

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

Integriertes Quartierskonzept Ingolstadt-Nordwest (Alban-Berg-Str.)

der

Stadt Ingolstadt

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

vom 27. Februar 2023



Stadt Ingolstadt

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
GRUNDLAGEN DES ENERGIEKONZEPTS DER LIEGENSCHAFT	6
AKTUELLES ENERGIEKONZEPT	7
MAßNAHMEN ZUR EINSPARUNG VON NUTZENERGIE	7
6. <u>MAßNAHMEN ZUR SANIERUNG DER ENERGIEERZEUGUNG BZW. -BEREITSTELLUNG.....</u>	7
DACH-PHOTOVOLTAIK	8
DEKARBONISIERUNGSKONZEPT 1.....	9
DEKARBONISIERUNGSKONZEPT 2.....	10
DEKARBONISIERUNGSKONZEPT 3.....	12
7. <u>ABWÄGEN DER MODERNISIERUNGSKONZEPTE</u>	13
TECHNISCHE ANALYSE.....	13
ÖKOLOGISCHE ANALYSE	14
WIRTSCHAFTLICHE ANALYSE.....	15
ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG DER SZENARIEN	16
8. <u>OPTIMIERUNG DES KONZEPTS 3</u>	17
MODERNISIERUNGSKONZEPT 3.1	17
MODERNISIERUNGSKONZEPT 3.2	18
TECHNISCHE UND ÖKOLOGISCHE ANALYSE DER VARIANTEN VON KONZEPT 3	18
WIRTSCHAFTLICHE ANALYSE DER VARIANTEN VON KONZEPT 3	19
DIREKTVERGLEICH DER DREI VARIANTEN VON KONZEPT 3	20
9. <u>HINZUNAHME VON LADESÄULEN FÜR ELEKTROMOBILITÄT</u>	20
10. <u>ABWÄGEN DES BATTERIESPEICHEREINSATZES.....</u>	21
11. <u>ZUSAMMENFASSUNG DES MODERNISIERUNGSKONZEPTS.....</u>	22
12. <u>GESAMTENERGIEBILANZ QUARTIER ALBAN-BERG-STRAÙE.....</u>	23

13. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	25
14. MAßNAHMEN ZUR KLIMAAANPASSUNG DURCH GRÜNE INFRASTRUKTUR.....	26
15. UMSETZUNGSFAHRPLAN	27
DETAILPLANUNGSPHASE.....	28
REALISIERUNGSPHASE.....	29
LAUFENDER BETRIEB	29
MAßNAHMENKATALOG.....	30
MAßNAHMEN ZUR ERFOLGSKONTROLLE.....	30
UMSETZUNGSHEMMNISSE	30
KLIMASCHUTZZIELE	31

1. Angaben zum Stadtteil, Quartier und zu den Akteuren

Ingolstadt Nordwest ist mit 18.169 Einwohnern der zweitbevölkerungsreichste Stadtbezirk in Ingolstadt. Einen beträchtlichen Teil des Bezirks nimmt im Nordosten das Betriebsgelände der Audi AG ein. Es ist umgeben von den Stadtteilen Friedrichshofen, Mitte, Nordost und Etting. Im Nordwesten grenzt der Stadtteil an Gaimersheim.



Abbildung 1: Übersicht des Stadtteils Nordwest sowie den umliegenden Stadtteilen

Nordwest, auch Piusviertel genannt, ist ein diverser Stadtteil – ein Drittel der Einwohner hat einen Migrationshintergrund. 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. Somit ist es für Menschen im Arbeitsalter besonders interessant. Zudem gibt es dort mehrere Kindergärten, eine Grundschule, eine Mittelschule, sowie wie eine internationale Schule, wodurch Nordwest auch für Familien attraktiv ist. Die Technische Hochschule Ingolstadt befindet sich im angrenzenden Stadtteil Altstadt. Im Südosten des Stadtteils schließt der Hindenburgpark an, der einen grünen Ring um die Altstadt zieht, die ebenfalls an Nordwest anschließt. Durch das große Gewerbegebiet ist Nordwest nicht besonders grün, nur der Nordfriedhof und ein Spielpark bieten Grünflächen. Insgesamt ist die Lage in der Stadt als sehr zentral zu bezeichnen, das Piusviertel ist verkehrlich gut angebunden, es gibt kurze Wege zu wichtigen Arbeitgebern, zur

Nahversorgung, Klinikum und Schulen. Ein großer Gewinn für das Gebiet wird der später öffentliche Park der Landesgartenschau 2020 (verlegt auf 2021) sein. In den 80er und 90er Jahren wurde das Piusviertel zum sozialen Brennpunkt der Stadt, weshalb es im Jahr 1999 in das Programm „Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf – die soziale Stadt“ aufgenommen wurde. 2016 wurde es erneut in das Förderprogramm Soziale Stadt aufgenommen, wodurch diverse bauliche Maßnahmen ermöglicht wurden.



Abbildung 2: Abgrenzung und Einteilung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Stadtteil Nordwest. Das Quartier „Alban-Berg-Straße“ (im Folgenden: das Quartier) umfasst 276 Wohneinheiten, welche sich auf ca. 18.465 m² Wohnfläche erstrecken. Zum Quartier gehören die Gebäude der Alban-Berg-Str. 1-11 (87 Wohneinheiten), Alban-Berg-Str. 13-23 (93 Wohneinheiten), Richard-Strauss-Str. 23-27 (42 Wohneinheiten), und die der Richard-Strauss-Str. 23-35 (54 Wohneinheiten). Das gesamte Quartier befindet sich im Eigentum des Wohnbauunternehmens GWG Ingolstadt GmbH (im Folgenden: GWG).

2. Beschreibung der energetischen und städtebaulichen Ausgangssituation

Im Untersuchungsgebiet besteht ein insgesamt hoher Bedarf an thermischer und elektrischer Energie. Die Errichtung der Wohngebäude erfolgte in den Jahren 1980-1984. Der aktuelle CO₂-Fußabdruck des Quartiers beläuft sich auf ca. 47 kg CO₂eq/m² Wohnfläche. Die aktuelle Wärmeversorgung des Quartiers erfolgt über drei Gaskessel der Baujahre 1980, 2006 und 2012 mit einer Gesamtleistung von 1.684 kW. Das Quartier hatte im Jahr 2020 einen Endenergieverbrauch für die Wärmeversorgung (Raumwärme und Trinkwarmwasser) von

3.626 MWh. Ein professionelles Energiemonitoring erfolgt allenfalls teilweise. Es werden erhebliche Effizienzpotenziale im Bereich des Monitorings vermutet. Die Stromversorgung erfolgt bislang konventionell, die Mobilität erfolgt i.d.R. durch Individualverkehr.

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 dieser Basis zunächst eine umfangreiche Treibhausgas- und Energiebilanzierung durchgeführt werden. Mit den Daten können dann im Rahmen einer Potenzialanalyse technische und wirtschaftliche Potenziale herausgearbeitet werden und Szenario-Rechnungen für verschiedene Ereignisse durchgeführt werden. Ausgehend vom qualitativen und quantitativen Status quo sollen dann Klimaschutzmaßnahmen erarbeitet und umgesetzt werden. 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 Kontext 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

Eine spezifische Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, der Beachtung naturschutzfachlicher Zielstellungen sowie der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden in der Alban Berg Straße in Ingolstadt bietet ein anschauliches Beispiel für die Integration von Umwelt- und Naturschutzzielen in das städtische Gefüge. Dieser Ansatz spiegelt das Bestreben wider, urbane Entwicklung nachhaltig zu gestalten und die Lebensqualität für die Bewohner zu verbessern, während gleichzeitig ökologische Funktionen und Biodiversität gefördert werden.

Grünflächen an der Alban Berg Straße

Grünflächen entlang der Alban Berg Straße tragen zu einem angenehmen städtischen Mikroklima bei, bieten Raum für Erholung und fördern die lokale Biodiversität. Die sorgfältige Pflege dieser Bereiche, einschließlich der Auswahl einheimischer Pflanzenarten, dient nicht nur ästhetischen Zwecken, sondern unterstützt auch ökologische Funktionen wie den Schutz von Bestäubern und die Schaffung von Lebensräumen für städtische Wildtiere. Eine regelmäßige Bestandsaufnahme dieser Grünflächen hilft dabei, deren Zustand zu überwachen und gegebenenfalls Pflege- oder Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten.

Natürliche Kühlungsfunktion der Böden

Die Berücksichtigung der natürlichen Kühlungsfunktion der Böden ist besonders während der Sommermonate von großer Bedeutung. Unversiegelte Flächen entlang der Alban Berg Straße tragen durch Verdunstung zur Abkühlung der Luft bei und mindern so die Auswirkungen von Hitzeinseln in städtischen Gebieten. Die Förderung durchlässiger Oberflächenmaterialien und die Erhaltung offener Bodenflächen sind wesentliche Bestandteile der städtischen Planung, um dieses natürliche Potenzial zu nutzen.

Die Bestandsaufnahmen und Maßnahmen in der Alban Berg Straße in Ingolstadt verdeutlichen, wie durch integrierte Planungsansätze eine Balance zwischen städtischer Entwicklung und dem Erhalt sowie der Förderung ökologischer Funktionen und Biodiversität erreicht werden kann. Solche Ansätze sind essenziell, um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen und eine nachhaltige Zukunft für städtische Räume zu gestalten.

	Quartier Alban-Berg-Straße
Gesamtfläche	25.610 m ²
Fläche versiegelt, bebaut	9.400 m ²
Grünflächen, unbefestigte Wege	16.210 m ²
davon Blühwiese	0 m ²
Retentionsflächen	0 m ²
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 unter 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. Anschließend kann das Vorgehen als Blaupause für weitere Entwicklungsvorhaben dienen.

Im Quartier sollen nun die bereits identifizierten Potentiale erprobt und validiert werden. Hierzu 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 den Einsatz von energieeffizienten und erneuerbare Technologien.

