

Bericht

Neugraben-Fischbek 77 Dorflageweg

Energiefachplan im Rahmen des B-Plan Verfahrens

Inhalt

Aufgabenstellung.....	2
Grundlagen	3
Ermittlung Energiebedarfe	3
Bestandsaufnahme Versorgung	7
Versorgungsvarianten	11
Variante 1 WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kein Netz, PV	11
Variante 2 WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kaltes Netz, PV-T.....	15
Variante 3 WP, Solarthermie, Spitzenlast elektrisch, zentral, kaltes und warmes Netz, PV.	19
Variante 4 WP, Solarthermie, Spitzenlast Wärmenetz, zentral, warmes Netz, PV-T	21
Variante 5 Externes Wärmenetz, PV.....	23
Energie- und Klimabilanz.....	25
Fördermöglichkeiten	30
Ökonomische Bewertung	33
Investitionskosten	33
Brennstoff- und Wartungskosten.....	34
Wärmepreis	35
Auswertung	39
Handlungsempfehlung.....	40
Abbildungsverzeichnis.....	44
Anhang.....	46

Aufgabenstellung

Ziel ist die Erarbeitung eines Energiefachplans für das B-Plan-Gebiet NF 77 - Dorflageweg. Die rund 2,8 ha große Fläche soll mit rund 250 Wohnungen auf etwa 20-25.000 m² BGF neu bebaut werden. Zudem ist der Bau eines kleinen Ladenlokals und einer Kita geplant. Für den Energiefachplan werden zunächst die Energiebedarfe für drei verschiedene Gebäudestandards ermittelt und eine Bestandsaufnahme von Versorgungsmöglichkeiten vor Ort vorgenommen. Darauf aufbauend werden fünf Versorgungsvarianten definiert. Diese umfassen zentrale und dezentrale Varianten. Das Ziel ist bei allen Varianten eine Versorgung ohne fossile Energieträger und für das Quartier eine Klimaneutralität zu erreichen. Hier wird insbesondere die Frage relevant wie in Zukunft im Quartierskontext eine Spitzenlastabdeckung ohne einen Kessel funktionieren kann.

Beim Energiefachplan NF 77 Dorflageweg gibt es durch die Zerteilung des Quartiers eine besondere Herausforderung: Es muss ein Konzept gefunden werden, welches für das Bau-
feld 1 funktioniert, aber auch mit etwas Zeitverzögerung auf das gesamte Gebiet erweitert werden kann. Für die 104 Wohneinheiten auf 10.700 m² BGF in Bau-
feld 1 wird also zunächst ein zusammenhängendes Konzept entwickelt, das schrittweise um 150 Wohneinheiten auf den
weiteren Flurstücken (10-15.000 m² BGF) erweitert werden kann.

Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber werden diese 15 Varianten (fünf Versorgungsvarianten mit je drei verschiedenen Energiebedarfen) verglichen.

Der Vergleich umfasst die Energiebedarfe, die CO₂-Emissionen, die Primärenergiefaktoren, den Anteil erneuerbarer Energien an Heizwärme- und Trinkwarmwasserbereitung, die Investitions-, Betriebs-, und Verbrauchskosten. Fördermöglichkeiten und Zuschüsse werden mit in den Vergleich einbezogen.

Dieser Bericht enthält die getroffenen Annahmen, Berechnungsansätze und die Ergebnisse sowie eine Handlungsempfehlung.

Ziel ist es, die Variantenkombination mit den niedrigsten CO₂-Emissionen bei wirtschaftlicher Vertretbarkeit zu identifizieren.

