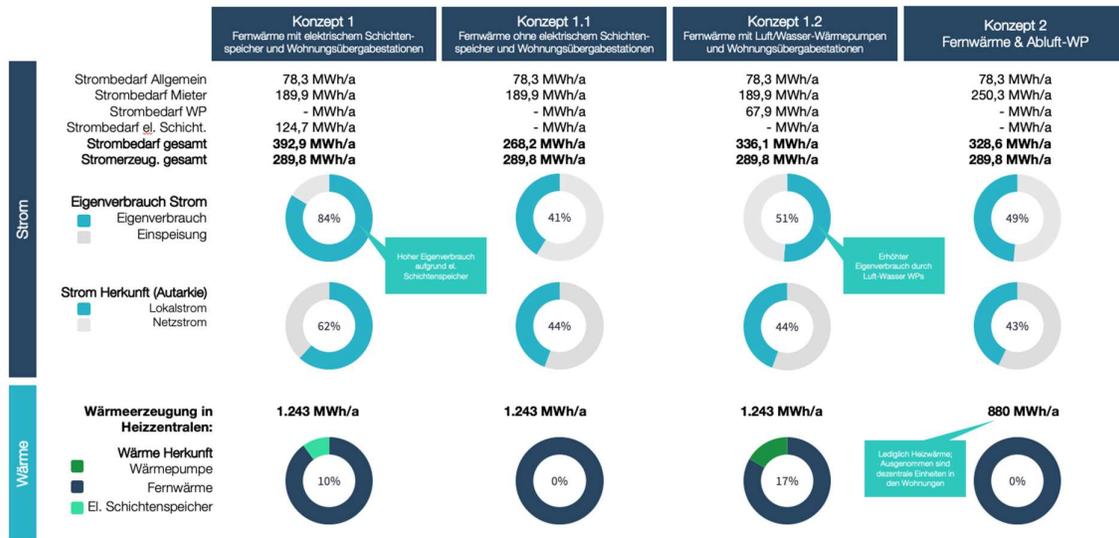


Abbildung 22: Technische Simulationsergebnisse der Varianten von Konzept 1

Im direkten Vergleich mit Konzept 1 sticht heraus, dass der Eigenverbrauch der anderen Konzepte aufgrund fehlender Schichtenspeicher deutlich niedriger ausfällt, wenngleich die installierten Wärmepumpen in Variante 1.2 den Eigenverbrauch um 10% erhöhen können. Aufgrund fehlender Speichermöglichkeiten fällt zudem die Autarkie bei den Varianten des 1. Konzepts um etwa 18% niedriger aus. Die Konzepte 1.1, 1.2 und 2 liegen in Bezug auf die Autarkie der Stromversorgung gleichauf.

Der Energieverbrauch in den Heizzentralen ändert sich bei den beiden Varianten im Vergleich zu Konzept 1 nicht.

Ökologische Analyse der Varianten von Konzept 1

Ökologisch betrachtet bringt nach wie vor die Fernwärme als Wärmequelle den Vorteil, dass sie aktuell bilanziell emissionsfrei ist. Da Variante 1.1 dasselbe Wärmeversorgungskonzept wie Konzept 1 hat, werden auch hier durch die Wärmeversorgung keine Emissionen verursacht.

In Konzept 1.2 wird aufgrund der Speisung der Abluft-Wärmepumpen Netzstrom bezogen, wodurch jährlich 14 Tonnen CO₂ produziert werden. Dieser Wert ist jedoch um zwei Drittel geringer als der bei Konzept 2, weshalb auch hier keine CO₂-Kosten durch den Eigentümer zu tragen wären (vgl. Abb. 20). Für alle Konzepte gilt wiederum: bei Ökostrombezug der nötigen Reststrommenge fallen keine Emission im Betreib der Liegenschaft an.

CO₂-Emissionen Wärme

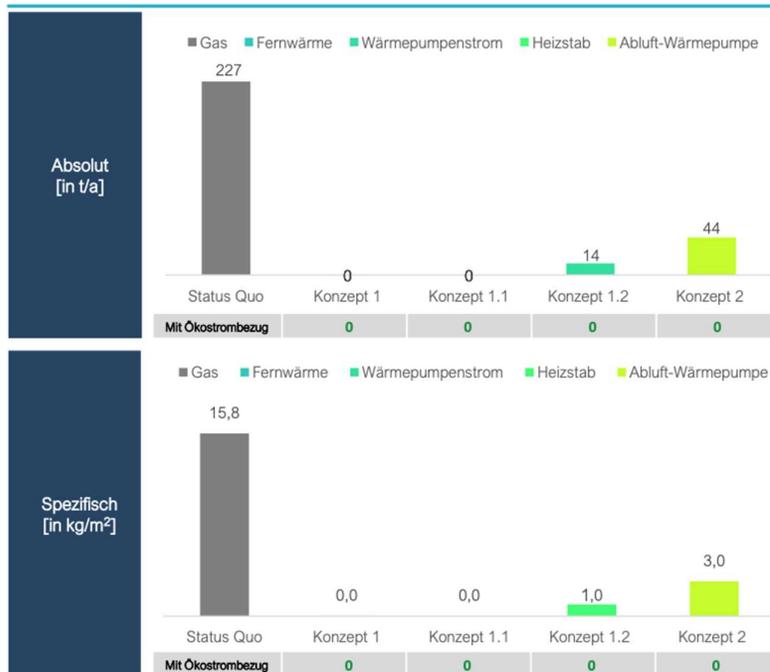


Abbildung 23: Ökologische Simulationsergebnisse der Varianten von Konzept 1

Wirtschaftliche Analyse der Varianten von Konzept 1

In Abb. 23 sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen, welche auf den durchgeführten Simulationen beruhen aufgezeigt. Für die Berechnungen wird von einer Mieterstromdurchdringung von 50% ausgegangen. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass eine monatliche Modernisierungumlage in Höhe von 2€/m² anfällt. Da der EBITDA bei jedem der Konzepte sehr ähnlich ausfällt, wirken sich besonders die anfallenden Investitionskosten auf die Wirtschaftlichkeit aus. Jedes der Konzepte refinanziert sich über die Laufzeit von 20 Jahren selbst, besonders durch das 2. Modernisierungskonzept kann ein hoher Gewinn erwirtschaftet werden.



Abbildung 24: Wirtschaftlichkeitsberechnung der Varianten von Konzept 1

Direktvergleich der Varianten von Konzept 1

Abschließend werden die vier Konzepte in einem Direktvergleich gegenübergestellt, sodass alle Vor- und Nachteile der Varianten und anfänglichen Konzepte ersichtlich werden (vgl. Abb. 24).

| | Konzept 1 Fernwärme mit el. Schichtenspeicher und WÜSt. | Konzept 1.1 Fernwärme ohne el. Schichtenspeicher | Konzept 1.2 Fernwärme & Luft/Wasser-WP | Konzept 2 Fernwärme & Abluft-WP |
|--|---|--|---|---|
| CO₂-Reduktion | Auf ca. 0 % (ca. 0 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● | Auf ca. 0 % (ca. 0 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● | Auf ca. 6 % (ca. 1 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● | Auf ca. 19 % (ca. 3 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ● |
| Investitionsbedarf <small>(inkl. Planung und Einbindung, absf. Gebäudehülle)</small> | Absolut: 16,3 Mio. € Spezifisch: 1.145 €/m ² ● | Absolut: 16,0 Mio. € Spezifisch: 1.120 €/m ² ● | Absolut: 16,5 Mio. € Spezifisch: 1.155 €/m ² ● | Absolut: 15,9 Mio. € Spezifisch: 1.110 €/m ² ● |
| Wirtschaftlichkeit | Nettobarwert: 611 Tsd. € ● | Nettobarwert: 757 Tsd. € ● | Nettobarwert: 445 Tsd. € ● | Nettobarwert: 1.064 Tsd. € ● |
| Mieter- /Nutzerkosten | Wärmekosten: 0,7 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● | Wärmekosten: 0,6 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● | Wärmekosten: 0,8 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● | Wärmekosten: 0,8 €/m ² pro Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ● |
| Weitere qualitative Einschätzungen | <ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Nutzung von PV-Strom für Wärme | <ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Beste Alternativoption, falls Abluft-Wärmepumpen (Konzept 2) nicht in WEs verbaut werden sollen | <ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Nutzung von PV-Strom für Wärmepumpen | <ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Effiziente Technologie zur TWW-Bereitung durch Abluft-WP |

Empfehlung wird nach Erweiterung von Konzept 1.1 um Backpacker gegeben

Abbildung 25: Direktvergleich der Varianten von Konzept 3 im Hinblick auf Ökologie, Gewinn und Heiz-/Investitionskosten

Bei jedem der Konzepte wird der CO₂-Ausstoß erheblich reduziert, sodass in Zukunft keine CO₂-Kosten durch den Eigentümer zu tragen sind. Bei den Konzepten 1 sowie 1.1 kann die Wärmeenergie auch bei Bezug konventionellen Netzstroms sogar gänzlich emissionsfrei bereitgestellt werden. In den Konzepten 1.2 und 2 fallen durch die Stromversorgung der Wärmepumpen Emissionen an, welche sich jedoch durch Ökostrombezug vermeiden lassen.