Fragen der Nachhaltigkeit, steigende Stromnebenkosten, sinkende Gestehungskosten für Strom aus erneuerbaren Quellen, belastete Stromnetze und dergleichen erfordern 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 wird bei der Erstellung des integrierten Quartierskonzepts wie nachfolgend dargestellt vorgegangen. Dabei werden 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 ist 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. Das Konzept wird Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen ebenso zu benennen haben, wie einen Zeit- und Umsetzungsplan und Kriterien der Erfolgskontrolle.

5. Statusanalyse und Datenerhebung

Zu Beginn wurde der Status Quo des Energieverbrauchs der Liegenschaft 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.

Grundlagen des Energiekonzepts der Liegenschaft

Im Rahmen der Begehung der Liegenschaft wurde die Gebäudehülle aufgenommen, sowie das Dach und einzelne Wohnungen begangen. Hierbei wurden neben der Beschaffenheit der Außenhüllen auch Typ und Größe der Heizkörper ermittelt. Das Quartier besteht aus insgesamt 19 Gebäuden mit Baujahren zwischen 1980 und 1983, in welchen sich insgesamt 276 Wohneinheiten mit einer kumulierten Wohnfläche von 18.465 m² befinden.

Die Außenhüllen eignen sich aufgrund der Geometrie, Balkone und Konstruktion der Gebäude nicht für eine serielle Gebäudehüllensanierung. Somit wird aus wirtschaftlichen Gründen eine Sanierung der Gebäudehüllen nicht tiefergreifend betrachtet. Aufgrund der Wärmeverluste über die Außenhüllen ist ein Wärmepumpeneinsatz nur dann plausibel, wenn diese ihre Wärme aus Sole beziehen und somit im Hochtemperaturbereich arbeitet, um dem hohen Wärmebedarf gerecht zu werden. Aktuell werden die Gebäude durch drei Gaskessel über ein Nahwärmenetz versorgt.

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 entstehenden Energiebedarf zulässt.

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 Wärmepumpen mit Strom versorgen und so die Energiekosten der Mieter und die Emissionen reduzieren.

Aktuelles Energiekonzept



Abbildung 3: Aktuelles Wärmeversorgungskonzept Alban-Berg-Straße

Im Durchschnitt wurden für den Betrieb der Wohngebäude in den Jahren 2018-2020 jährlich 196 kWh/m² aufgewendet. Von diesen wurden durchschnittlich mit 147 kWh/m² etwa zwei Drittel der Energie für die Wärmeversorgung aufgewendet. Das aktuelle Energiekonzept ist in Abb. 3 graphisch dargestellt. Die Wärmeversorgung erfolgt im Status Quo über einen zentralen Gaskessel in der Alban-Berg-Straße 1, welcher über ein Nahwärmenetz mit den anderen Gebäuden der Liegenschaft verbunden ist. In diesen befinden sich Unterstationen, welche die Wärme an die einzelnen Wohnungen in den Gebäuden verteilen. Durch das Heizen mit Erdgas entstehen jährlich 870 t CO₂.

Die Liegenschaft bezieht den Strom aus dem Netz, weshalb die Mieter Fluktuationen am Strommarkt ausgesetzt sind, ggf. hohe Preise für den Strom bezahlen müssen und auf Strom angewiesen sind, welcher nicht nachhaltig produziert wurde.

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. Da die Gebäudehüllen wie zuvor erläutert keine serielle Sanierung zulässt, ist eine verbesserte Dämmung der Hülle nicht wirtschaftlich. Die Verteilung der Heizwärme erfolgt aktuell über ein sehr ineffizientes Nahwärmenetz, in welchem laut der Bestandsaufnahme 25% der Wärmeenergie verloren gehen. Die Modernisierung des Nahwärmenetzes oder das Wählen eines anderen Wärmeversorgungskonzepts ermöglicht eine Reduktion der aufzuwendenden Primärenergie.

6. Maßnahmen zur Sanierung der Energieerzeugung bzw. -bereitstellung

Ziel des Konzepts ist es, eine nachhaltige Dekarbonisierung der Liegenschaften 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 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. Bei Flachdächern ist nicht davon auszugehen, dass es in Wohngebieten ohne hohe Bauten in der Umgebung und etwaige Flughäfen in der Nähe zu einer relevanten Blendungswirkung kommen kann, welche einem Bau von Photovoltaik im Weg stünde. Somit bestehen für den Bau der PV-Anlage keine baurechtlichen Bedenken.

Um den Eigenverbrauch des PV-Stroms zu erhöhen, wurde sich für eine Ost/West-Ausrichtung der Module entschieden. Dies sorgt dafür, dass morgens und abends höhere Erträge zur Verfügung stehen, wofür jedoch auf einen Teil der Erträge zu den Mittagsstunden verzichtet wird. Morgens und abends steigen die Verbräuche an, sodass durch die Ost/West-Ausrichtung trotz eines geringeren Stromertrags eine höhere Wertschöpfung ermöglicht wird.

Auf den Dachflächen lassen sich laut geplanter Auslegung folgende Leistungen an Photovoltaik installieren:

Auf dem nördlichen Gebäude der Anlage mit den Hausnummern Alban-Berg-Straße 13-23 können 134,46 kWp installiert werden. Das Gebäude südlich hiervon mit den Hausnummern 1-11 bietet genug Platz für eine Leistung von 128,70 kWp. Die beiden Gebäude in der Alban-Berg-Straße sollen über die 20 Jahre hinweg einen durchschnittlichen Ertrag von 860 kWh/kWp ermöglichen. Auf den Gebäuden der Richard-Strauß-Straße 23-35 kann insgesamt eine Leistung von 148,8 kWp verbaut werden. Hier wird davon ausgegangen, dass auf diesen Flächen jährlich etwa mit 891 Volllaststunden zu rechnen ist.

Insgesamt sind für die Dachflächen dieser Liegenschaft also 412,05 kWp an Aufdach-PV-Anlagen mit Ost/West-Ausrichtung geplant, welche jährlich etwa 359.148 kWh Strom produzieren. Nähere Informationen zum Gewerk Photovoltaik können Anhang 1 entnommen werden.

Dekarbonisierungskonzept 1

Im ersten Konzept sollen die bestehenden Gaskessel durch Sole-/Wasser-Wärmepumpen mit Geothermie als Wärmequelle ersetzt werden. Die Hochtemperatur-Wärmepumpen ermöglichen trotz der hohen Wärmeverluste eine ausreichende Wärmeversorgung der Gebäude und können zusätzlich zur Warmwasser-Aufbereitung beitragen (vgl. Abb. 4). Die Legende der Anlagensymbole befindet sich in Anhang 10.

Als Wärmequelle für die Wärmepumpen fungieren 39 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. 5). Die Bohrtiefe in Verbindung mit der hohen Wärmeentzugsleistung ermöglicht die Verwendung der Erdwärme bei einem geringen Flächenbedarf.

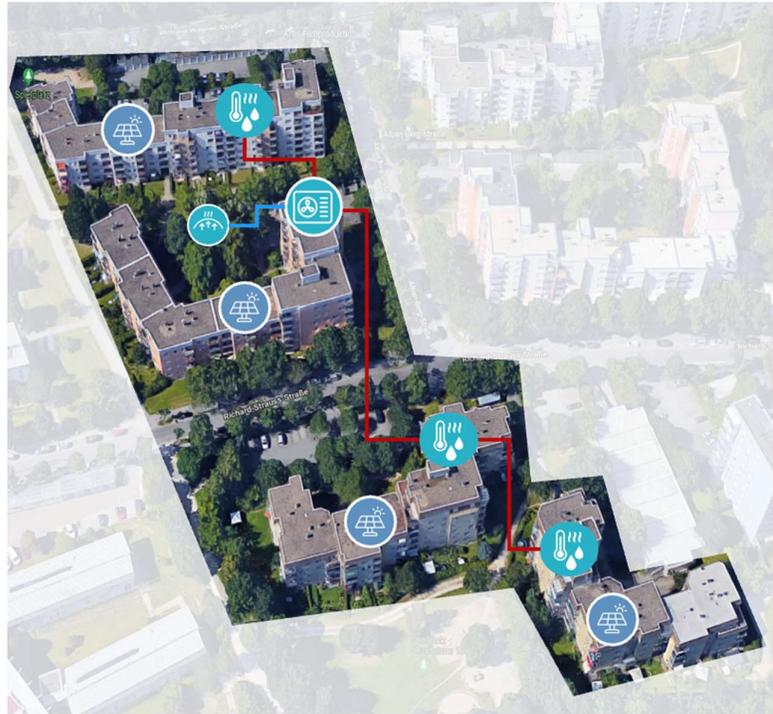


Abbildung 4: Graphische Darstellung des ersten Dekarbonisierungskonzepts

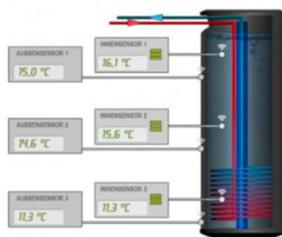


Abbildung 5: Darstellung eines High-Energy-Poles

Mit den HEPs lässt sich eine Jahresarbeitszahl von 4-4,5 ermöglichen, sodass die Wärmebereitstellung unter geringem Stromeinsatz erfolgt. Die Bohrungen erfordern eine tiefgreifende Vorerkundung. Die HEPs sollen in Verbindung mit dem PV-Strom den Betrieb der Wärmepumpen möglichst kosteneffizient gestalten und die verursachten Emissionen geringhalten. Die aufwändige Vorerkundung in Verbindung mit der benötigten Bohrung führen hohe Kosten mit sich, welche einer wirtschaftlich positiv zu bewertender Umsetzung entgegenstehen können.