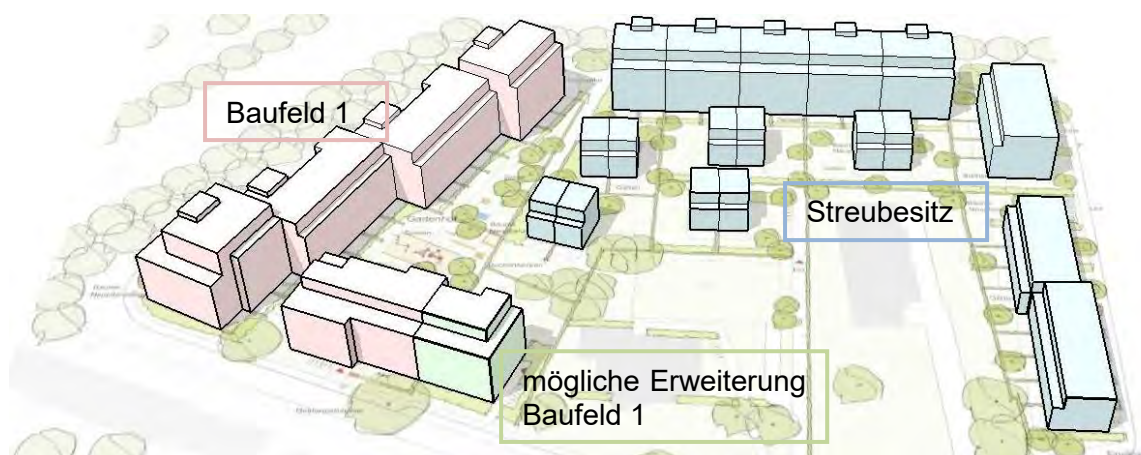


Abbildung 1: Visualisierung Quartier (eigene Darstellung)

Grundlagen

Ermittlung Energiebedarfe

Aus den Kennzahlen für das Gebiet wurde eine durchschnittliche Nutzfläche der Wohneinheiten von 57 m² je Wohneinheit ermittelt. Die durchschnittliche Haushaltsgröße liegt in Neugraben-Fischbek bei 2,2 Personen je Haushalt. Dies liegt über dem Harburger und Hamburger Durchschnitt mit 1,9 bzw 1,8 Personen je Haushalt.¹

Strombedarfe

Die Strombedarfe basieren auf dem Stromspiegel 2021. Dieser gibt Vergleichswerte für Strombedarfe in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße an. Grundlage dafür sind 290.000 Verbrauchsdaten.²

Für eine Haushaltsgröße mit 2,2 Personen ergibt sich hieraus ein Strombedarf von 2.200 kWh/Jahr und für die 254 Haushalte im Quartier insgesamt ein Haushaltsstrombedarf von 558.800 kWh / Jahr.

Trinkwarmwasserwärmebedarf

Mithilfe der Formel aus der Verbrauchsdatenauswertung³ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) wurde für dieses Quartier ein Trinkwarmwasserwärmebedarf von 12,7 kWh / m² Jahr berechnet. In Abstimmung mit dem Referat für erneuerbare Energien und kommunale Wärmeplanung der BUKEA ist für den Energiefachplan mit 15,0 kWh / m² Jahr gerechnet worden, um Verluste zu berücksichtigen. Für das gesamte Quartier ergeben sich 216.217 kWh / Jahr. Kita und Gemeinschaftsfläche wurden hierbei als wohnähnliche Nutzung bewertet.

Das Baufeld 1 hat hieran mit 102.180 kWh / Jahr einen Anteil von 47,3%.

Raumwärme

Die gesetzlichen Anforderungen aus dem GEG beziehen sich auf ein Referenzgebäude und bewerten den Energiebedarf primärenergetisch. Da eine „schlechtere“ Wärmedämmung aufgrund dieser Bewertungsmethode durch eine „bessere“ Anlagentechnik ausgeglichen werden kann und umgekehrt, liefert das GEG lediglich Anhaltswerte.

¹ https://region.statistik-nord.de/detail_compare/11/1106/11/2/1721/227778/ abgerufen am 05.09.2022 um 9:15 Uhr

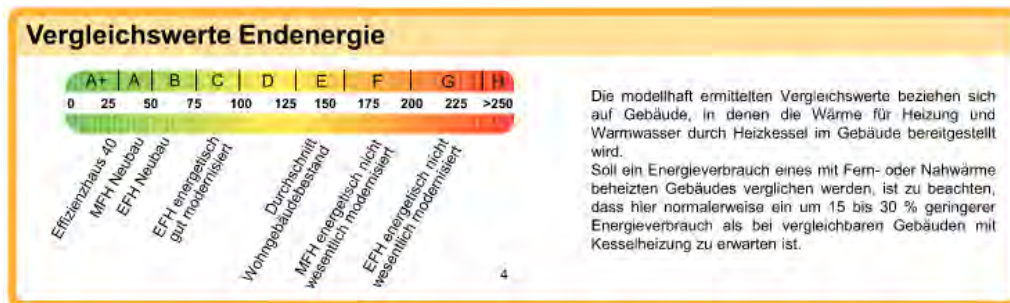
² co2online gemeinnützige GmbH Stromspiegel 2021

³ Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden. BBSR-Online-Publikation 17/2017

Energieeffizienzklasse	Endenergie (Kilowattstunden pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche und Jahr)
A+	≤ 30
A	≤ 50
B	≤ 75
C	≤ 100
D	≤ 130
E	≤ 160
F	≤ 200
G	≤ 250
H	> 250

4

Abbildung 2: Auszug Anlage 10 GEG zu den Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden



5

Abbildung 3: Auszug Anlage 6 der EnEV zu Vergleichswerten für die Endenergie

⁴ GEG, Bundesrats-Beschluss zur GEG-Novelle 2023, Anlage 10

⁵ ENEV, Anlage 6

In der Fachliteratur z. B. der dena⁶, dem BINE Informationsdienst⁷ oder dem Recknagel⁸ werden die Heizwärmebedarfe von 15 – 60 kWh / m² Jahr für Neubauten angegeben. Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der Energiestandards über die letzten 70 Jahre mit einer Fortschreibung bis ins Jahr 2030. Auch diese Darstellung aus dem Jahr 2011 zeigt, dass sich der Zielwert für den Heizwärmebedarf im Bereich um 20 kWh/m² Jahr befindet. Das novellierte GEG 2023 wurde am 28. Juli 2022 verkündet. Der bisherige Effizienzhaus-55-Standard wird als gesetzlicher Neubaustandard verankert.

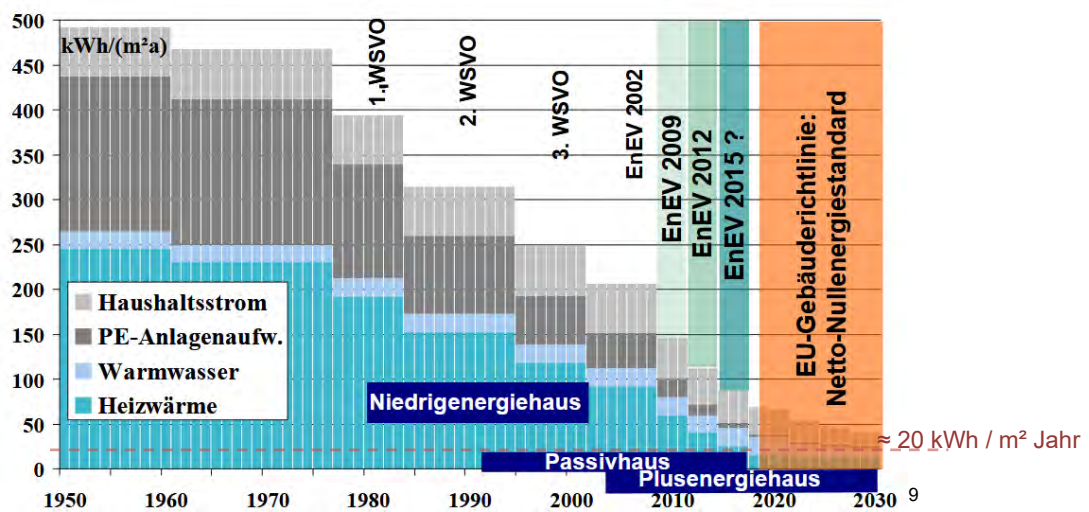


Abbildung 4: Entwicklung der Energiestandards – Endenergie pro m² Wohnfläche

Für den Variantenvergleich werden die folgenden spezifischen Verbräuche für die Raumwärme angesetzt:

Gesetzlicher Standard:
33 kWh / m² Jahr

KfW-Effizienzhaus 55:
23 kWh / m² Jahr

KfW-Effizienzhaus 40:
19 kWh / m² Jahr

Damit wird die Spanne möglicher Heizwärmebedarfe abgebildet und aufgezeigt welchen Effekt die Planung der Gebäudehülle in den jeweiligen Versorgungsvarianten hat. Die Annahmen entsprechen einem Primärenergiefaktor (PEF) der Wärmeversorgung von etwa 0,7.