Auch der Nutzen für die Mieter der Immobilie sind durch alle Modernisierungskonzepte gleichermaßen positiv. Zwar fallen aufgrund der Modernisierungumlage 2 Euro pro Quadratmeter mehr an Monatsmiete an, doch durch das Mieterstrommodell und die reduzierten Heizkosten können auch die Mieter finanziell von allen Konzepten profitieren.

Da sich im Hinblick auf die finanzielle Belastung der Mieter und Ökologie nur geringe Unterschiede ergeben, steht bei der Entscheidungstreffung besonders die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Da das 2. Modernisierungskonzept einen besonders hohen Nettobarwert über 20 Jahre hinweg erwirtschaften kann und zusätzlich bei Bezug von Ökostrom keine Emissionen durch die Bereitstellung der Energie entstehen, wird die Umsetzung dieses Konzepts empfohlen (vgl. Abb. 26)

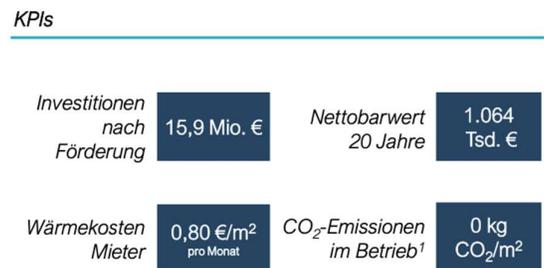


Abbildung 26: KPIs des Modernisierungskonzepts 2

Somit sollen die Immobilien an das Fernwärmenetz der SWI für die Heizwärmeversorgung angeschlossen werden, während die Warmwassererzeugung mithilfe von Abluft-Wärmepumpen geschehen soll. Die Gebäudehüllen werden gemäß Energiehaus 55-Standard seriell saniert, inklusive einer erneuerten Strominfrastruktur. Dies beinhaltet den blockweisen Anschluss an das Stromnetz, sowie neue Schaltanlagen und Wohnungsinstallationen.

Die Errichtung von PV-Anlagen auf den Dachflächen ermöglichen die Einführung des Mieterstrommodells. Eine graphische Darstellung der Energieversorgung erfolgt in Abbildung 27.



Abbildung 27: Graphische Darstellung der Energieversorgung nach Modernisierungskonzept 2

10. Hinzunahme von Ladesäulen für Elektromobilität

Durch die Installation von Ladesäulen für E-Mobilität lässt sich eine zusätzliche Einkommensquelle erschließen, wodurch ein größerer Teil der PV-Stroms an die Mieter verkauft werden kann. Für die Implementierung wurde erneut der Energiefluss simuliert. Für die Simulation wurde unterstellt, dass es insgesamt 11 Ladesäulen für E-Fahrzeuge geben soll, da 5% der Wohneinheiten ein E-Auto besitzen. Die Ergebnisse der Simulation sind Abb. 25 zu entnehmen. An jeder Ladestelle sollen jährlich 2.200 kWh Strom in die E-Autos geladen werden. Von den Ladesäulen werden drei Stück hauptsächlich tagsüber verwendet, während die anderen



Abbildung 28: Auswirkungen der Implementierung von E-Ladesäulen auf die KPIs

besonders nachts verwendet werden. Nähere Informationen zu den Umständen der Installation von Ladesäulen können Anhang 5 entnommen werden.

Durch die Ladesäulen steigt der Strombedarf um 24,1 MWh/a an, sodass mehr vom eigens produzierten PV-Strom an die Mieter verkauft werden kann. Auf diesem Wege steigt der Eigenverbrauch um etwa 3%. Da jedoch besonders nachts geladen wird, sinkt gleichzeitig die Autarkie in der Stromversorgung um etwa 1%. Insgesamt ließe sich mithilfe der Ladesäulen ein Teil der Mobilität der Mieter wirtschaftlich nutzbar machen, sodass über die Laufzeit von 20 Jahren 88.100€ Mehrgewinn erwirtschaften ließen. Da neben dem Gewinn auch ein positiver Beitrag für die Umwelt und die Mieter geleistet wird, wurde sich für die Errichtung der Ladesäulen entschieden (vgl. Abb. 28).

11. Abwägen des Batteriespeichereinsatzes

Neben dem Mieterstrommodell und den Ladesäulen für Elektrofahrzeuge kann der Eigenverbrauch des produzierten Stroms durch den Einsatz eines Batteriespeichers erhöht werden. Da der Einbau eines solchen Speichers jedoch mit hohen zusätzlichen Investitionskosten einhergeht, wurde basierend auf den bisherigen Annahmen eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, anhand welcher sich das wirtschaftliche Potenzial des Einbaus eines solchen Speichers abschätzen lässt. In Abb. 26 werden basierend auf verschiedenen Netzbezugskosten die Nettobarwerte des bisherigen Modernisierungskonzepts verglichen mit einem Szenario, in welchem eine 100 kWh Batterie installiert wurde. Für den Batteriespeicher werden zusätzlich die Nettobarwerte abhängig von den Anschaffungskosten dargestellt.

NPV [Tsd. €] in Abhängigkeit von Netzbezugskosten- & Investitionskostenentwicklung (50% MSD + 5% EMOB)

| | | Investitionskosten Batterie (netto) [€/kWh] | | | | Ohne Batterie |
|--|----|--|-------|-------|-------|------------------|
| | | 800 | 1.000 | 1.200 | 1.400 | |
| Netzstrombezugskosten (netto) [ct./kWh] | 24 | 1.079 | 1.061 | 1.043 | 1.025 | 1.152 |
| | 27 | 1.007 | 989 | 971 | 953 | 1.079 |
| | 30 | 934 | 916 | 898 | 880 | 1.007 |
| | 33 | 862 | 844 | 826 | 808 | 934 |
| | 36 | 790 | 772 | 754 | 736 | 862 |

Abbildung 29: Vergleich des Nettobarwerts mit und ohne Batteriespeicher bei unterschiedlichen Marktszenarien

Umso höher die Investitionskosten ausfallen, desto niedriger fallen die Nettobarwerte aus. Von höheren Netzstrombezugskosten ist auch der Vermieter betroffen, da dieser im Rahmen des Mieterstrommodells den Strom, welcher nicht durch die Produktion der PV-Anlage gedeckt werden kann, aus dem Netz beziehen und vergünstigt an die Mieter weiterverkaufen kann.

Es wurde sich aufgrund der Analyse gegen die Installation eines solchen Batteriespeichers entschieden, da in keiner der Szenarien der Zubau eines Speichers wirtschaftlich wäre (vgl. Abb. 29). Zusätzlich kommen zu den angegebenen Installationskosten noch Peripheriekosten für Aufstellung, Instandhaltung und Anbindung hinzu, welche in der Simulation nicht berücksichtigt wurden. Durch eine höhere Mieterstromdurchdringung als den angenommenen 50% sinkt die Wirtschaftlichkeit eines Batteriespeichers weiter, da dieser so weniger überschüssigen Strom speichern kann.

12. Zusammenfassung des Modernisierungskonzepts

Basierend auf den Bewertungen der verschiedenen Konzepte wurde das Modernisierungskonzept 2 aufgrund des besten Verhältnisses von Wirtschaftlichkeit und CO₂-Einsparungen für die Umsetzung ausgewählt. Neben des Fernwärmenetzanschlusses zur Heizwärmeversorgung werden Abluft-Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung installiert.

In Verbindung mit einer Gebäudehüllensanierung auf EH 55 Standard und einem Bezug von Ökostrom wird auf diesem Wege ein emissionsloser Betrieb ermöglicht.

Die bisher un bebauten Dachflächen werden für den Bau von Photovoltaik-Anlagen verwendet. Der auf diesem Wege erzeugte Strom wird im Rahmen des Mieterstrommodells und durch Versorgung der Ladesäulen an die Mieter verkauft und für den Betrieb der Wärmepumpen verwendet. Überschüssiger PV-Strom wird ins Netz eingespeist, aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit jedoch nicht lokal in Batterien gespeichert.