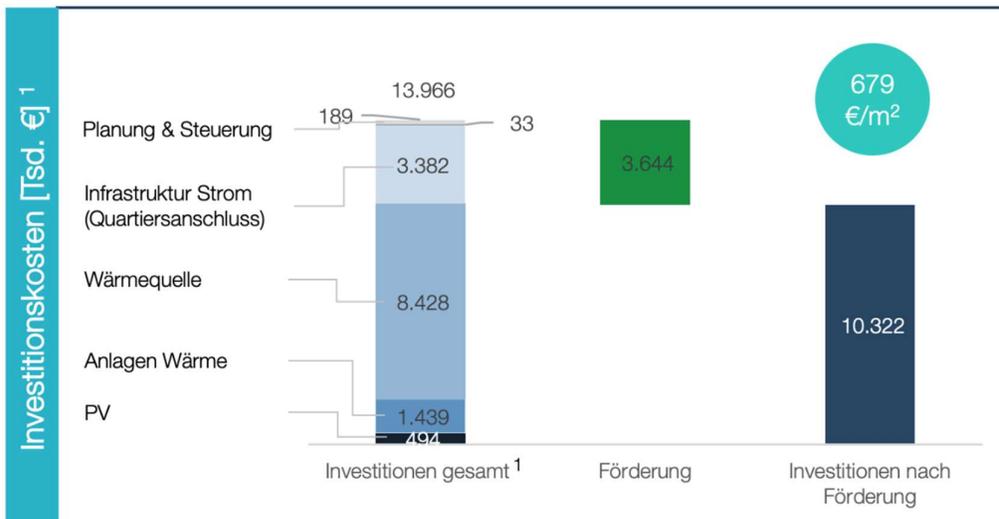


Abbildung 6: Investitionskosten des Dekarbonisierungskonzepts 1

Insgesamt beläuft sich die Investitionssumme für die Modernisierung nach diesem Modell voraussichtlich auf 13,97 Mio. € (vgl. Abb. 6). Nach Abzug der Förderungen in Höhe von 3,64 Mio. € verbleiben 10,32 Mio. €, welche durch die GWG Ingolstadt bereitzustellen sind. Teilt man diesen Betrag durch die Wohnfläche, so betragen die Kosten ca. 679 €/m².

Dekarbonisierungskonzept 2

Das zweite Modernisierungskonzept basiert auf denselben Technologien wie das oben erwähnte. Auch in diesem Konzept wird die Wärme für die Heiz- und Warmwassererzeugung durch Hochtemperatur-Sole/Wasser-Wärmepumpen bereitgestellt. Durch das Zubauen von zwei neuen Heizzentralen können jedoch die Verluste des Nahwärmenetzes reduziert werden, sodass voraussichtlich nur noch 30 HEPs notwendig sind, um die benötigte Wärmeenergie zur Verfügung zu stellen. Der PV-Strom soll in diesem Konzept genauso wie im ersten primär für die Wärmepumpen, Allgemein- und Mieterstrom verwendet werden. Die Beibehaltung der



Abbildung 7: Graphische Darstellung des zweiten Modernisierungskonzepts

bestehenden Heizzentrale, sowie der Verzicht auf neun HEPs ermöglicht eine Reduzierung der Investitionskosten nach Förderung auf etwa 9,06 Mio. € (vgl. Abb. 8).

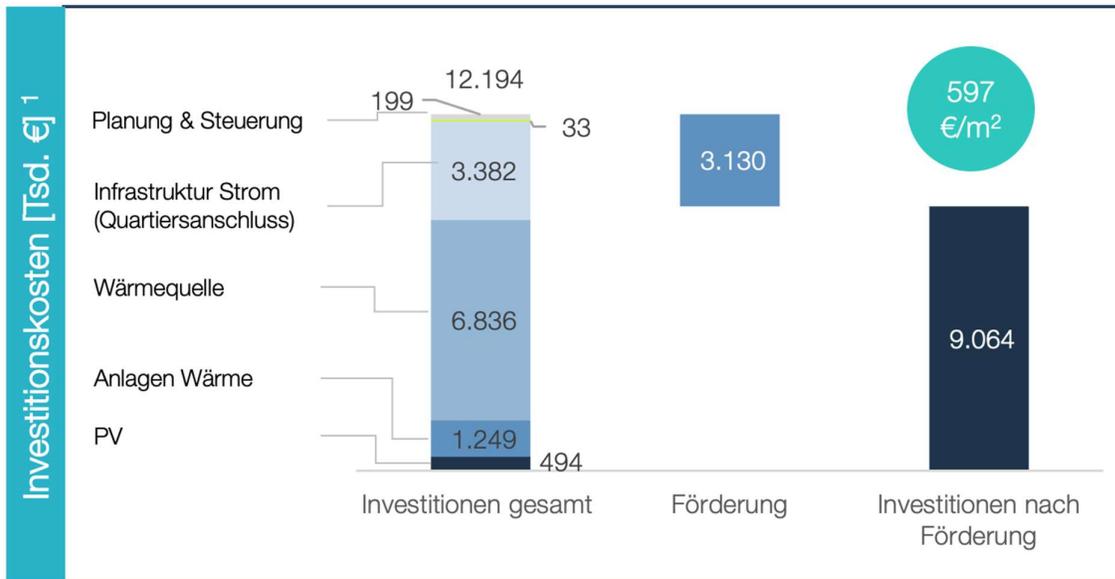


Abbildung 8: Investitionskosten Modernisierungskonzept 2

In diesem Modernisierungskonzept wird die benötigte Technik für die Wärmeerzeuger & -speicher in sogenannten „Ground Cubes“ untergebracht. Ground Cubes sind Betonkuben, welche unterirdisch verbaut und als neue Energiezentrale genutzt werden können. Dies ermöglicht eine platzsparende Auslagerung der Energietechnik, indem Anlagen, Speicher & Anschlüsse unterirdisch verbaut werden. (vgl. Abb. 9).



Abbildung 9: Graphische Darstellung eines "Ground Cubes"

Dekarbonisierungskonzept 3

Das dritte Modernisierungskonzept besteht darin, die Liegenschaft an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Ingolstadt anzuschließen. 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. Tiefgreifende Informationen zur energetischen Bewertung der Fernwärme der SWI können Anhang 10 entnommen werden. Das Energiekonzept ist in Abbildung 10 graphisch dargestellt.

Auf diesem Wege würde das Projekt direkt von den Bemühungen der Stadt Ingolstadt profitieren, welche eine klimaneutrale Zukunft zum Ziel haben. Zwei Ground Cubes sollen in diesem Konzept zusätzlich elektrische Schichtenspeicher beherbergen, in welchen der überschüssige, billige PV-Strom in Wärme umgewandelt wird und zu einem späteren Zeitpunkt nutzbar macht. Auf diesem Weg lässt sich der Eigenverbrauch erhöhen. Durch den elektrischen Schichtenspeicher wird ermöglicht, dass überschüssiger Strom später für die Energieversorgung der Liegenschaft verwendet werden kann.



Abbildung 10: Graphische Darstellung des dritten Dekarbonisierungskonzepts

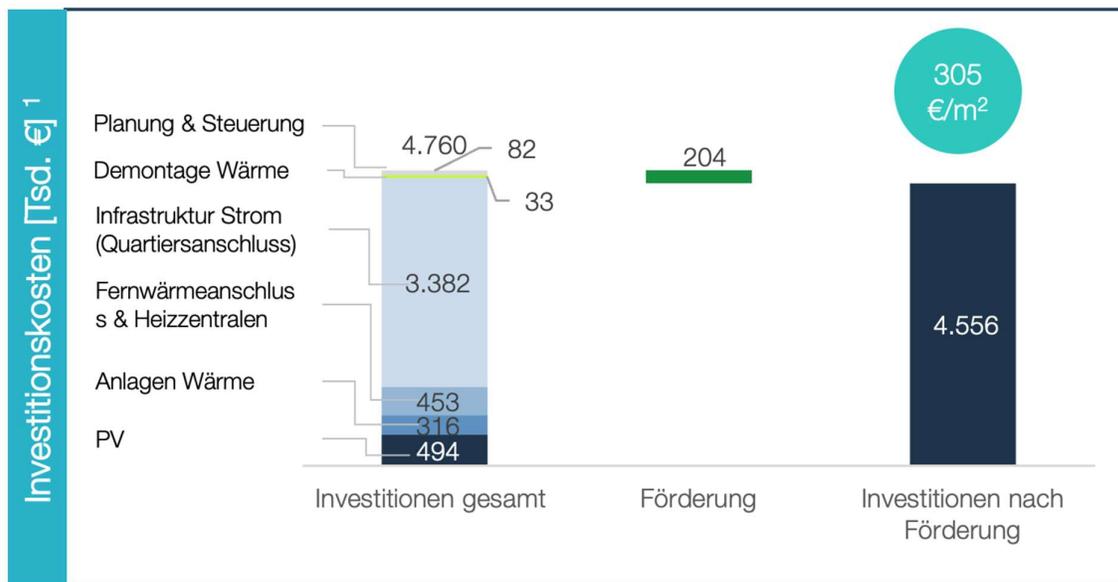


Abbildung 11: Investitionskosten des Dekarbonisierungskonzepts 3

Für das dritte Dekarbonisierungskonzept fällt die Investitionssumme in Höhe von ca. 4,56 Mio.€ geringer aus, da eine bereits bestehende Wärmequelle und deren Infrastruktur verwendet werden kann (vgl. Abb. 11).

7. Abwägen der Modernisierungskonzepte

Mithilfe einer Simulationssoftware wurden nun die verschiedenen Konzepte anhand relevanter Kennzahlen miteinander verglichen werden. Die Software simuliert die Energieflüsse der Liegenschaft unter Voraussetzung der drei zuvor erläuterten Konzepte und ist in der Lage, aus diesen Informationen wichtige technologische, wirtschaftliche & ökologische Kennzahlen abzuleiten. Im Rahmen der Simulation werden alle Energieflüsse der Erzeugung und des Verbrauchs stundenscharf über ein ganzes Jahr in 8.760 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 der Erfahrungen wird der Wirtschaftlichkeitsberechnung 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 sinken.