⁶ Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2016: Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude
⁷ Fraunhofer IRB Verlag, Karlsruhe, 2012: Schulze Darup, B, Energieeffiziente Wohngebäude, BINE Informationsdienst

⁸ Albers (Hrsg.), 2018: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik (79. Auflage)

⁹ DBU, 2011, Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: Energieeffizienz mit städtebaulicher Breitenwirkung mit selbst erstellter Markierung

Zusammenstellung

Die auf den vorangegangenen Seiten erläuterten Annahmen für den Strom- und Wärmebedarf der Neubauten sind in der folgenden Tabelle und dem Diagramm zusammengestellt.

Diese Zusammenstellung separat für Baufeld 1 findet sich im entsprechenden Anhang dieses Berichts.

	Bedarfe je Einheit mit 57 m ²	Bedarfe inkl. Kita und Gemeinschaftsfläche gesamt
	kWh / Jahr	kWh / Jahr
Strombedarf	2.200	558.800 kWh / Jahr
Trinkwarmwasser	851	216.217
Raumwärme		
- gesetzlicher Standard	1.873	475.676
- KfW-Effizienzhaus-55	1.305	331.532
- KfW-Effizienzhaus-40	1.078	273.874
Summen Wärme		
- gesetzlicher Standard		691.893 kWh / Jahr
- KfW-Effizienzhaus-55		547.749 kWh / Jahr
- KfW-Effizienzhaus-40		490.091 kWh / Jahr

Der Strombedarf ist bei allen Gebäudestandards gleich, da sich eine verbesserte Gebäudehülle nicht darauf auswirkt. Auch der Energiebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung unterscheidet sich nicht. Die Unterschiede in der Gebäudehülle sind in den Heizwärmbedarfen erkennbar. Hierbei fällt auf, dass sich Effizienzhaus 40 und 55 voneinander nicht so stark unterscheiden wie das Effizienzhaus 55 und der gesetzliche Standard.

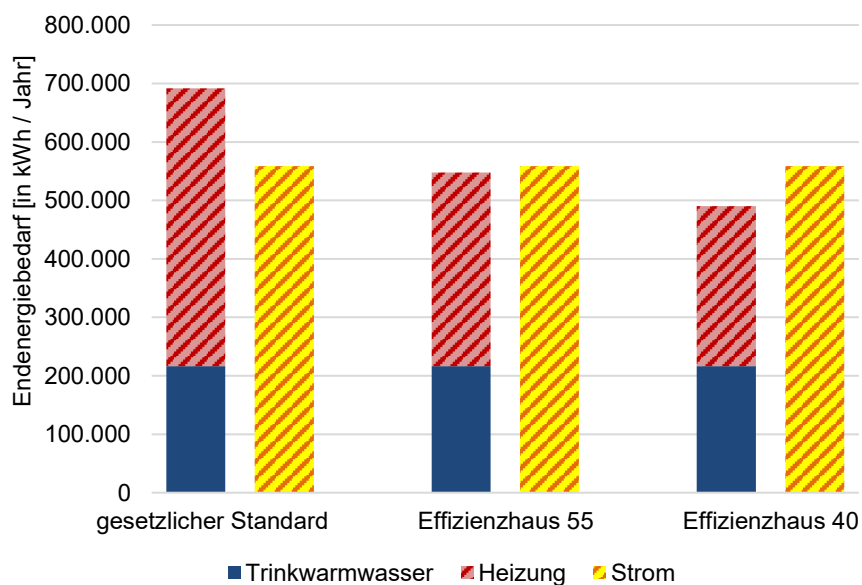


Abbildung 5: Zusammenstellung der Annahmen für den Strom- und Wärmebedarf

Bestandsaufnahme Versorgung

Zur Analyse der Versorgungssituation wurden Leitungsauskünfte, das Geo-Portal der Stadt Hamburg und eine Ortsbegehung herangezogen.

Gas

Für das Quartier besteht grundsätzlich die Möglichkeit zum Anschluss an das Gas-Niederdrucknetz, einzelne Bestandsgebäude werden aktuell mit Gas versorgt (siehe Leitungsauskunft durch Gasnetz Hamburg im Anhang).

Fernwärme

Der Stadtteil ist nicht an das Hamburger Fernwärmesystem angebunden.