Die Strominfrastruktur wird erneuert, sodass die Gebäude in Zukunft blockweise angeschlossen sind, während moderne Schaltanlagen und Wohnungsinstallationen ein präziseres Energiemonitoring ermöglichen.

13. Öffentlichkeitsarbeit

Die Mieter werden drei Monate vor Beginn von Modernisierungsmaßnahmen mit einem Rundschreiben umfassend informiert. Es werden die Beweggründe dargelegt und die Arbeitsschritte kurz beschrieben – insbesondere die eventuellen Auswirkungen auf die Mieter hinsichtlich des Lärms, Zugang zu ihren Wohnungen, Nutzung von Grünanlagen und Stellplätzen und Unterbrechungen bei Versorgung mit Energie und/oder Wasser. Die zu erwartenden Kosten werden aufgeführt und die sich daraus ggf. resultierende Modernisierungsumlage nachvollziehbar dargelegt. Sich erhöhende Mieten werden den zu erwartenden Einsparungen bei Betriebskosten und/oder der CO₂-Abgabe gegenübergestellt.

14. Maßnahmen zur Klimaanpassung durch grüne Infrastruktur

Im zentralen Fokus der grünen Infrastruktur steht eine klimafreundliche Mobilität der Bewohner. Das Umweltbundesamt (UBA) hat im Rahmen einer nachhaltigen Mobilität vier Felder festgelegt, an welchen sich die Prüfung der grünen Infrastruktur der Liegenschaft orientiert:

1. Verkehr vermeiden
2. Auf umweltverträgliche Verkehrsträger (bspw. Schiene) verlagern
3. Erhöhung der Energieeffizienz
4. Postfossile, treibhausgasneutrale Kraftstoffe und Strom nutzen

Den Mietern der Liegenschaft soll eine Mobilität ermöglicht werden, welche mit geringen Emissionen von Treibhausgasen eine soziale Teilhabe und das Nachgehen alltäglicher Aktivitäten ermöglicht. Besonders eine gute Anbindung an den öffentlichen Personennahverkehr steht bei der Erreichung dieses Ziels im Fokus. Durch die Nutzung des ÖPNV werden besonders die Punkte 1 und 2 der nachhaltigen Mobilität vom UBA adressiert.

Östlich der Liegenschaft besteht die Bushaltestelle „oberer Grasweg“, an welcher halbstündig ein Bus in Richtung des naheliegenden Nordbahnhofs West – Ingolstadt fährt. Dieser Bahnhof ist ebenfalls in etwa 15 Minuten zu Fuß zu erreichen. Die Nutzung der Verbindungen ausgehend von diesem Bahnhof ermöglichen ein Erreichen der Ingolstädter Altstadt in etwa 20 Minuten.

Nördlich der Liegenschaft verläuft die Theodor-Heuss-Straße. Gegenüber befindet sich ein großer Supermarkt, welchen alle Bewohner der Liegenschaft fußläufig in unter fünf Minuten

erreichen können. Ebenso liegt nördlich der Liegenschaft in einer Distanz von unter 500 m ein Spielplatz, welchen die Familien zu Fuß erreichen können.

Die Bestrebungen der Ermöglichung einer nachhaltigen Mobilität werden im Rahmen des Modernisierungskonzepts zusätzlich aktiv aufgenommen, indem elf Ladesäulen installiert werden, an welchen die Bewohner der Liegenschaft ihre Elektrofahrzeuge laden können. Aufgrund der Bespeisung dieser mit lokal erzeugtem PV-Strom werden durch diese Maßnahme die Punkte 3 und 4 des nachhaltigen Mobilitätskonzepts des UBA direkt abgedeckt.

Den Mietern steht nach Umsetzung des Modernisierungskonzepts neben einer guten Anbindung an den ÖPNV auch die Möglichkeit offen, sich für einen umweltfreundlichen Individualverkehr mit Elektrofahrzeugen zu entscheiden.

Um die Bewohner der Liegenschaft zu ermutigen, die grüne Infrastruktur zu verwenden, können Bildungs- und Sensibilisierungsmaßnahmen ergriffen werden. Neben Informationsveranstaltungen kann auch eine gute Beschilderung dazu beitragen, dass auch neue Bewohner sich in der Umgebung schnell zurechtfinden und die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln, sowie von Fuß- und Radwegen in den Fokus stellen.

Durch den Klimawandel ändert sich auch das Klima in deutschen Städten. Der Wärmehaushalt in Städten kann besonders für vulnerable Gruppen ein erhebliches Risiko darstellen. Wie das Umweltbundesamt bestätigt, gibt es einen Zusammenhang zwischen extrem hohen bzw. extrem niedrigen Temperaturen und der Sterberate, welche bei Extremtemperaturen ansteigt.¹ Dieser Hitzestress lässt sich durch Begrünungen und das Pflanzen von Bäumen reduzieren. Die Blätter der Bäume spenden Schatten und reduzieren die Temperatur durch das Verdunsten von Wasser. Die Freiflächen des Quartiers weist bereits heute eine umfassende Begrünung auf, welche den Hitzestress reduzieren und auf diesem Wege besonders vulnerable Bewohner schützen. Das Mikroklima an der Fontanestraße profitiert von den Folgen dieser Bepflanzung und ermöglicht es den Bewohnern, sich auch bei hohen Temperaturen im freien zu bewegen.

¹https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/364/publikationen/kompass_themenblatt_hitze_stadt_2015_net.pdf ; aufgerufen am 25.07.2023

15. Gesamtenergiebilanz Quartier Fontanestraße

Vor den Modernisierungsmaßnahmen im Quartier, wurden folgende Energieverbräuche festgehalten.

| <i>Straße</i> | Hausnummer | Stromverbrauch MWh | | Wärmeverbrauch MWh | |
|--|-------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| | | Mietparteien | Allgemein | Heizung | Warmwasser |
| <i>Fontanestr</i> | 2a, 2b | 35 | 7 | 110 | 59 |
| | 2,4,6 | 30 | 8 | 236 | 51 |
| | 8,10,12 | 30 | 12 | 153 | 51 |
| | 14,16,18 | 30 | 12 | 153 | 51 |
| | 21,23,25 | 42 | 20 | 328 | 71 |
| <i>Oberer Grasweg</i> | 3,5 | 16 | 7 | 126 | 27 |
| | 7,9 | 16 | 7 | 126 | 27 |
| <i>Mitterweg</i> | 19,21 | 16 | 5 | 240 | 27 |
| <i>Endenergie (MWh)</i> | Gesamtes Quartier | 328 ² | | 1.836 | |
| <i>Primärenergie (MWh/a)</i> | Gesamtes Quartier | 590 ² | | 1.433 ¹ | |
| <i>CO₂-Emmisionen (t pro a)</i> | Gesamtes Quartier | 183 ² | | 283 | |

¹Ergeben sich aus 1.179 MWh mit dem Primärenergiefaktor von 1,1 nach KfW und 138 MWh aus der Versorgung der Fernwärme 657.000 kWh mit dem Primärenergiefaktor von 0,21.

² Die hier angegebenen Werte beziehen sich auf die Bezugswerte aus dem Stromnetz. Primärenergiefaktor 1,8 und Emissionsfaktor von 0,56 kg CO₂/kWh.

Nach den Modernisierungsmaßnahmen und Anschluss an der Fernwärme wird im Quartier folgender Energieverbrauch erwartet:

| <i>Straße</i> | Hausnummer | Stromverbrauch MWh | | Wärmeverbrauch MWh | |
|--|-------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| | | Mietparteien | Allgemein | Heizung | Warmwasser |
| <i>Fontanestr</i> | 2a, 2b | 35 | 7 | 110 | 59 |
| | 2,4,6 | 30 | 8 | 122 | 51 |
| | 8,10,12 | 30 | 12 | 122 | 51 |
| | 14,16,18 | 30 | 12 | 122 | 51 |
| | 21,23,25 | 42 | 20 | 203 | 71 |
| <i>Oberer Grasweg</i> | 3,5 | 16 | 7 | 65 | 27 |
| | 7,9 | 16 | 7 | 65 | 27 |
| <i>Mitterweg</i> | 19,21 | 16 | 5 | 75 | 27 |
| <i>Endenergie (MWh)</i> | Gesamtes Quartier | 39 ³ | | 1.179 ¹ | |
| <i>Primärenergie (MWh/a)</i> | Gesamtes Quartier | 70 ³ | | 177 ² | |
| <i>CO₂-Emmisionen (t pro a)</i> | Gesamtes Quartier | 21 ⁴ | | 0 ⁴ | |

¹Durch die Gebäudehüllensanierung kann 32% an Endenergieeingespart 592 MWh und 462 MWh an Primärenergie eingespart werden. Daraus ergeben sich 880 MWh, die über die Fernwärme versorgt werden müssen.