Technische Analyse

In Abb. 12 sind die technischen Simulationsergebnisse dargestellt. Bei jedem der drei Konzepte ist die erzeugte Strommenge dieselbe, da unabhängig von Konzept dieselbe Menge an PV-Modulen verbaut wird. Auch der Allgemeinstrom und der Strombedarf der Mieter unterscheidet sich nicht. In allen drei Konzepten steigt durch die Sektorenkopplung von Strom und Wärme der Strombedarf. Durch die hohen Verluste des Nahwärmenetzes ist der Strombedarf in Konzept 1 besonders hoch. Da der elektrische Schichtenspeicher in Konzept 3

überschüssige Energie auch zu einem späteren Zeitpunkt nutzbar macht, liegt der Eigenverbrauch des Stroms hier bedeutend höher als in den anderen beiden Konzepten, obwohl insgesamt bedeutend weniger Strom verbraucht wird. Im Umkehrschluss muss ein Großteil des Strombedarfs der Wärmepumpen über das Netz bezogen werden, da diese besonders in den kalten Wintermonaten viel Arbeit leisten müssen, während weniger Solarstrom produziert werden kann. Während in den ersten beiden Konzepten der gesamte Wärmebedarf über Wärmepumpen in Verbindung mit Geothermie gedeckt wird, wird in Konzept 3 90% der benötigten Wärmeenergie über das Fernwärmenetz bezogen, während 10% der Wärmemenge über elektrische Schichtenspeicher zur Verfügung gestellt wird.

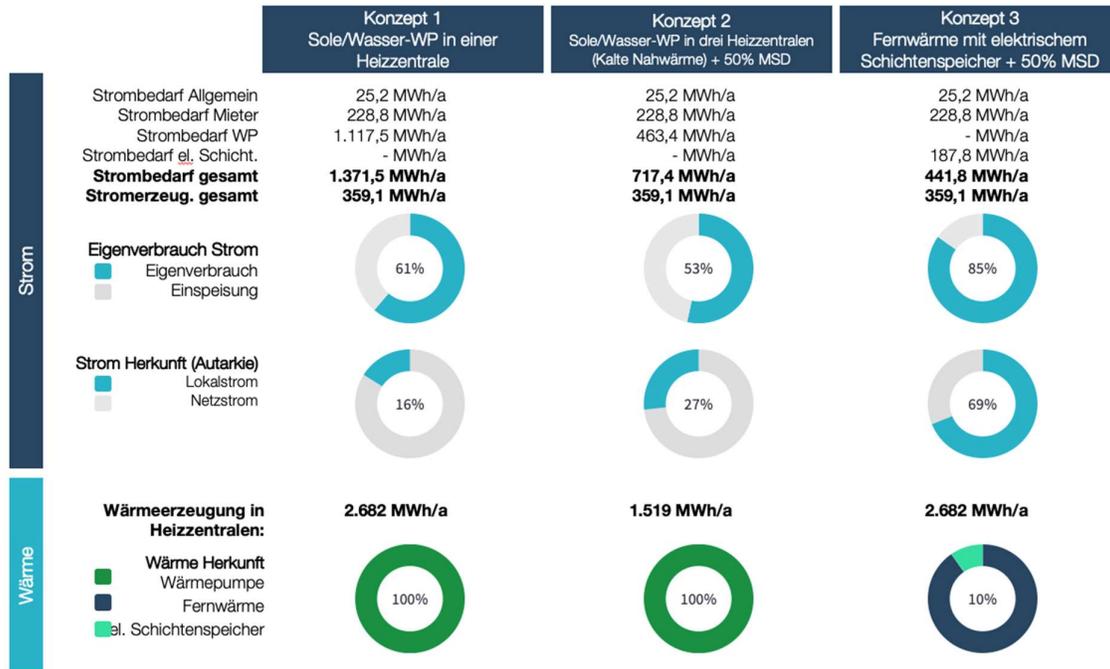


Abbildung 12: Technische Analyse der drei Dekarbonisierungskonzepte

Ökologische Analyse

Neben den positiven Folgen für die Umwelt wird es aufgrund der CO₂-Steuer auch aus wirtschaftlichen Gründen relevant sein, dass Liegenschaften möglichst geringe Emissionen ausstoßen. Die Ergebnisse der ökologischen Analyse können Abbildung 13 entnommen werden.

CO₂-Emissionen Wärme



Beschreibung

- Alle drei untersuchten Konzepten reduzieren den CO₂-Ausstoß enorm und kommen lokal ohne fossile Energieträger aus
- Das mittlerweile verabschiedete Stufenmodell sieht eine Kostenteilung der CO₂-Kosten vor. Im Status-Quo müssten 70-80% der CO₂-Kosten der Mieter übernommen werden.
- Durch die Modernisierungskonzepte könnten diese drohenden Kosten **komplett vermieden** werden: entweder aufgrund von lokal CO₂-freier Erzeugung oder der (aktuell) CO₂-freien Fernwärme

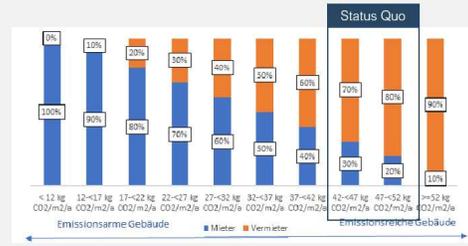


Abbildung 13: Analyse der Ökologischen Kennwerte

Aktuell werden für den Betrieb der Liegenschaft 47 kg/m² emittiert. Bei allen Konzepten wird dieser Ausstoß beträchtlich reduziert. Aufgrund des hohen Anteils an netzbezogenem Strom an der Bereitstellung der Wärmeenergie begründen sich die CO₂-Emissionen in den ersten beiden Konzepten. Konzept 3 ist aufgrund der ausschließlichen Nutzung von klimaneutraler Fernwärme und des eigens produzierten PV-Stroms in der Wärmebereitstellung klimaneutral. Dies kann sich in Zukunft theoretisch ändern, falls eine neue Wärmequelle an das Fernwärmenetz der SWI angeschlossen wird. Aufgrund der Tatsache, dass das Fernwärmenetz ein Fokuspunkt der Stadt Ingolstadt auf dem Weg zur Klimaneutralität ist, kann auch Zukunft damit gerechnet werden, dass die Wärmequellen der Fernwärme klimafreundlich bleiben. Aufgrund eines Ausstoßes unter 12 kg CO₂/m² sind die CO₂-Kosten in Konzept 2 und 3 ausschließlich durch den Mieter zu tragen, während in Konzept 1 etwa 30% dieser Kosten auf den Vermieter zurückfallen. Für alle Konzepte gilt wiederum: bei Ökostrombezug der nötigen Reststrommenge fallen keine Emissionen im Betrieb der Liegenschaften an.

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.

Mithilfe der Simulationssoftware können die Energieflüsse stundenscharf über ein gesamtes Jahr berechnet werden. Auf diesem Weg wird eine Abschätzung der Cashflows über ein Jahr hinweg ermöglicht, welcher wiederum eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Modernisierungskonzepte erlaubt. In den Konzepten 1 und 2 fallen aufgrund der hohen Kosten, welche mit der Installation von High Energy Poles einhergehen etwa doppelt so hohe Investitionskosten an wie in Konzept 3. Zusätzlich bietet Modernisierungskonzept das höchste EBITDA, sodass es mit Abstand das Wirtschaftlichste ist. Zusätzlich ist Konzept 3 das einzige,

welches sich über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren refinanziert und im Rahmen dessen ein Nettobarwert von etwa 187.000 € erwirtschaftet werden kann (vgl. Abb. 14).



Abbildung 14: Analyse der wirtschaftlichen Kennwerte

Abschließende Bewertung der Szenarien

In Abb. 15 werden die Ergebnisse der zuvor erläuterten Analysen zusammenfassend dargestellt. 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 Sole-WP in einer Heizzentrale	Konzept 2 Sole/Wasser-WP in drei Heizzentralen	Konzept 3 Fernwärme & el. Schichtenspeicher
CO ₂ -Reduktion	Auf ca. 49 % (ca. 23 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ●	Auf ca. 17 % (ca. 8 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ●	Auf ca. 0 % (ca. 0 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ●
Investitionsbedarf nach Förderungen (inkl. Planung)	Absolut: 10,3 Mio. € Spezifisch: 670 €/m ² ●	Absolut: 9,1 Mio. € Spezifisch: 590 €/m ² ●	Absolut: 4,6 Mio. € Spezifisch: 295 €/m ² ●
Wirtschaftlichkeit	Nettobarwert: -2.271 T€ ●	Nettobarwert: -1.535 T€ ●	Nettobarwert: 187 T€ ●
Mieter-/Nutzerkosten	Wärmekosten: ca. 1,45 €/m ² Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ●	Wärmekosten: ca. 0,60 €/m ² Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ●	Wärmekosten: ca. 1,48 €/m ² Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ●
Weitere qualitative Einschätzungen	<ul style="list-style-type: none"> Komplett dezentrales Konzept ohne Unabhängigkeiten von Dritten Große infrastrukturelle Maßnahmen notwendig um Hochtemperatur-Anforderungen gerecht zu werden 	<ul style="list-style-type: none"> Komplett dezentrales Konzept ohne Unabhängigkeiten von Dritten Durch Vermeidung von Verlusten im alten Nahwärmenetz werden Nutzerkosten nachhaltig gesenkt 	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Aber: Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter gegeben, auch im Hinblick auf die CO₂-Emissionen der Fernwärme

● Empfehlung zur weiteren Betrachtung

Abbildung 15: Direktvergleich der Modernisierungskonzepte

Der Direktvergleich zeigt, dass Modernisierungskonzept 1 in keiner der betrachteten Kategorien großen Anreize schafft. Im Direktvergleich zwischen Konzept 2 (Sole-Wasser-

Wärmepumpe mit drei Heizzentralen) und Konzept 3 (Fernwärme und elektrischer Schichtenspeicher) birgt Konzept 3 die Vorteile, dass durch die Modernisierung basierend auf den getroffenen Annahmen über den Zeitraum von 20 Jahren ein Gewinn erwirtschaftet werden kann, während der Betrieb der Liegenschaft bilanziell klimaneutral ist. Diese Vorteile haben in der Abwägung eine höhere Relevanz als die geringeren Heizkosten für die Mieter, da sich diese mithilfe einer Abänderung des Konzepts weiter senken lassen und bereits eine Kostenreduktion von 2,40€/m²/Monat im Status quo auf 1,48€/m²/Monat erfolgen würde. Durch den Anschluss an das Fernwärmenetz besteht künftig eine Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter, besonders bezogen auf die CO₂-Emissionen, welche durch den Einsatz anderer Wärmequellen als der aktuell verwendeten Abwärme schwanken können. Es ist jedoch davon auszugehen, dass das Fernwärmenetz als essenzieller Teil des Klimakonzepts der Stadt Ingolstadt auch in Zukunft durch nachhaltige und emissionsarme Wärmequellen gespeist wird.