Abwasserwärme

Für eine Abwasserwärmenutzung ist nach Leitungsauskunft durch die Hamburger Stadtentwässerung AöR kein Sied mit ausreichendem Querschnitt in der näheren Umgebung vorhanden. Um im Schmutz- oder Mischwassersied einen Wärmetauscher einbauen zu können, muss dieses Sied einen Mindestquerschnitt von 800 mm haben. Eine Sichtung der Karten aus dem Siedkataster zeigt, dass im Quartier ein Trennsied verlegt ist, das bedeutet Regen- und Schmutzwasser werden getrennt geführt. Im Regensied gibt es einzelne Abschnitte mit Nennweiten bis DN 400, im Schmutzwassersied liegt die maximale Nennweite ebenfalls bei DN 400 und ist somit zu klein für eine Nutzung der Wärme aus dem Abwasser.

Nördlich des Projektgebiets befindet sich eine Druckrohr-Transportleitung von Buxtehude nach Hamburg. Da es für dieses Sied keine Ausweichstrecke gibt und es somit für eine Außerbetriebnahme für den Wärmetauscher Einbau nicht in Frage kommt, ist laut Hamburg Wasser die Abwasserwärmenutzung in diesem Sied nicht möglich.

Erdreich

Die Wärmeentzugsleistung aus dem Erdreich ist vergleichsweise gering und Erdwärmesonden wären in dem Gebiet nach Einzelfallprüfung eventuell mit Auflagen möglich. (siehe Auszug aus dem Geo-Portal im Anhang).

Das Projektgebiet befindet sich innerhalb der Schutzzzone 3 des Wasserschutzgebietes Süderelbmarsch. im Fassungsgebiet des WW Neugraben in nur 500-600 m südlich zum Projektgebiet, nordöstlich des Projektgebietes ist ein flacher Notbrunnen betroffen.

Solar

Zur Ermittlung des Solarpotenzials wurden die Dachflächen, die insgesamt rund 5.100 m² groß sind, untersucht. Abzüglich der Randflächen mit 2 m Breite und bei einer Belegungsrate von 50 % der Dachflächen ergibt sich eine solar nutzbare Fläche von 870 m².

Für Baufeld 1 sind es insgesamt 2.000 m² mit einer Solarfläche von 350 m².

Eine Belegungsrate oder ein Flächennutzungsgrad von 50% ist auf den zum Zeitpunkt der

Gutachtenerstellung vorgesehenen Flachdächern gut realisierbar. Dieser Flächennutzungsgrad lässt nötige Lüftungsleitungen und Dachausstiege zu und entspricht einer Vollbelegung.

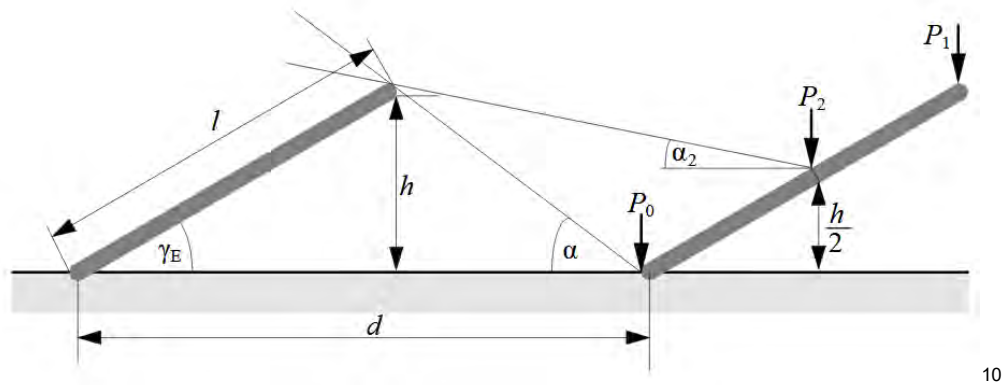


Abbildung 6: Geometrische Verhältnisse bei aufgeständerten Solarmodulen



Abbildung 7: Eigene Darstellung der geplanten Bebauung einschließlich beispielhafter Markierung der Solarflächen

¹⁰ 1998, Quaschnig, Hanitsch, Höhere Flächenausbeute durch Optimierung bei aufgeständerten Modulen

Vorhandene Nahwärmenetze

In der näheren Umgebung ist ein Wärmenetz vorhanden, das von der HanseWerk Natur GmbH betrieben wird. Die Leitungen des „Verbundnetz Süd“ verlaufen in der Straße Kleinfeld und somit direkt angrenzend zum Gebiet. Daher wird diese Möglichkeit der Wärmeversorgung mit Anschluss an das bestehende Nahwärmenetz weiter untersucht.