²Durch die Gebäudehüllensanierung und der Umstellung auf Abluftwärmepumpen für die Warmwasseraufbereitung (Einsparung 362 MWh), fällt die Primärenergie nur für die Fernwärme an.

³Durch die PV-Anlage kann der Endenergiebedarf auf 39 MWh und der Primärenergiebedarf auf 70 gesunken werden.

⁴ Durch die Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle sowie die Umstellung von Gas auf Fernwärme und Abluftwärmepumpen inkl. Installation einer PV-Anlage können die jährlichen CO₂-Emmissionen um ca. 91 t/a(Gebäudehülle) + 162 t/a (PV-Anlage) + 282 t/a (Umstellung Gas auf Fernwärme) auf insgesamt 21 t/a reduziert werden.

Folgende Einsparungen können durch die Umstellung auf die Fernwärme und Installation einer PV-Anlage im Quartier Fontanestraße erreicht werden:

| | | Stromseitig | Wärmeseitig |
|--|--------------------------------------|------------------|--------------------|
| <i>Endenergie (MWh)</i> | Gesamtes Quartier | 289 | 1.179 |
| <i>Primärenergie (MWh/a)</i> | Gesamtes Quartier | 521 | 1.712 ² |
| <i>CO₂-Emissionen (t pro a)</i> | Gesamtes Quartier | 162 | 283 |
| <i>Gesamt:</i> | Endenergie (MWh/a) | 1.469 | |
| <i>Gesamt:</i> | Primärenergie (MWh/a) | 2.234 | |
| <i>Gesamt:</i> | CO ₂ Emissionen (t pro a) | 536 ¹ | |

1 In den CO₂-Einsparungen sind 91t CO₂ durch die Gebäudehüllensanierung, 283 t CO₂ durch die Umstellung auf Fernwärme und 162 t CO₂ durch die PV-Anlage. Aus diesem Grund ist die Gesamtsumme höher als, die zu erwartende CO₂-Einsparung pro Jahr.

2 Durch die Gebäudehüllensanierung und die Umstellung auf dezentrale Abluft-WP, wird mehr Primärenergieeingespart als tatsächlich.

16. Umsetzungsfahrplan

Auf dem Weg zur Realisierung des Modernisierungskonzepts werden die in Abb. 30 dargestellten Schritte durchlaufen. Im Rahmen der Detailplanungsphase wird das Projekt basierend auf den bisherigen Planungen detailliert ausgearbeitet und die Zwischenschritte bis zur Finalisierung des Projekts bestimmt. In der Realisierungsphase werden die Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt und die Technologien, welche dem neuen Energiekonzept zugrunde legen installiert. Im Rahmen des laufenden Betriebs werden die neuen Anlagen angeschlossen und in Betrieb genommen.

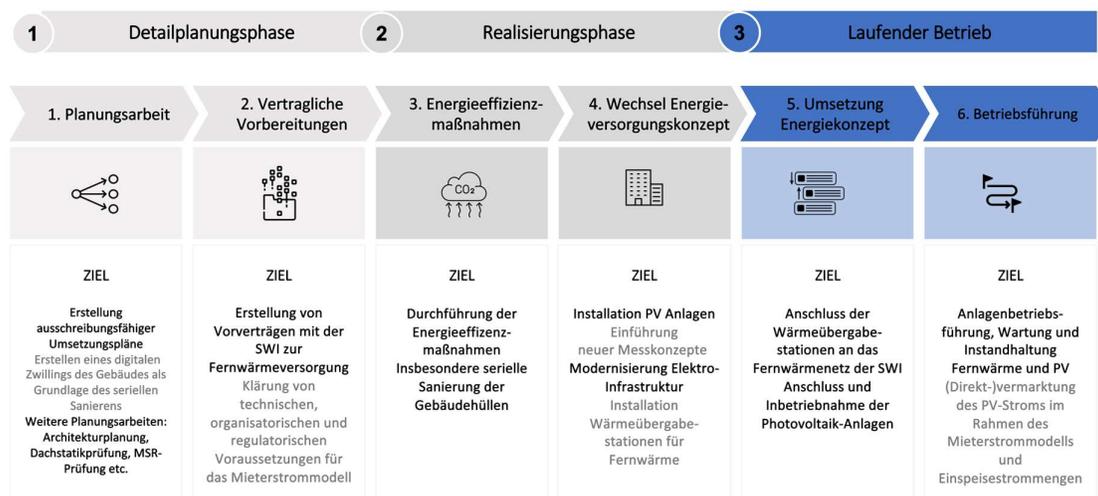


Abbildung 30: Umsetzungsfahrplan für das Modernisierungsprojekt

Für die Umsetzung des Konzeptes wurden anhand von Quartiersgröße und Ausgangssituation eine Abfolge der Sanierungen definiert, die zeitlich aufeinander folgen. An dieser Stelle ist zu verdeutlichen, dass die bereits energetisch ertüchtigten Sub-Quartiere parallel zu den Baumaßnahmen inkl. Hüllflächensanierung behandelt werden.

Die Abfolge bzw. Priorisierung ist der folgenden Roadmap zu entnehmen:

Quartier Fontanestraße

| Energieträger | Erdgas | | | Fernwärme | | Akteure | Verantwortliche |
|---|-------------------------|-----------------|-------------------|--|------------------|---------|-----------------|
| | Adressen | | | | | | |
| | Fontanestr. 8-12, 14-18 | Mitterweg 18,22 | Fontanestr. 21-25 | Fontanestr. 2-4, Oberer Grasweg 3,5 und Oberer Grasweg 7,9 | Fontanestr. 2a,b | | |
| Planung und Ausschreibung für Maßnahmen in 2024/25 | 2023 | | 2023/24 | | | GWG | GWG |
| vertragliche Vorbereitungen | 2023/24 | | 2024 | | | GWG | GWG |
| Wechsel Energieversorgung - Umschluss auf Fernwärme | 2024 | | 2025 | | | GWG/SWI | SWI |
| hydraulischer Abgleich und Modernisierung Heizzentrale | 2024 | | 2025 | | | GWG/FF | FF |
| Durchführung Hüllsanierung | - | > 2035 | 2025 | > 2035 | - | GWG/FF | FF |
| Elektrifizierung Warmwasser | > 2035 | | - | > 2035 | - | GWG/FF | FF |
| Installation und Inbetriebnahme PV-Anlage | - | | > 2030 | | | GWG/FF | FF |

FF: Fremdfirma

Detailplanungsphase

Zu Beginn erfolgt die detaillierte Planungsarbeit, welche später als Grundlage für die anderen Arbeitsschritte dient. Es sollen ausschreibungsfähige Umsetzungspläne erstellt werden, sodass das Einholen von expliziten Angeboten erfolgen kann. Im Rahmen dieser Ausschreibungen sollen Partner für die Umsetzungen der Modernisierungen der Wärmeversorgungsanlagen, der elektrischen Anlagen und Gebäudehüllen ausgewählt werden. Besonders die Vorbereitungen für das Sanieren der Gebäudehüllen sind arbeitsaufwändig, da die montagefertigen Elemente der Fassade und des Daches bestellt und vorgefertigt werden müssen. Die Baustelle durchläuft im Rahmen der Dämmarbeiten, Montage der Fassadenelemente, des Innenausbaus und der Anpassung der Schließanlage einige Meilensteine, welche wiederum aufeinander abgestimmt werden müssen.

Für die serielle Sanierung bildet die Erstellung eines „digitalen Zwillings“ die Grundlage. Dieser ist zum einen für den Förderzuschuss serielles Sanieren notwendig, ebenso kann er bei allen weiteren Planungen am Gebäude als Unterstützung dienen.

Des Weiteren stehen viele weitere Planungsarbeiten an, welche zu einem großen Teil von externen Partnern erledigt werden. Unter anderem muss das Projekt architektonisch geplant werden, die Statik des Daches gilt es in Vorbereitung auf die Bebauung mit PV zu prüfen, eventuell auftretende Blendwirkungen mit einem Gutachten auszuschließen.

Realisierungsphase

Während der Realisierungsphase werden erst die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz durchgeführt. Im Fokus stehen in diesem expliziten Projekt während der Energieeffizienzsteigerungen die Maßnahmen zur Gebäudehüllensanierung.

Den zweiten Schritt in der Realisierungsphase bildet der Wechsel des Energieversorgungskonzepts. Im Rahmen dieses Projekts werden die PV-Anlagen auf den

Dächern und die Wärmeübergangsstationen installiert. Vorbereitend auf den Betrieb der Anlagen werden zusätzlich neue Messsysteme eingebaut und die Elektroinfrastruktur modernisiert.