Aus diesen Gründen wurde im nächsten Schritt vertieft auf Konzept 3 eingegangen mit dem Ziel, die Modernisierungspläne durch Abänderungen des Grundkonzepts weiter zu optimieren.

8. Optimierung des Konzepts 3

Um zu gewährleisten, dass das Modernisierungskonzept die gegebenen Potentiale möglichst effizient und ganzheitlich ausschöpft, wurden noch weitere Varianten gegenübergestellt, bei welchen Veränderungen vorgenommen wurden, die positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Ergebnisses haben sollen. Als Basis wird bei allen weiteren Betrachtungen der Anschluss an das Fernwärmenetz beibehalten.

Modernisierungskonzept 3.1

In Modernisierungskonzept 3.1 wird der Fernwärmeanschluss nicht mehr durch einen elektrischen Schichtenspeicher ergänzt. So lassen sich die Investitionskosten reduzieren, während die Wärmeversorgung weiterhin bilanziell CO₂-neutral ist. Das Nahwärmenetz soll weiterhin im aktuellen Zustand bestehen bleiben und die Wärme vom Fernwärmeanschluss in Alban-Berg-Straße 1 hin zu den anderen Gebäuden der Liegenschaft transportieren (vgl. Abb. 16 und 17).

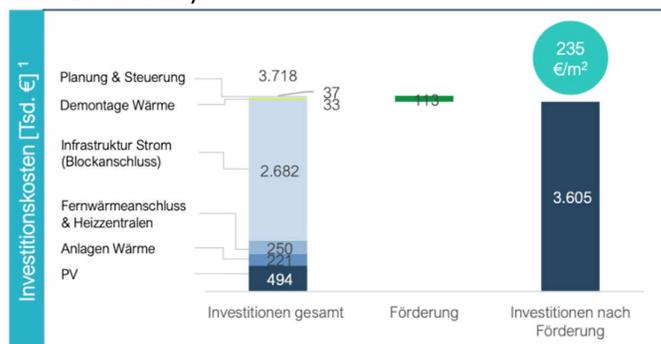


Abbildung 17: Investitionskosten von Modernisierungskonzept 3.1



Abbildung 16: Graphische Darstellung des Dekarbonisierungskonzepts 3.1

Modernisierungskonzept 3.2

Um die Wärmeenergieverluste des Nahwärmenetzes zu reduzieren, sollen in diesem Modernisierungskonzept zwei neue Heizzentralen gebaut werden, welche wiederum direkt an das Fernwärmenetz angeschlossen werden. Lediglich das südlich gelegene Gebäude der Liegenschaft mit den Hausnummern Richard-Strauß-Straße 23 und 25 soll über ein Nahwärmenetz mit Wärme versorgt werden. Auch in diesem Konzept ist kein elektrischer Schichtenspeicher mehr vorgesehen (vgl. Abb. 18 und 19).



Abbildung 18: Graphische Darstellung des Dekarbonisierungskonzepts 3.2

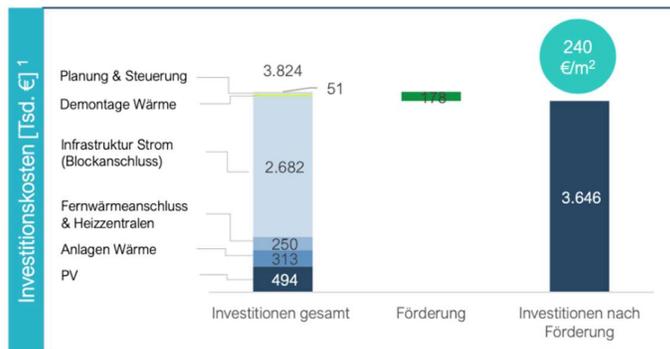


Abbildung 19: Investitionskosten von Konzept 3.2

Technische und ökologische Analyse der Varianten von Konzept 3

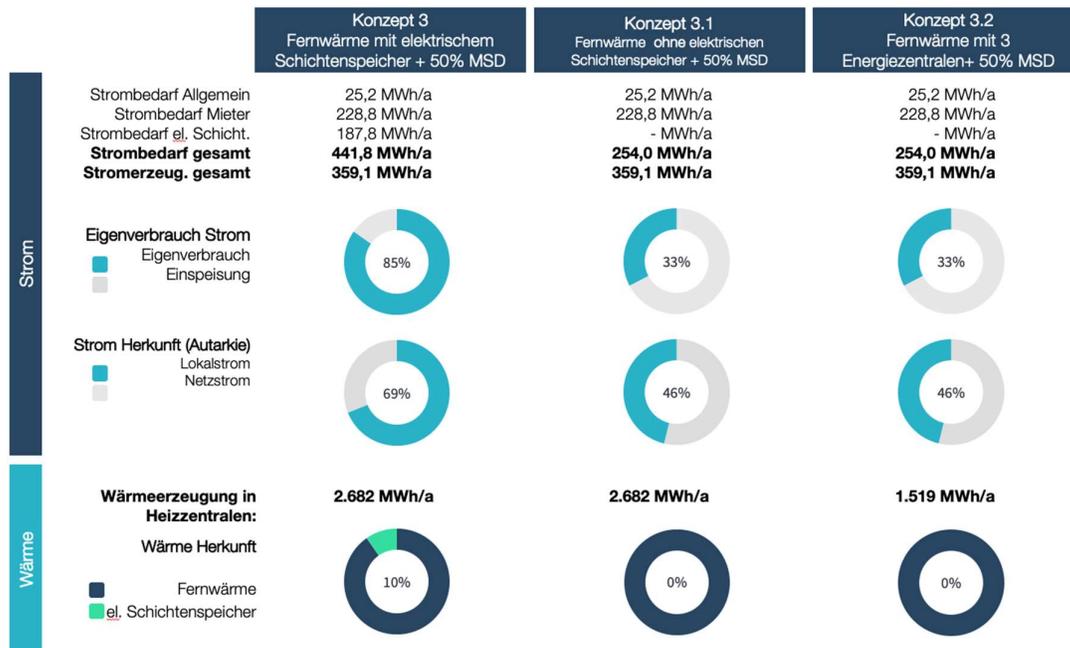


Abbildung 20: Technische Simulationsergebnisse der Varianten von Konzept 3

Durch den Verzicht auf einen elektrischen Schichtenspeicher werden 100% der Wärmeenergie in den Varianten des Modernisierungskonzepts aus der Fernwärme bezogen. Durch das Fehlen einer Speichermöglichkeit wird jedoch der gesamte Strom, welcher nicht für Allgemein- und Mieterstrom verwendet werden kann, ins Netz eingespeist, weshalb die Autarkie und der Eigenverbrauch des Stroms im ursprünglichen Konzept 3 höher ausfallen. In Konzept 3.2 sinkt der Wärmebedarf im Vergleich zu den anderen beiden Konzepten um über 1100 MWh pro Jahr, da die Verluste des Nahwärmenetzes hier nicht mehr auftreten.

Alle drei Varianten beziehen ihre Wärmeenergie ausschließlich aus emissionsfreien Wärmequellen, weshalb der Wärmebezug bei allen drei Varianten bilanziell klimaneutral ist. Aus ökologischer Sicht sind also alle drei Konzepte positiv zu bewerten (vgl. Abb. 20).

Wirtschaftliche Analyse der Varianten von Konzept 3

Alle drei Varianten refinanzieren sich bei einer Mieterstromdurchdringung über die Betrachtungsdauer von 20 Jahren selbst, der Nettobarwert von Konzept 3.2 fällt jedoch ein wenig geringer aus als bei den anderen Konzepten (vgl. Abb. 21). Aufgrund der Tatsache, dass bei den Varianten von Konzept 3 keine großen Strommengen für die Wärmeversorgung benötigt werden, fällt die Umstellung auf einen quartiersweisen Anschluss an das Stromnetz weg. Aus diesem Grund fallen in dieser Betrachtung die Investitionskosten der Konzepte geringer aus als zuvor, wodurch wiederum die Nettobarwerte steigen.



Abbildung 21: Wirtschaftlichkeitsberechnung der Varianten von Konzept 3

Das EBITDA des ursprünglichen Konzepts ist ein wenig höher als bei den neuen beiden Varianten, da ein größerer Teil des produzierten Stroms für den Eigenverbrauch gewinnbringend verkauft werden kann, statt ihn für eine geringe Vergütung in das Netz einzuspeisen. Über die Laufzeit von 20 Jahren kann hier jedoch kein signifikant höherer Gewinn erwirtschaftet werden, da die Investitionskosten durch den Bau der elektrischen Schichtenspeicher höher sind.