Quartiersbegehung

Um einen Eindruck vom Quartier und möglichen weiteren Versorgungslösungen zu bekommen, wurde am 28.07.2022 eine Begehung durchgeführt. Die folgenden Fotos vermitteln einen Eindruck vom Gebiet.



Abbildung 8: Foto Bahntrasse nördlich des Quartiers, aufgenommen vom S-Bahnhof Neugraben



Abbildung 10: Foto Flurstück 6964, Nutzung als Wohnwagenabstellplatz



Abbildung 9: Foto Straßenecke Kleinfeld, westlicher Dorflageweg

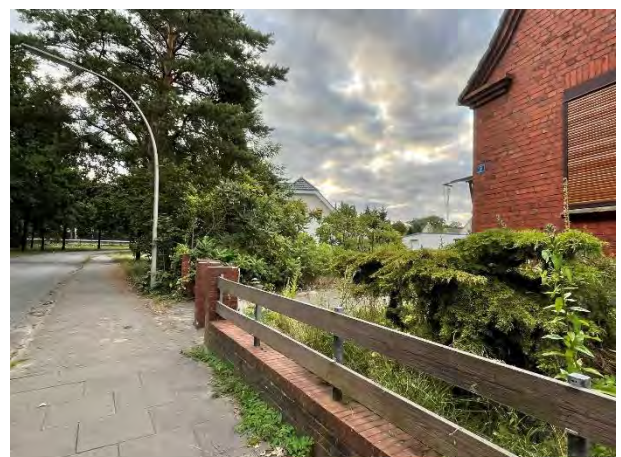


Abbildung 11: Foto westlicher Dorflageweg mit Bestandsbebauung

Umspannwerk

Bei der vorgenannten Begehung fiel auch das Umspannwerk auf. Es liegt zentral im Gebiet und wird von Stromnetz Hamburg betrieben. Da das Flurstück im ersten Eindruck noch Freiflächen bietet, wurde angefragt ob grundsätzlich die Möglichkeit gesehen wird, dort eine Heizzentrale zu positionieren, Dachflächen oder Abwärme zu nutzen.



Abbildung 12: Foto Umspannwerk von der Straße Kleinfeld aus



Abbildung 13: Foto Umspannwerk, aufgenommen vom östlichen Dorflageweg

Diese Anfrage wurde von Stromnetz Hamburg per Mail am 14.09.2022 tendenziell ablehnend bewertet:

„Da wir zum einen eine baldige Erneuerung anstreben, möglicherweise inkl. der notwendigen Erweiterungen durch den zusätzlichen Energiebedarf der Energiewende, wollen wir uns die Freiheit erhalten hier flexibel auf dem Grundstück agieren zu können. Die Nutzung des Dachs und möglicher weiterer Wärmequellen schließt dieses mit ein, da die von Ihnen avisierten 15 Jahre weit über dem Zeithorizont liegen die wir bis zu unserer Erneuerung, ggf. Erweiterung vorgesehen haben.

Aus oben genannten Gründen halten wir hier eine Kooperation für nicht zielführend.“

Versorgungsvarianten

Variante 1

WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kein Netz, PV

Die erste Variante ist eine Minimallösung, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Sie besteht aus dezentralen Wärmepumpen (kurz WP) die in den jeweiligen Gebäuden untergebracht sind und die Abluft der Gebäude, sowie die Wärme aus der Außenluft nutzen. Die Spitzenlast ist elektrisch. Die gesamte verfügbare Dachfläche wird für Photovoltaik (kurz PV) genutzt.