Laufender Betrieb

Nach Abschluss der Realisierungsphase werden die Technologien der Energieversorgung der Liegenschaft in Betrieb genommen. Im Anschluss vermarktet die GWG Ingolstadt den produzierten Strom direkt im Rahmen des Mieterstrommodells an die eigenen Mieter oder über einen Direktvermarkter an der Strombörse, insofern überschüssige Mengen bestehen, welche am Spotmarkt verkauft werden müssen. Die SWI versorgt die Liegenschaft als Betreiber des Fernwärmenetzes mit Wärme. Im Rahmen der Betriebsführung der Anlagen werden diese gewartet und instandgehalten.

Maßnahmenkatalog

| Adressen | Geplante Maßnahme | | | | | | |
|----------------------|-------------------|-----------------------|----|--------------|-------------------------|-------------|--|
| | Fernwärme | Hüllflächen-sanierung | PV | Mieter-strom | Hydraul-ischer Abgleich | E-Mobilität | Umstellung auf elektrische Warmwasserv ersorgung |
| Fontanestr. 2a - 2b | Nein | Nein | Ja | Ja | Ja | Nein | Nein |
| Fontanestr. 2,4,6 | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Nein | Ja |
| Fontanestr. 8,10,12 | Ja | Nein | Ja | Ja | Ja | Nein | Ja |
| Fontanestr. 14,16,18 | Ja | Nein | Ja | Ja | Ja | Nein | Ja |
| Fontanestr. 21,23,25 | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Nein | Nein |
| Oberer Grasweg 3,5 | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Nein | Ja |
| Oberer Grasweg 7,9 | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Nein | Ja |
| Mitterweg 19,21 | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Nein | Ja |

Maßnahmen zur Erfolgskontrolle

Aufgrund der mittelfristig auf Fernwärmeanschluss reduzierten Maßnahmenpakete, beschränkt sich die Erfolgskontrolle für die Maßnahmen der kommenden zwei Jahre für beide Quartiere auf den Vergleich der in Rechnung gestellten Wärmemengen. Es ist neben der oben genannten Reduktion der Emission, die keiner Kontrolle bedarf, eine Abnahme an Endenergie zu erwarten – Gründe:

- effizienteres Heizen durch hydraulischen Abgleich
- reduzierte Verluste durch Ertüchtigung und Modernisierung von Komponenten

- reduzierte Verluste durch Vermeidung von Abwärme des Verbrennungsprozesses Eine klimabereinigte Abnahme am Verbrauch von > 15 % kann erwartet werden und ist zu kontrollieren.

Umsetzungshemmnisse

Anschluss an Wärmenetz: Keine Hemmnisse:

- Fontanestr. 8-12, 14-18 und Mitterweg 18,22 werden im Sommer 2024 angeschlossen
- Fontanestr. 21-25 wird im Sommer 2025 angeschlossen
- Fontanestr. 2-4, 2a,b und Oberer Grasweg 3,5 und 7,9 sind bereits angeschlossen

Für die Tiefbauarbeiten werden keine Verkehrsflächen oder Fremdgrundstücke beeinträchtigt.

Umrüstung der dezentralen Wärmeversorgung von erdgasbasiertem System auf Abluftwärmepumpen:

6 von 8 Gebäuden sind mit dezentralen Gasboilern/-durchlauferhitzern ausgestattet. Die Umrüstung auf Abluftwärmepumpen ist vorteilhaft für den Bedarf an Primärenergie, beinhaltet aber folgende Hemmnisse:

- Außenanschlüsse für die kalte Abluft notwendig
- Konkurrenzluftstrom zu Entlüftern in Küche und WC (Belüftungskonzept)
- Rohrleitungsinstallationen notwendig

Deshalb und aufgrund der langfristigen Dekarbonisierung der Stromversorgung wird die Elektrifizierung der dezentralen Warmwasserbereitung derzeit favorisiert. Aufgrund der prognostizierten Entwicklung des Emissionsfaktors des Strom-Mix Deutschland, würde eine Umrüstung vor 2035 zu einer Erhöhung der bilanzierten CO₂-Emission führen. Die Umrüstung ist nach aktuellem Stand deshalb der letzte Schritt auf dem Klimapfad.

Modernisierung der Gebäudehüllen:

- Fontanestr. 8-12, 14-18 keine – Gebäudehülle 0,56 W/m²K, Anforderung 0,70 W/m²K
- Mitterweg 18,22 – Gebäudehülle sanierungswürdig
- Fontanestr. 21-25 wird im Sommer 2025 zu einem Effizienzhaus 70 saniert
- Fontanestr. 2 a,b keine – Gebäudehülle 0,45 W/m²K, Anforderung 0,50 W/m²K
- Fontanestr. 2-4, Oberer Grasweg 3,5 und 7,9 – Gebäudehülle sanierungswürdig

Aufgrund der Vorgabe Klimaneutralität effizient zu erreichen, ist die Reduzierung des Endenergiebedarfs nachrangig eingeordnet. Da aus Instandhaltungsgründen eine Hüllensanierung für die Adressen Mitterweg, Fontanestr. 2-4 und Oberer Grasweg 3-9 nicht notwendig ist, wird diese für genannten Adressen langfristig angesetzt.

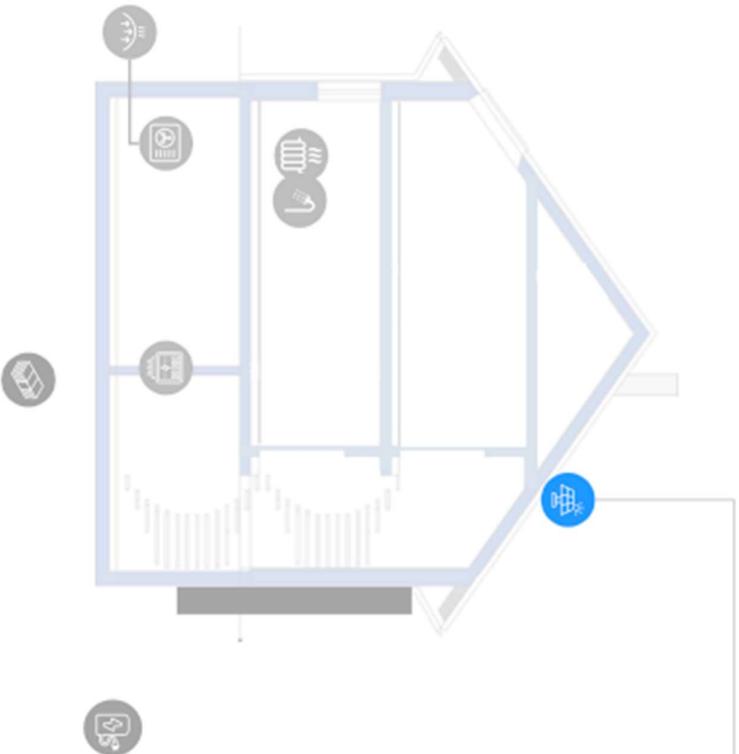
Elektromobilität, Mieterstrom, Batteriespeicher:

Gegenwärtig besteht kaum eine Nachfrage nach Ladepunkte – im Quartier wäre mit einer Mieterumfrage der Bedarf konkret zu eruieren. Bei der anstehenden Dachsanierungen in der Fontane 21-25 ist die Installation von PV-Modulen zwar vorzubereiten, die Solaranlage ist im Sanierungspaket jedoch als Option enthalten, da die Investition voraussichtlich zu einem späteren Zeitpunkt getätigt wird.

Klimaschutzziele

Die Bundesregierung strebt bis 2045 an, Klimaneutralität zu erreichen. Dieses Ziel soll durch die Reduzierung der Treibhausgasemissionen, die Steigerung der Energieeffizienz, die Förderung erneuerbarer Energien, nachhaltige Bau- und Sanierungspraktiken sowie Bewusstseinsbildung und Schulung verwirklicht werden. Als erster Schritt soll bis 2030 eine Reduzierung der Emissionen um 65% gegenüber dem Niveau von 1990 erreicht werden. Mit dem Rückbau der erdgasbasierten zentralen Energieversorgung (Raumwärme in 6 von 10 Gebäuden, Fontanestr. 21 zusätzlich Warmwasser) und der künftigen Versorgung über CO₂-neutrale Fernwärme (unvermeidbare Abwärme), wird die CO₂-Emission um knapp 80 % reduziert. Mit der Elektrifizierung der dezentralen Warmwasserversorgung nach GEG § 71 (5) werden die Anforderungen der Bundesregierung erfüllt und die verbleibenden 20 % durch eine langfristig klimaneutrale Stromversorgung vermieden. Auf diese Weise entspricht das Quartier Fontanestraße den Zielen der Bundesregierung.