Direktvergleich der drei Varianten von Konzept 3

Durch den Direktvergleich der ausgearbeiteten Varianten des Modernisierungskonzepts mit Anschluss ans Fernwärmenetz wird die Konzeptwahl abgeschlossen. Die Kernaussagen der Simulationsanalysen sind in Abb. 22 zusammengefasst.

	Konzept 3 Fernwärme mit el. Schichtenspeichere	Konzept 3.1 Fernwärme ohne el. Schichtenspeicher	Konzept 3.2 Fernwärme mit drei Zentralen
CO ₂ -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. 0 % (ca. 0 kg/m ²) 0 kg/m ² mit Ökostrom ●
Investitionsbedarf nach Förderungen (inkl. Planung)	Absolut: 3,9 Mio. € Spezifisch: 255 €/m ² ●	Absolut: 3,6 Mio. € Spezifisch: 235 €/m ² ●	Absolut: 3,8 Mio. € Spezifisch: 240 €/m ² ●
Wirtschaftlichkeit	Nettobarwert: 551 T€ ●	Nettobarwert: 557 T€ ●	Nettobarwert: 522 T€ ●
Mieter-/Nutzerkosten	Wärmekosten: ca. 1,48 €/m ² Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ●	Wärmekosten: ca. 1,49 €/m ² Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ●	Wärmekosten: ca. 0,90 €/m ² Monat Strompreis: 10% unter Marktpreis ●
Weitere qualitative Einschätzungen	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Nutzung von PV-Strom für Wärme Aber: Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter gegeben, auch im Hinblick auf die CO₂-Emissionen der Fernwärme 	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Aber: Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter gegeben, auch im Hinblick auf die CO₂-Emissionen der Fernwärme 	<ul style="list-style-type: none"> Vergleichsweise geringer infrastruktureller Aufwand Vermeidung von Netzverlusten und damit geringere Wärmekosten für Mieter Aber: Abhängigkeit vom Fernwärmeanbieter gegeben, auch im Hinblick auf die CO₂-Emissionen der Fernwärme
			● Empfehlung

Abbildung 22: Direktvergleich der Varianten von Konzept 3 im Hinblick auf Ökologie, Gewinn und Heiz-/Investitionskosten

Unter der Annahme, dass die Fernwärmequelle auch künftig bilanziell klimaneutral ist, bleibt die Wärmeerzeugungen aller drei Varianten emissionsfrei. Sowohl die Investitionskosten als auch die Gewinnmargen der drei Konzepte sind ähnlich hoch, sodass diese für die Entscheidungsfindung nicht weiter ins Gewicht fallen. Durch die zwei zusätzlichen Heizzentralen in Konzept 3.2 werden die hohen Verluste des aktuellen Nahwärmenetzes vermieden, wodurch weniger Primärenergie für die Wärmeerzeugung notwendig ist. Dies entlastet die Mieter wiederum erheblich in Hinblick auf die Heizkosten. Somit hat Konzept 3.2 rundum positiv zu bewertende Auswirkungen für Mieter und Eigentümer der Liegenschaft. Eine Umsetzung dieses Modernisierungskonzepts wird entsprechend empfohlen.

9. Hinzunahme von Ladesäulen für Elektromobilität

Um die Dekarbonisierung des Individualverkehrs mitzugestalten, ist es zielführend den Mietern Ladesäulen für Elektrofahrzeuge zur Verfügung zu stellen, an welchen unter Anderem der erzeugte PV-Strom direkt an die Mieter verkauft werden kann. Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit wird unterstellt, dass 5% der Wohneinheiten im Besitz eines E-Autos sind. In diesem Falle müssten 14 Ladepunkte gebaut werden, um der Nachfrage gerecht zu werden.

Basierend auf der geschätzten Nachfrage werden 30,7 MWh/a für das Laden der Elektroautos benötigt. Da auch hierfür der PV-Strom verwendet werden kann, steigt der Eigenverbrauch um 2%



Abbildung 23: Analyse der Auswirkungen von Elektromobilität auf die KPI

an. Durch den Verkauf des Stroms steigt der Nettobarwert von 522.500€ auf 636.300€ an, wenn die 14 Ladesäulen für E-Autos gebaut werden. Somit ist der Zubau von Ladesäulen aus wirtschaftlicher Sicht empfehlenswert (vgl. Abb. 23).

10. Abwägen des Batteriespeichereinsatzes

Trotz des Mieterstrommodells und dem Bau der Ladesäulen werden knapp zwei Drittel des produzierten Stroms ins Netz eingespeist. Der eingespeiste Strom wird nur sehr gering vergütet und steht später nicht mehr für die Eigennutzung zur Verfügung, weshalb zu Zeiten, in welchen kein PV-Strom produziert wird, teurer Strom aus dem Netz bezogen wird. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, ob die Nutzung eines Batteriespeichers wirtschaftlich wäre. Die Nutzung eines solchen Speichers würde den Eigenverbrauch und somit die Öko-Bilanz und die Autarkie erhöhen. Mithilfe der Simulationssoftware kann über den Verlauf eines Jahres vorausgesagt werden, wie sehr sich der Strombedarf mit der Stromproduktion überschneidet und wann überschüssige Strommengen ins Netz eingespeist werden müssen. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abb. 24 abgebildet. Um sicherzustellen, dass keine zu große Batterie verbaut wird, sollte jeden Tag ein großer Teil der Kapazität der Batterie verwendet werden. Bei einer Batteriespeicherkapazität von etwa 200 kWh (netto) zeigt sich, dass in den Sommermonaten ein Großteil des netzbezogenen Stroms mithilfe der Batterie durch PV-Strom substituiert werden könnte, während lediglich in den Monaten Januar, November und Dezember die Batteriekapazität die tägliche, mittlere Einspeisemenge bedeutend übersteigt.

Ermittlung der Batteriegröße über Netzbezug & -einspeisung

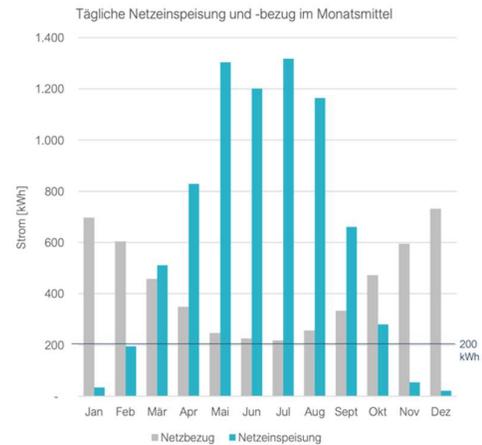


Abbildung 24: Batteriegrößenabwägung basierend auf Netzbezug und Einspeisung

Um eine präzisere Aussage darüber treffen zu können, ob der Bau eines Speichers aus wirtschaftlicher Perspektive Sinn ergeben würde, sind in Abb. 25 unter variablen Investitions- und Netzbezugskosten die Nettobarwerte dargestellt.

Bei steigenden Netzstrombezugskosten sinkt der Nettobarwert, da die erhöhten Strombezugskosten durch den Eigentümer getragen werden müssen, sobald er die Mieter nicht mehr mit selbst produziertem Strom versorgen kann. Im Falle von steigenden Strompreisen erhöht sich jedoch der positive Effekt der Batterie, da sich die Menge des netzbezogenen Stroms durch die Nutzung von gespeichertem PV-Strom verringert.

Sensitivitätsanalyse Batterie

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

	Investitionskosten Batterie (netto) [€/kWh]				Ohne Batterie
	800	1.000	1.200	1.400	
24	734	698	662	626	636
27	684	648	612	576	561
30	634	598	562	526	485
33	585	549	512	476	409
36	535	499	463	377	333

Abbildung 25: Sensitivitätsanalyse Batteriespeicher

Die Sensitivitätsanalyse ergibt, dass sich der Nettobarwert ausschließlich unter pessimistischen Bedingungen für die Investitions- und Netzstrombezugskosten verringert. In allen anderen Fällen würde sich neben der Autarkie und dem Eigenverbrauch auch der Nettobarwert steigern. Somit wird der Einsatz einer Batterie mit 200 kWh netto Ladekapazität empfohlen.

11. Zusammenfassung des Modernisierungskonzepts

Basierend auf den Erkenntnissen der diversen Analysen und Berechnungen ist die Durchführung des Modernisierungskonzepts 3.2 zu empfehlen, in dessen Rahmen ein Anschluss an das Fernwärmenetz der SWI geschieht. Da für die Wärmeenergiebereitstellung keine komplexen Energieflüsse berücksichtigt werden müssen, kann die Liegenschaft auch in Zukunft quartiersweise an das Stromnetz angeschlossen bleiben. Um die Energieverluste des Nahwärmenetze in Zukunft zu reduzieren, sollen zwei weitere Heizzentralen in den Gebäuden Alban-Berg-Straße 15 und Richard-Strauß-Straße 31 errichtet werden, welche direkt an das Fernwärmenetz angeschlossen werden. Durch den Bezug der Fernwärme reduzieren sich die CO₂-Emissionen, welche durch die Wärmeerzeugung entstehen bilanziell auf 0 kg/a.

Ergänzt wird das neue Energiekonzept durch PV-Anlagen auf den Flachdächern der Liegenschaft mit einer Gesamtleistung von 412,05 kWp, welche jährlich etwa 359.148 kWh an grünem Strom erzeugen. Dieser Strom soll über das Mieterstrommodell an die Mieter verkauft, oder über 14 Ladesäulen für E-Autos veräußert werden. Überschüssiger Strom wird in einer Batterie gespeichert und in das Netz eingespeist, sobald diese voll ist. Durch die Reduzierung der Wärmeverluste können die Wärmekosten der Mieter unter 1€/m² und Monat gehalten werden. Die Erschließung neuer Einkommensquellen als lokaler Energielieferant refinanziert sich die Investition innerhalb von 20 Jahren und wird laut den Berechnungen einen Gewinn von etwa 522.000 € ermöglichen.