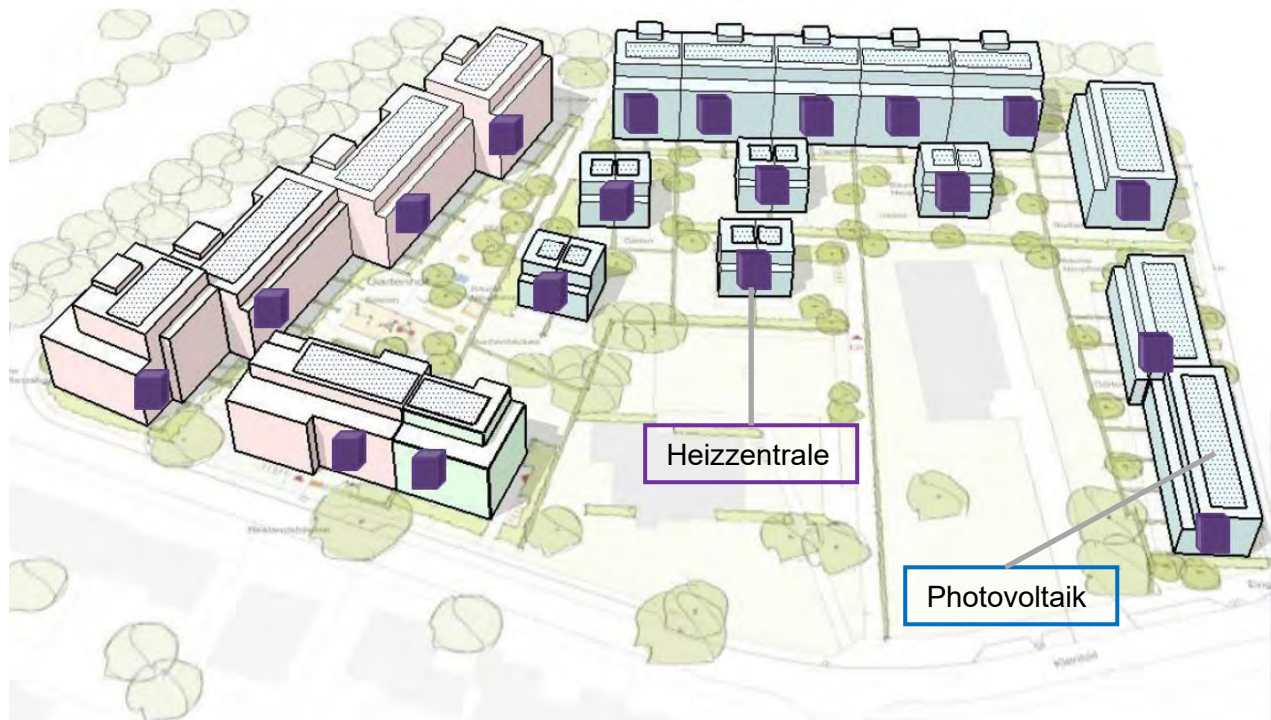


Abbildung 14: Eigene Darstellung der Variante 1

In dieser Variante gibt es 19 Heizzentralen mit jeweils einer einzelnen Wärmepumpe, Pufferspeichern und einem elektrischen Heizstab zur Spitzenlastabdeckung. Es gibt kein Wärmenetz.

Die Wärmepumpen nutzen die auf dem jeweiligen Grundstück vorhandenen Umweltwärmequellen. Das ist zunächst die Abluft oder Fortluft aus den Gebäuden, die ganzjährig zur Verfügung steht und bei einem 0,4-fachen Luftwechsel der Wohnungen theoretisch rund 250 MWh als Quelle für die Wärmepumpen liefert. Die Bedingung dafür ist, dass Wärmebereitstellung und -bedarf zeitlich zueinander passen, das ist bei der Trinkwarmwasserbereitung und der Wärme aus der Abluft der Fall.

Die Außenluft ist als Quelle für eine Wärmepumpe geeignet, allerdings ist der Heizwärmebedarf dann besonders hoch, wenn die Leistungszahl der Wärmepumpe schlechter wird. Bei

Außentemperaturen über 7°C liegt die Leistungszahl bei 4, bei Temperaturen unter -7°C dann nur noch bei 2,9. Dadurch erhöht sich der Strombedarf im Vergleich zu einer Wärmepumpe mit einer über das Jahr konstanteren Quelle wie der Abluft oder dem Erdreich. Es ergibt sich eine Jahresarbeitszahl von 3,4.

Der Wartungsaufwand ist in dieser Variante vergleichsweise gering. In einer jährlichen Wartung werden Wärmepumpen, Abluftkühler und Außenlufteinheiten geprüft. Diese Technologien sind erprobt und langjährig am Markt verfügbar, weshalb die Wartungen durch nahezu alle Heizungsbaufirmen erfolgen können. Im Unterschied zu zentralen Varianten müssen allerdings 19 Heizzentralen statt einer gewartet werden.