GEWERK PHOTOVOLTAIK

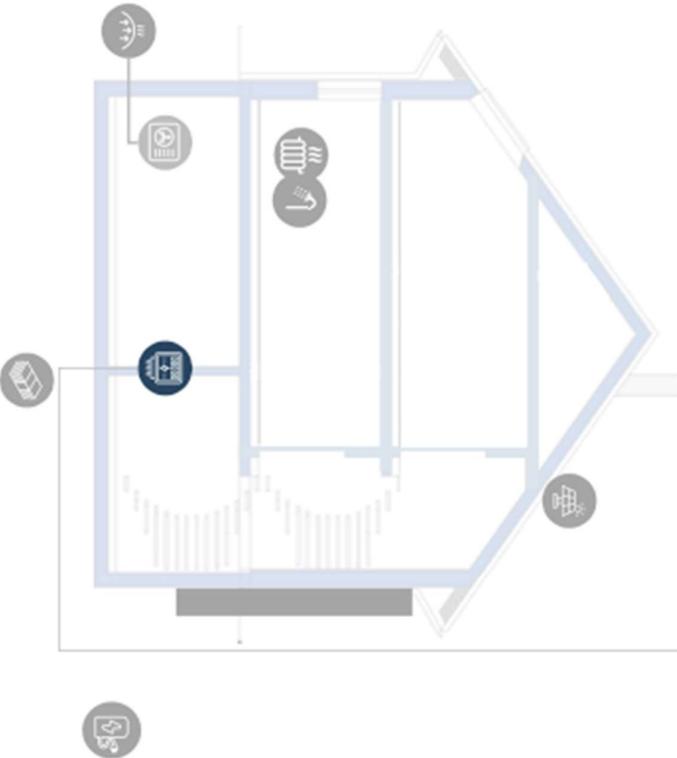


Photovoltaik

ERGEBNISSE:

- **Auslegung (Maximalbelegung der verfügbaren Dachflächen):**
 - Leistung: ca. 330 kWp
 - **Statik des Daches:**
 - Zusätzliche Tragfähigkeit von 20-25 kg/m² (Fontanestr. 2-18 & Mitterweg/Oberer Grasweg)
 - Fontanestr. 21-25 aufgrund der Betondecke ist von ausreichender Tragfähigkeit auszugehen
 - **Baurechtliche Klärung:**
 - keine baurechtlichen Bedenken, ggf. Blendgutachten für einzelne Flächen notwendig
 - **Einbindung in Blitzschutzkonzept:** kein Blitzschutzkonzept vorhanden, daher ist keine Einbindung erforderlich
 - **Wege für Trassen und Kabel:** durch bestehenden Kaminschächte (Alternativ bei Sanierung über Brandschutzkanal im Treppenhaus, oder auf Fassade)
 - **Platzierung der Wechselrichter:** Für Häuser ohne Technikraum bedingt gegeben. Eventuell im Flur oder der Waschküche
 - **Anbindung an Elektro-Seite:** an den jeweiligen Häusern oder im Ground Cube
- ZU BEACHTEN:**
- Vertrag mit Direktvermarkter erforderlich!
 - Traglast bei Komponentenauswahl weiter zu berücksichtigen

GEWERK ELEKTRO



Elektro

ERGEBNISSE:

- **Bedarfsberechnung der benötigten Leistungen:**
 - Quartiersanschluss ohne PV 438,52 kW
 - Wohneinheiten 115,6 kW
 - HLS/Wärmepumpen 220,8 kW
 - E-Mobilität 102,12 kW
 - PV-Anlagen 357,7 kW
- **Klärung möglicher Stromanschluss für neue Technik:**
 - Quartiersanschluss fraglich, ob Anschluss an Niederspannung möglich ist. Die Stadtwerke Ingolstadt führen Berechnung erst nach der Planungsphase durch
- **Anbindung an**
 - HLS im Ground Cube
 - MSR und E-Mobilität an den jeweiligen Häusern oder im Ground Cube

ZU BEACHTEN:

- Die Elektroanlagen sollten erneuert werden. Die verwendete Schutzmaßnahme entspricht nicht den aktuellen Vorschriften

ANHANG 3: KOSTENÜBERSICHT ELEKTRO

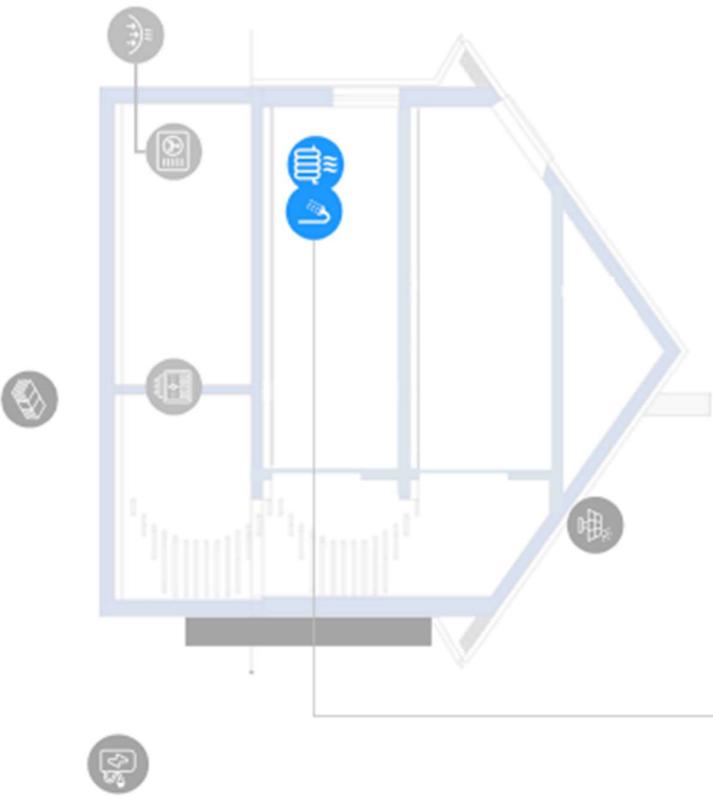


Grobkostenschätzung GWG Ingolstadt Fontanestraße

| Bezeichnung | Anzahl | Kosten | Einheit | Kosten Gesamt (Netto) |
|--|--------|--------------|---------|-----------------------|
| Hausanschluss/Trafo*1 | 1 | 180.000,00 € | St. | 180.000,00 € |
| Starkstromleitungen | 900 | 180,00 € | m | 162.000,00 € |
| Schaltanlagen | | | | 520.500,00 € |
| Wandlerschrank PV | 6 | 15.000,00 € | St. | 90.000,00 € |
| Wandlerschrank Gesamt | 15 | 15.000,00 € | St. | 225.000,00 € |
| Zählerschrank pro WE | 138 | 1.000,00 € | St. | 138.000,00 € |
| Wandlerschrank E-Mobilität | 6 | 7.000,00 € | St. | 42.000,00 € |
| Wandlerschrank Groundcube | 1 | 15.000,00 € | St. | 15.000,00 € |
| UV Wärmepumpe | 1 | 10.500,00 € | St. | 10.500,00 € |
| Wohnungsinstallation | | | | 810.750,00 € |
| Steigleitungen | 3450 | 15,00 € | m | 51.750,00 € |
| Unterverteilungen | 138 | 500,00 € | m | 69.000,00 € |
| Elektroinstallation ab UV | 138 | 5.000,00 € | m | 690.000,00 € |
| PV-Anlage | 295 | 1.200,00 € | kWp | 354.000,00 € |
| Steuerleitungen (PV/MSR) | | | | 14.400,00 € |
| Glasfaser | 900 | 3,00 € | St. | 2.700,00 € |
| CAT 7 simples Outdoor | 900 | 3,00 € | St. | 2.700,00 € |
| NYY 7x2,5 | 900 | 5,00 € | St. | 4.500,00 € |
| NYY 5x4 | 900 | 5,00 € | St. | 4.500,00 € |
| Summe | | | | 2.041.650,00 € |
| Summe ohne Wohnungsinstallation | | | | 1.216.500,00 € |

*1 keine Kosten vom Energieversorger erhalten, evtl. Mittelspannung notwendig

GEWERK HLS



Heizung/Warmwasser/Lüftung/Sanitär

ERGEBNISSE:

- Für die Konzepte wurden Bauteilaufbauten für Effizienzhaus 55 ermittelt → **Effizienzhaus 55** ist möglich