Eine Sanierung der Gebäudehüllen ist aufgrund der Beschaffenheit der Außenhüllen nicht wirtschaftlich umsetzbar und ist entsprechend nicht geplant.

12. Gesamtenergiebilanz Quartier Alban-Berg-Straße

Vor den Modernisierungsmaßnahmen im Quartier, wurden folgende Energieverbräuche festgehalten.

<i>Straße</i>	Stromverbrauch MWh			Wärmeverbrauch MWh	
	Haus- nummer	Mietparteien	Allgemein	Heizung	Warmwasser
<i>Alban-Berg- Str.</i>	1	21	3,5	302	35
	3	18	2	230	30
	5	12	0,5	112	20
	7	12	0,4	122	20
	9	12	0,4	112	20
	11	12	3,5	119	20
	13	21	2,5	269	35
	15	18	1,4	202	30
	17	18	1,6	200	30
	19	12	0,8	110	20
	21	12	0,4	122	20
	23	12	1,4	152	20
	<i>Richard- Strauss-Str.</i>	23	12	0,5	142
25		12	0,5	140	20
27		18	2,3	202	30
29		12	0,4	149	20
31		18	1,8	212	30
33		12	0,5	122	20
35		12	0,5	142	20

<i>Endenergie (MWh)</i>	Gesamtes Quartier	253 ¹	3.626
<i>Primärenergie (MWh/a)</i>	Gesamtes Quartier	457 ¹	3.988
<i>CO₂-Emissionen (t pro a)</i>	Gesamtes Quartier	142 ¹	870

¹Die 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>	Stromverbrauch MWh			Wärmeverbrauch MWh	
	Hausnummer	Mietparteien	Allgemein	Heizung	Warmwasser
<i>Alban-Berg-Str.</i>	1	21	3,5	302	35
	3	18	2	230	30
	5	12	0,5	112	20
	7	12	0,4	122	20
	9	12	0,4	112	20
	11	12	3,5	119	20
	13	21	2,5	269	35
	15	18	1,4	202	30
	17	18	1,6	200	30
	19	12	0,8	110	20
	21	12	0,4	122	20
23	12	1,4	152	20	
<i>Richard-Strauss-Str.</i>	23	12	0,5	142	20
	25	12	0,5	140	20

	27	18	2,3	202	30
	29	12	0,4	149	20
	31	18	1,8	212	30
	33	12	0,5	122	20
	35	12	0,5	142	20
<i>Endenergie (MWh)</i>	Gesamtes Quartier		253		3.626
<i>Primärenergie (MWh/a)</i>	Gesamtes Quartier		-189 ¹		725
<i>CO₂-Emissionen (t pro a)</i>	Gesamtes Quartier		-59 ¹		0

¹Druch die PV-Anlage wird mehr Stromerzeugt als in der Liegenschaft benötigt wird. Aus diesem Grund entsteht hier ein Minus betrag. Es kann 359 MWh an Endenergie, sowie 646 MWh an Primärenergie und 201 TCO₂ eingespart werden.

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

		Stromseitig	Wärmeseitig
<i>Endenergie (MWh)</i>	Gesamtes Quartier	359	0
<i>Primärenergie (MWh/a)</i>	Gesamtes Quartier	646	3.263
<i>CO₂-Emissionen (t pro a)</i>	Gesamtes Quartier	201	870
<i>Gesamt:</i>	Endenergie (MWh/a)	359	
<i>Gesamt:</i>	Primärenergie (MWh/a)	3.909	
<i>Gesamt:</i>	CO ₂ Emissionen (t pro a)	1.071	

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 abgedeckt.

Die Liegenschaft liegt sehr zentral in der Nähe der Ingolstädter Innenstadt. Diese ist mit dem Fahrrad bereits in sieben Minuten zu erreichen, während die Linie 58 an der Bushaltestelle „Richard-Wagner-Straße“ viertelstündig eine direkte Verbindung zum Zentralen Omnibusbahnhof in der Innenstadt ermöglicht. Auf diesem Weg lässt sich mithilfe der öffentlichen Verkehrsmittel innerhalb von unter 20 min die Innenstadt erreichen. Durch das Überqueren der Richard-Strauß-Straße lässt sich fußläufig der Supermarkt „Kaufland Ingolstadt-Nordwest“ erreichen, welcher in maximal sieben Minuten fußläufig zu erreichen ist. Zusätzlich verfügt die Liegenschaft nördlich und südlich über jeweils einen Spielplatz, sodass es den Kindern ermöglicht wird, ihre Freizeit direkt vor Ort zu verbringen.

Die Bestrebungen der Ermöglichung einer nachhaltigen Mobilität werden im Rahmen des Modernisierungskonzepts zusätzlich aktiv aufgenommen, indem 14 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 umgesetzt. 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 weisen eine umfassende Begrünung durch Bäume auf, welche den Hitzestress reduzieren und auf diesem Wege besonders vulnerable Bewohner schützen. Eine weitere Begrünung des Areals ist aufgrund der hohen Baumdichte nicht mehr angeplant (vgl. Abb. 26). Das Mikroklima an der Alban-Berg-Straße profitiert von den Folgen dieser Bepflanzung und ermöglicht es den Bewohnern, sich auch bei hohen Temperaturen im Freien zu bewegen.



Abbildung 26: Luftbild des Quartiers im Sommer mit ersichtlicher Begrünung; Quelle: geoportal.bayern.de

15. Umsetzungsfahrplan

Auf dem Weg zur Realisierung des Modernisierungskonzepts werden die in Abb. 27 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 liegen installiert. Im Rahmen des laufenden Betriebs werden die Anlage angeschlossen und in Betrieb genommen.

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

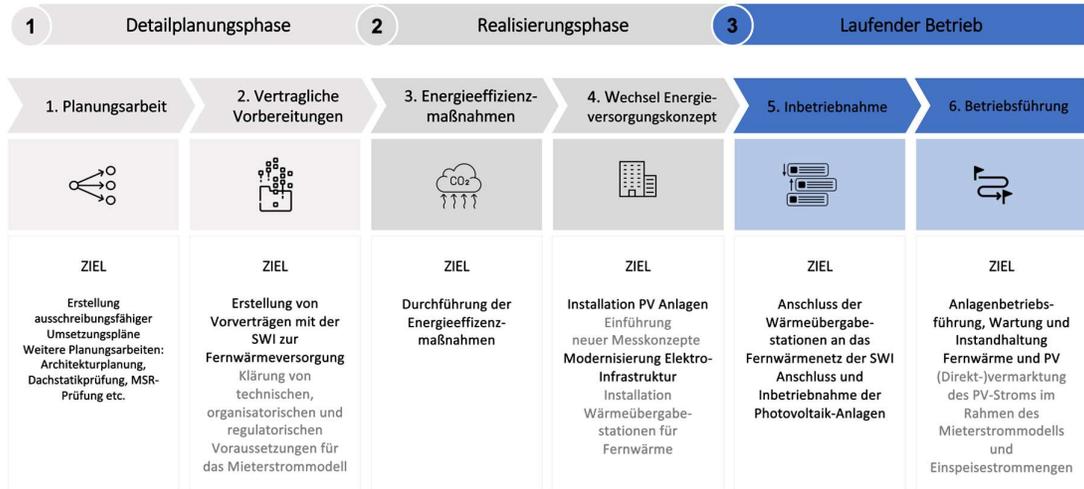


Abbildung 27: Umsetzungsfahrplan der Modernisierungsmaßnahme

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

Quartier Alban-Berg-Straße

Energieträger	Erdgas				Akteure	Verantwortliche
	Alban-Berg-Str. 1-11	Alban-Berg-Str. 13-23	Richard-Strauss-Str. 23-27	Richard-Strauss-Str. 29-35		
Planung und Ausschreibung für Maßnahmen in 2026	2025				GWG	GWG
vertragliche Vorbereitungen	2025				GWG	GWG
Wechsel Energieversorgung - Umschluss auf Fernwärme	2026				GWG/SWI	SWI
hydraulischer Abgleich und Modernisierung Heizzentrale	2026				GWG/FF	FF
Durchführung Hüllsanierung - Fassade	-				-	-
Durchführung Hüllsanierung - Flachdach	2026				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 und der elektrischen Anlagen 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 Abbrucharbeiten, 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					
	Hüllflächen- sanierung	PV	Mieter- strom	Hydraulischer Abgleich	Fern- wärme	E-Mobilität
Alban Berg Str. 1-11	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Alban Berg Str. 13-23	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Richard Strauß Str. 23-27	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Richard Strauß Str. 29-35	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein

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:

Die Anschlüsse an das Fernwärmenetz erfordert Tiefbaumaßnahmen, die sich auch auf eigene (Parkplätze) und öffentliche Verkehrsflächen auswirken werden. Dies Bedarf der Abstimmung mit den Mietern (Ausweichmöglichkeiten) bzw. dem Verkehrsmanagement der Stadt (Umleitung). Auch aus diesem Grund ist neben den Zusatzkosten die empfohlene Installation von weiteren Heizzentralen mit separaten Übergabestation noch mit möglichen Einsparungen von Wärmemengen abzuwägen. - Die zentrale Warmwasserversorgung erfordert auch im Sommer eine durchgehende Energieversorgung. Die Installationen sind so auszuführen, dass die Unterbrechung für den finalen Umschluss durch die Pufferspeicher überbrückt werden kann. Sollte dies nicht möglich sein, wird mit einer mobilen Heizstation die Versorgungslücke überbrückt.