Heizlastabschätzung:

- Referenzgebäude sind Fontanestr. 2, 18 und 21, da diese über einen unterschiedlichen Dämmstandard als auch Gebädekubatur verfügen
- Oberer Grasweg und Mitterweg wurde auf Basis von Fontanestr. 2 ermittelt
- Heizlasten im Bestand und für Effizienzhaus 55 ergaben: 821,6 KW (Bestand) → 260,46 KW (EH 55)

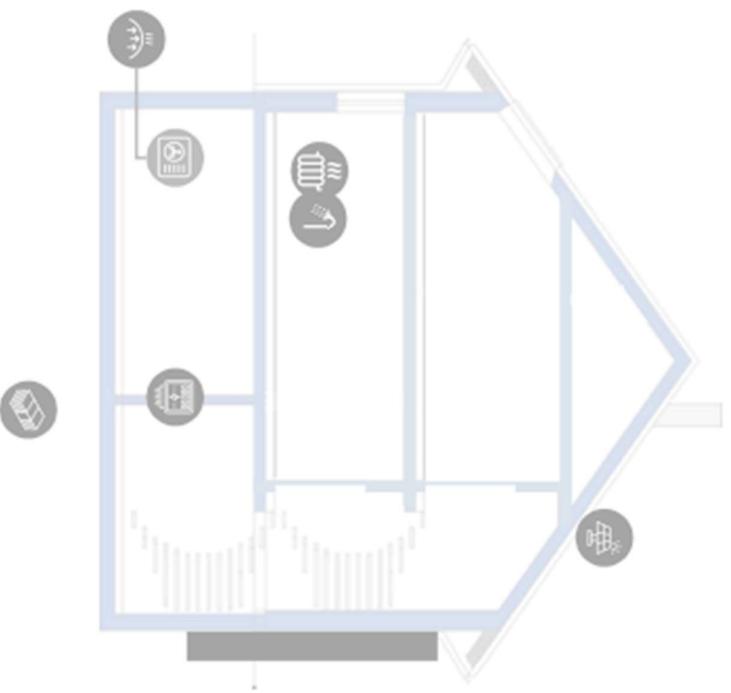
Heizkörperauslegung der einzelnen Räume:

- Ausschließlich auf Basis von Fontanestr. 18
- Im Ist-Zustand sind 22% der Heizkörper bei einer Vorlauftemperatur von 55°C unterdimensioniert

ZU BEACHTEN:

- Die Heizkörperdimensionen der restlichen Wohneinheiten (abgesehen von Fontanestr. 18) zu prüfen

GEWERK E-MOBILITÄT



E-Mobilität

ERGEBNISSE:

- Vorhandenen **Parkplätze** können genutzt werden und **bieten ausreichend Platz für die Errichtung von Ladepunkten**
- **Anschlussbündelung** bzw. Haus- und Quartiersanschluss erst nach Berechnung in der Planungsphase von Seiten der Stadwerke möglich
- Zur Verfügung stehenden **Anschlussleistung** ist bei Quartiersanschluss mittels Lastmanagement möglich
- **Verbindungswege von Leistungsseite an Ladepunkte durch Erdreich**
- **Anbindung an**
 - **Elektro-Seite** erfolgt an den jeweiligen Häusern und/oder im Ground Cube
 - **PV-Seite** erfolgt an den jeweiligen Häusern und/oder im Ground Cube

ZU BEACHTEN:

- Die Prüfung der Verbindungswege an Ladepunkte bzgl. des Baumbestandes erforderlich

GEBÄUDEHÜLLE

KOSTENÜBERSICHT GEBÄUDEHÜLLE

Fontanestraße

Kostenrahmen KG 300
Ingolstadt A
(Fontanestraße 2-18)



| Inhalt | Anzahl | EP | GP |
|--|----------------------|-----------|--------------------|
| Dämmung obere Geschosdecke, Trittleist | 1.201 m ² | 38 € | 46.638 € |
| Kellerdeckendämmung | 1.683 m ² | 34 € | 57.222 € |
| Dämmung TH Kellerwände/Dachboden | 531 m ² | 34 € | 18.054 € |
| Austausch Kellerabenteuer*** | 9 St | 2.200 € | 19.800 € |
| Austausch Kellerfenster (T30) TH | 9 St | 2.200 € | 19.800 € |
| Austausch Hauseingangsür | 9 St | 4.800 € | 43.200 € |
| Erneuerung Wohnungseingangstüren (Zuschlag 30% S/GK)*** | 90 St | 1.190 € | 107.100 € |
| Austausch Türe Dachboden (T30) | 9 St | 2.200 € | 19.800 € |
| Vordächer erneuern | 9 St | 2.000 € | 18.000 € |
| Balkläuse erneuern (Zuschlag 30%) | 9 St | 2.600 € | 23.400 € |
| Hofrasseln inkl. Fenster, Aufmaß/San., Planung (Zuschlag 30% S/GK) | 7.677 m ² | 847 € | 6.505.738 € |
| Vorstellbänke inkl. Schienen Balkone | 90 Stk | 7.000 € | 630.000 € |
| Fensterelbungen innen (Abbruch, Bsputz, Verkleidung) | 90 WE | 625 € | 56.250 € |
| Springerarbeiten | 387 lfm | 280 € | 108.360 € |
| Verlängerung Dachüberstand | 387 lfm | 150 € | 58.050 € |
| Kern, Gerüst, Abbiegerlatte (Zuschlag 30% S/GK) | 1 psch | 97.500 € | 97.500 € |
| Sonstige Maßnahmen, Kellerterrasse, Bewehrungen | 1 psch | 120.000 € | 120.000 € |
| Gesamt netto* | | | 7.965.502 € |

*Alle Angaben sind marktübliche Preise Stand 10/2022, auf Grund der erheblichen Preisschwängungen kann ein Prognose der tatsächlichen Baukosten in 2023 nur über den aktuellen Baukosten Index grob ermittelt werden.
Gem. BSI ist eine Preissteigerung der Baukosten vom 1. Quartal 2022 (Januar) zum 2. Quartal 2022 (Juni) von 51% angegeben. Dieser Wert liegt weit über den üblichen Steigerungen und ist von der aktuellen Verfügbarkeit der Produkte im Erdgeschoss stark abhängig.
**Sonstige Maßnahmen zum Bearbeiten, z.B. Abgang Kellerterrasse, einem Läger / Balkone
*** Thermisch nicht erforderlich, jedoch sinnvoll, Förderung möglich bei Einzelmaßnahmen
**** Thermisch nicht erforderlich und nicht förderfähig, da innerhalb der Thermischen Hülle, jedoch sinnvoll

Kostenrahmen KG 300
Ingolstadt B
(Mitterweg, Oberer Graeweg)



| Inhalt | Anzahl | EP | GP |
|--|----------------------|----------|--------------------|
| Dämmung obere Geschosdecke, Trittleist | 1.350 m ² | 38 € | 51.300 € |
| Kellerdeckendämmung | 1.350 m ² | 34 € | 45.900 € |
| Dämmung TH Kellerwände/Dachboden | 282 m ² | 34 € | 9.588 € |
| Austausch Kellerabenteuer*** | 0 St | 2.200 € | 0 € |
| Austausch Kellerfenster (T30) TH | 6 St | 2.200 € | 13.200 € |
| Austausch Hauseingangsür | 6 St | 4.800 € | 28.800 € |
| Erneuerung Wohnungseingangstüren*** | 48 St | 850 € | 40.800 € |
| Austausch Türe Dachboden (T30) | 6 St | 2.200 € | 13.200 € |
| Vordächer erneuern | 6 St | 2.000 € | 12.000 € |
| Balkläuse erneuern | 6 St | 2.000 € | 12.000 € |
| Hofrasseln inkl. Fenster, Aufmaß/San., Planung (Zuschlag 30% S/GK) | 5.016 m ² | 652 € | 3.269.760 € |
| Vorstellbänke inkl. Schienen Balkone | 48 Stk | 7.000 € | 336.000 € |
| Fensterelbungen innen (Abbruch, Bsputz, Verkleidung) | 48 WE | 625 € | 30.000 € |
| Springerarbeiten | 349 lfm | 280 € | 97.688 € |
| Verlängerung Dachüberstand | 349 lfm | 150 € | 52.350 € |
| Kern, Gerüst, Abbiegerlatte | 1 psch | 75.000 € | 75.000 € |
| Sonstige Maßnahmen, Kellerterrasse, Bewehrungen | 1 psch | 75.000 € | 75.000 € |
| Gesamt netto* | | | 4.152.465 € |

*Alle Angaben sind marktübliche Preise Stand 10/2022, auf Grund der erheblichen Preisschwängungen kann ein Prognose der tatsächlichen Baukosten in 2023 nur über den aktuellen Baukosten Index grob ermittelt werden.
Gem. BSI ist eine Preissteigerung der Baukosten vom 1. Quartal 2022 (Januar) zum 2. Quartal 2022 (Juni) von 51% angegeben. Dieser Wert liegt weit über den üblichen Steigerungen und ist von der aktuellen Verfügbarkeit der Produkte im Erdgeschoss stark abhängig.
**Sonstige Maßnahmen zum Bearbeiten, z.B. Abgang Kellerterrasse, einem Läger / Balkone
*** Thermisch nicht erforderlich, jedoch sinnvoll, Förderung möglich bei Einzelmaßnahmen
**** Thermisch nicht erforderlich und nicht förderfähig, da innerhalb der Thermischen Hülle, jedoch sinnvoll

Kostenrahmen KG 300
Ingolstadt C
(Fontanestraße 21-25)



| Inhalt | Anzahl | EP | GP |
|--|----------------------|----------|--------------------|
| Erneuerung Dachstuhl inkl. Abbruch | 594 m ² | 330 € | 196.020 € |
| Kellerdeckendämmung | 591 m ² | 34 € | 20.094 € |
| Dämmung TH Kellerwände/Dachboden | 78 m ² | 34 € | 2.652 € |
| Austausch Kellerabenteuer*** | 3 St | 2.200 € | 6.600 € |
| Austausch Kellerfenster (T30) TH | 3 St | 2.200 € | 6.600 € |
| Austausch Hauseingangsür | 3 St | 4.800 € | 14.400 € |
| Erneuerung Wohnungseingangstüren (Zuschlag 30% S/GK)*** | 42 St | 1.360 € | 57.120 € |
| Austausch Türe Dachboden (T30) | 0 St | 2.200 € | 0 € |
| Vordächer erneuern | 3 St | 2.000 € | 6.000 € |
| Balkläuse erneuern (Zuschlag 30%) | 3 St | 3.200 € | 9.600 € |
| Hofrasseln inkl. Fenster, Aufmaß/San., Planung (Zuschlag 30% S/GK) | 4.254 m ² | 847 € | 3.604.974 € |
| Vorstellbänke inkl. Schienen Balkone | 42 Stk | 7.000 € | 294.000 € |
| Fensterelbungen innen (Abbruch, Bsputz, Verkleidung) | 42 WE | 625 € | 26.250 € |
| Springerarbeiten | 300 lfm | 280 € | 84.000 € |
| Verlängerung Dachüberstand | 0 lfm | 150 € | 0 € |
| Kern, Gerüst, Abbiegerlatte (Zuschlag 30% S/GK) | 1 psch | 97.500 € | 97.500 € |
| Sonstige Maßnahmen, Kellerterrasse, Bewehrungen | 1 psch | 95.000 € | 95.000 € |
| Gesamt netto* | | | 4.520.897 € |

*Alle Angaben sind marktübliche Preise Stand 10/2022, auf Grund der erheblichen Preisschwängungen kann ein Prognose der tatsächlichen Baukosten in 2023 nur über den aktuellen Baukosten Index grob ermittelt werden.
Gem. BSI ist eine Preissteigerung der Baukosten vom 1. Quartal 2022 (Januar) zum 2. Quartal 2022 (Juni) von 51% angegeben. Dieser Wert liegt weit über den üblichen Steigerungen und ist von der aktuellen Verfügbarkeit der Produkte im Erdgeschoss stark abhängig.
**Sonstige Maßnahmen zum Bearbeiten, z.B. Abgang Kellerterrasse, einem Läger / Balkone
*** Thermisch nicht erforderlich, jedoch sinnvoll, Förderung möglich bei Einzelmaßnahmen
**** Thermisch nicht erforderlich und nicht förderfähig, da innerhalb der Thermischen Hülle, jedoch sinnvoll

KOSTENÜBERSICHT

7:

ANHANG

EINGANGSDATEN - WIRTSCHAFTLICHKEIT

Teilweise annahmebasier¹

Diese wirtschaftlichen Eingangsdaten wurden für die Analyse verwendet

Nettopreise

BETRIEBSKOSTEN

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Strombezug¹ | |
| Arbeitspreis | 23,73 ct./KWh |
| Leistungspreis | 93,47 €/KW a |
| Grundpreis | 861,6 €/a |
| Ferrowärmebezug² | |
| Arbeitspreis | 9,5 ct./KWh |
| Leistungspreis | 20,50 €/KW a |
| CO₂ | |
| CO ₂ -Kosten 2022 | 30 €/t CO ₂ |
| Wartung/Instandhaltung | |
| Anlagen Strom- & Wärmeerzeugung | Ca. 1 % von Invest p.a. |

ERLÖSE

| | |
|---|-----------------|
| Strom³ | |
| Mieterstrom Arbeitspreis | 36 ct./KWh |
| Mieterstrom Grundpreis | 120 €/ZP p.a. |
| Mieterstromzuschlag | ca. 2-3 ct./KWh |
| Direktvermarktung | ca. 7,5 ct./KWh |
| Wärme⁴ | |
| Verrechnung zu Betriebskosten und je nach Konzept unterschiedlich | |

SONSTIGES

| | | | |
|--------------------|------------|---------------------|----------|
| Inflationsrate | 3,5 % p.a. | Fremdkapital-Anteil | 70 % |
| Diskontierungssatz | 2 % | FK-Zins | 2 % p.a. |
| Projektlauzeit | 20 Jahre | Körperschaftsteuer | 20 % |

¹ Anwendung der Strompreisbremse Industrie (70% 13 ct./KWh zzgl. Netzentgelte & Stromsteuer), 30% 40 ct./KWh | ² Anwendung der Preisbremse für Ferrowärme | 3-90 % des örtlichen Strom-Grundversorgungsstarfs dürfen nicht überschritten werden

BESCHEINIGUNG

über die energetische Bewertung der Fernwärme
gemäß AGFW FW 309 Teile 1,5 Et7. (Version Mai 2021)
für das

Fernwärmenetz

der Stadtwerke Ingolstadt Netze GmbH
in Ingolstadt



Primärenergiefaktor nach FW 309-1:
(§ 22 Absatz 2 GEG)

$f_{P,FW} = 0,00$

Primärenergiefaktor nach Kappung:
(§ 22 Absatz 3 GEG)

$f_{P,FW} = 0,21$
(nach GEG zu verwenden)

Emissionsfaktor nach FW 309-1:
(Anlage 9 GEG)

$f_{CO_2,FW} = 0g/kWh$

Geschäftsführer
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Hansjörg Pfeifer

Umweltgutachter für Strom,
Wärme- und Kälteversorgung
sowie Strom aus erneuerbaren
Energien und Wasserkraft

Öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für elektrische Energie-
versorgung, Energiewirtschaft,
Kraft-Wärme-Kopplung

EVIT GmbH Ingenieur- und
Sachverständigenservice
für Energie-, Versorgungs-
und Informationstechnik

Schleißheimer Straße 180
80797 München
Telefon 089/30 00 60-0
Telefax 089/30 00 60-60
E-Mail info@evitgmbh.de
www.evitgmbh.de

**Anteil an in Kraft-Wärme-Kopplung
erzeugter Wärme:**

69,8 %

**Anteil an in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugter
Wärme inklusive des Anteils an reiner Abwärme
bzw. Abhitze gemäß § 22 GEG:**

88,5 %

Datenbasis: 01.01.2014 bis 31.12.2016
umfasst Planungsdaten: nein
gültig bis: 13.07.2027

erstmalig ausgestellt am: 14.07.2017
von: Josef-Martin Neiß
neu ausgestellt am: 14.07.2021
(nach FW 309-7:2021, Abschnitt 6)
von: Josef-Martin Neiß

München, den 14.07.2021

EVIT GmbH Ingenieur- und Sachverständigenservice
für Energie-, Versorgungs- und Informationstechnik

Dipl.-Ing. Josef-Martin Neiß
fp-Gutachter-Nr.: AGFW FW 609-264

Symboldarstellung



Legende zu den graphischen Darstellungen der Dekarbonisierungskonzepte

- | | | | |
|---|--------------------|---|---------------------------|
|  | PV-Anlage |  | Unterstationen |
|  | Ground Cube |  | Elektr. Schichtenspeicher |
|  | Nahwärmenetz |  | Fernwärmeanschluss |
|  | Sole-Leitungen |  | High-Energy-Poles |
|  | Abluft-Wärmepumpen |  | Wärmepumpe |
|  | Übergabestationen | | |