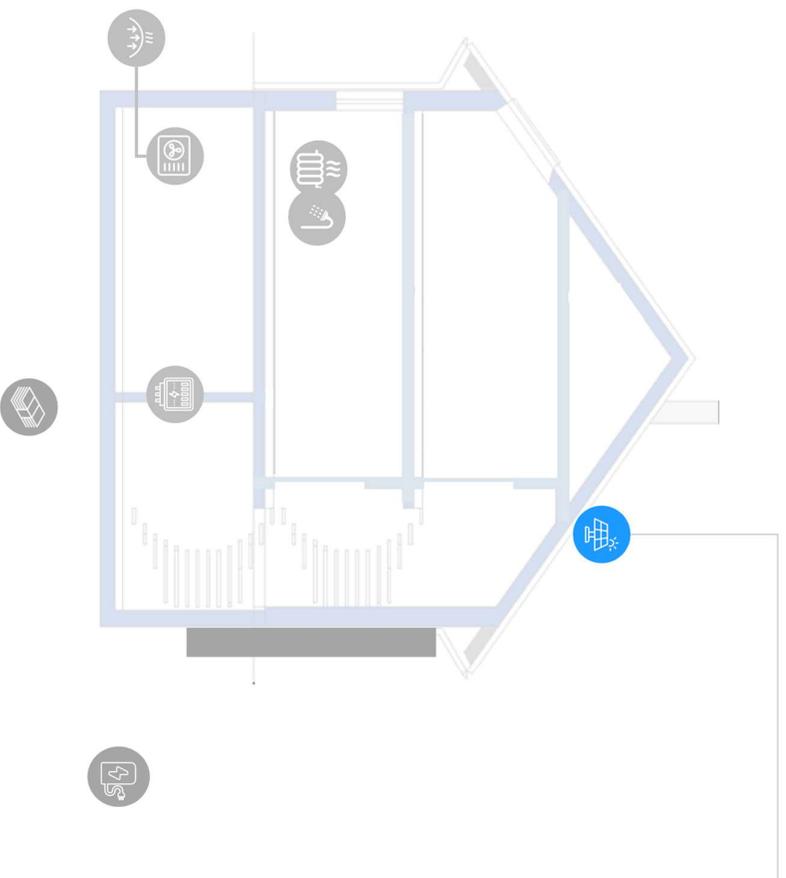
Elektromobilität, Mieterstrom, Batteriespeicher:

Gegenwärtig besteht kaum eine Nachfrage nach Ladepunkte – speziell an der Alban-Berg-Str. wäre mit einer Mieterumfrage der Bedarf zu eruieren. Die Rentabilität und die Kapazität eines Batteriespeichers sind im Anschluss neu zu bewerten. Bei anstehenden Dachsanierungen ist die Ausstattung mit PV-Modulen zwar mit vorzusehen, ob die Investition in dem Gesamtpaket mit getätigt wird, wird letztlich vom Aufsichtsrat der Gesellschaft mitbestimmt.

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. Durch den Abbau der erdgasbasierten zentralen Energieversorgung (für Raumwärme und Warmwasser) und den Übergang zu CO₂-neutraler Fernwärme (unter Verwendung unvermeidbarer Abwärme) soll eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 100% erfolgen. Auf diese Weise entspricht das Quartier Alban-Berg-Straße den Zielen der Bundesregierung.

GEWERK PHOTOVOLTAIK



Photovoltaik

ERGEBNISSE:

- **Auslegung Richard-Strauss-Str. / Alban-Berg-Str.**
 - Leistung: 148,8 / 263,25 kWp
- **Statik des Daches** zusätzliche Tragfähigkeit 20-25 kg/m² gegeben
- **Baurechtliche Klärung:**
 - keine baurechtlichen Bedenken
 - ggf. Blendgutachten für einzelne Flächen notwendig
- **Einbindung in Blitzschutzkonzept** Blitzschutzkonzept vorhanden, allerdings keine Blitzschutzanlage erforderlich
- **Wege für Trassen und Kabel** durch bestehenden Kaminschächte (Alternativ bei Sanierung über Brandschutzkanal im Treppenhaus, oder auf Fassade)
- **Platzierung der Wechselrichter** kann im Keller erfolgen
- **Platzierung Batteriespeicher** kann im Keller erfolgen oder alternativ im Ground Cube
- **Anbindung an Elektro-Seite:** an den jeweiligen Häusern oder im Ground Cube

ZU BEACHTEN:

- Vertrag mit Direktvermarkter erforderlich!
- Notwendige Sanierungen der Dachflächen zu beachten

Anhang 3: KOSTENÜBERSICHT ELEKTRO



Grobkostenschätzung GWG Ingolstadt Alban-Berg-Strasse_Elektro Grobkostenschätzung
 Alban Berg Fontanesträße
 Seite 1 von 1

Bezeichnung	Anzahl	Kosten	Einheit	Kosten Gesamt (Netto)
Hausanschluss/Trate*1	1	180.000 €	St.	180.000,00 €
Startstromleitungen	1800	180,00 €	m	324.000,00 €
Schaltanlagen				651.500,00 €
Wandlerschrank PV	12	15.000,00 €	St.	180.000,00 €
Wandlerschrank Gesamt	12	15.000,00 €	St.	180.000,00 €
Zählerschrank pro WE	182	1.000,00 €	St.	182.000,00 €
Wandlerschrank E-Mobilität	12	7.000,00 €	St.	84.000,00 €
Wandlerschrank Grundcube	1	15.000,00 €	St.	15.000,00 €
UV Wärmepumpe	1	10.500,00 €	St.	10.500,00 €
Wohnungsinstallation				1.069.250,00 €
Stiegeleitungen	4550	15,00 €	m	68.250,00 €
Unterverteilungen	182	500,00 €	m	91.000,00 €
Elektroninstallation ab UV	182	5.000,00 €	m	910.000,00 €
PV-Anlage	265	1.200,00 €	kWp	318.000,00 €
Steuerteilungen (PVMSRI)				28.800,00 €
Glasfaser	1800	3,00 €	St.	5.400,00 €
CAT 7 simples Outdoor	1800	3,00 €	St.	5.400,00 €
NY 72,5	1800	5,00 €	St.	9.000,00 €
NY 54	1800	5,00 €	St.	9.000,00 €
Summe ohne Wohnungsinstallation				2.571.550,00 €
Summe				1.473.500,00 €

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

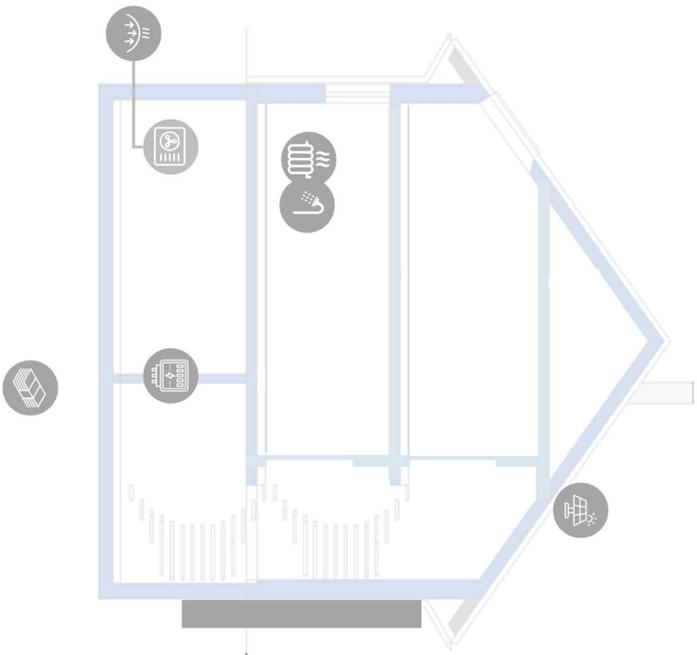


Grobkostenschätzung GWG Ingolstadt Richard-Strauss-Strasse_Elektro Grobkostenschätzung
 Ingolstadt Richard-Strauss
 Seite 1 von 1

Bezeichnung	Anzahl	Kosten	Einheit	Kosten Gesamt (Netto)
Hausanschluss/Trate*1	1	180.000 €	St.	180.000,00 €
Startstromleitungen	700	180,00 €	m	126.000,00 €
Schaltanlagen				380.500,00 €
Wandlerschrank PV	7	15.000,00 €	St.	105.000,00 €
Wandlerschrank Gesamt	7	15.000,00 €	St.	105.000,00 €
Zählerschrank pro WE	96	1.000,00 €	St.	96.000,00 €
Wandlerschrank E-Mobilität	7	7.000,00 €	St.	49.000,00 €
Wandlerschrank Grundcube	1	15.000,00 €	St.	15.000,00 €
UV Wärmepumpe	1	10.500,00 €	St.	10.500,00 €
Wohnungsinstallation				564.000,00 €
Stiegeleitungen	2400	15,00 €	m	36.000,00 €
Unterverteilungen	96	500,00 €	m	48.000,00 €
Elektroninstallation ab UV	96	5.000,00 €	m	480.000,00 €
PV-Anlage	148	1.200,00 €	kWp	177.600,00 €
Steuerteilungen (PVMSRI)				11.200,00 €
Glasfaser	700	3,00 €	St.	2.100,00 €
CAT 7 simples Outdoor	700	3,00 €	St.	2.100,00 €
NY 72,5	700	5,00 €	St.	3.500,00 €
NY 54	700	5,00 €	St.	3.500,00 €
Summe ohne Wohnungsinstallation				1.439.500,00 €
Summe				864.100,00 €

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

Anhang 5: 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 Stadtwerke 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

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.
Projektaufzeit	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-Grundversorgungsstarifs dürfen nicht überschritten werden

BESCHEINIGUNG

über die energetische Bewertung der Fernwärme
gemäß AGFW FW 309 Teile 1,5 & 7. (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)

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

**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

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 089/300060-0

Telefax 089/300060-80

E-Mail info@evitgmbh.de

www.evitgmbh.de

Dipl.-Ing. Josef-Martin Neiß

fp-Gutachter-Nr.: AGFW FW 609-264

Symboldarstellung

Legende zu den graphischen Darstellungen der Dekarbonisierungskonzepte

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