Die meisten technischen Anlagen emittieren Schall: Pumpen, Ventile, Verdichter und Gebläse machen Geräusche. Gerade tieffrequenter Schall, ein „Brummtön“ ist für die Bewohner häufig eine größere Belastung. In dieser Variante sind durch die vielen dezentralen Außenlufteinheiten zusätzliche dauerhafte Schallquellen im Quartier vorhanden. In jedem Gebäude gibt es eine Heizzentrale mit jeweils einer Wärmepumpe, Pumpen und Regelorganen. Diese lassen sich relativ gut schallisolieren, allerdings muss der Aufwand für jede Heizzentrale betrieben werden.

Um die Deckungsanteile der Komponenten in den einzelnen Varianten zu berechnen, wurde in allen Varianten mit einem Lastgang für den Wärmebedarf von Heizung und Trinkwarmwasserbereitung gerechnet. Die folgende Abbildung zeigt einen solchen Lastgang.

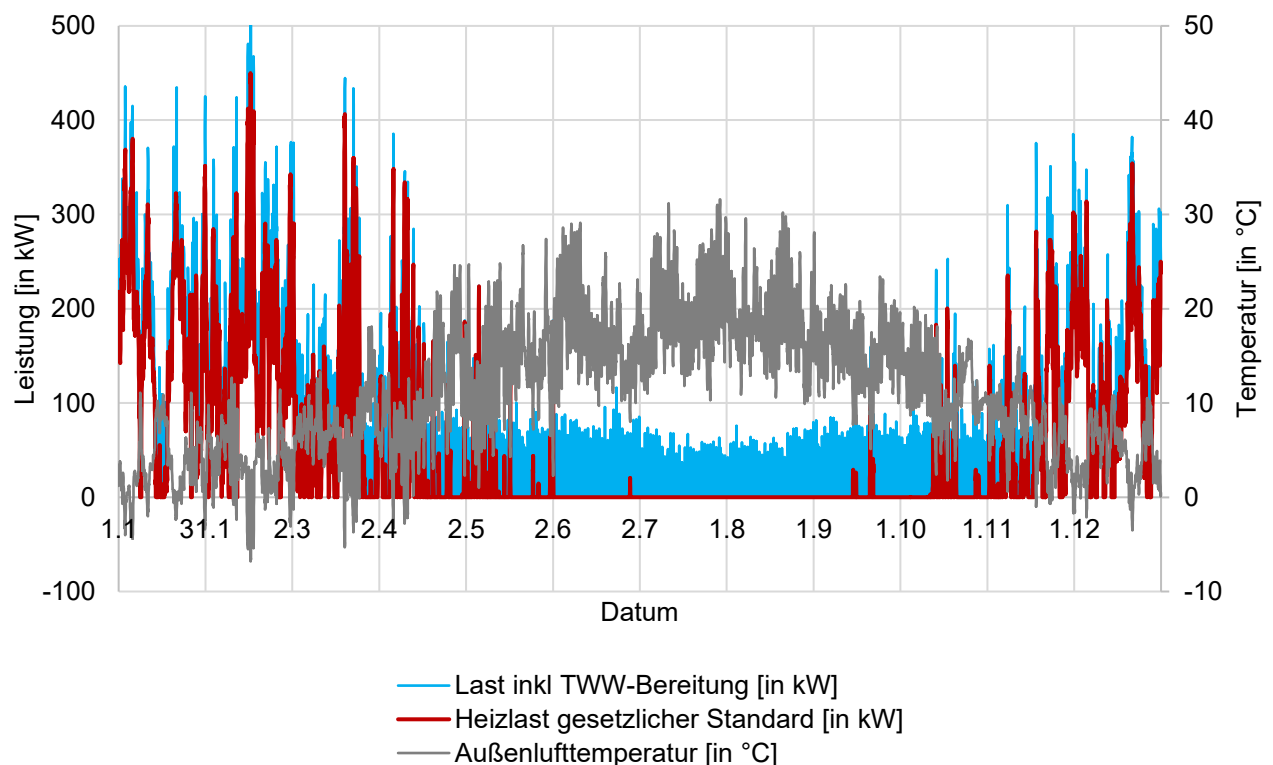


Abbildung 15: Lastgang zur Bestimmung der Deckungsanteile (Wetterdatensatz TRY 2045)

Der Lastgang für den Trinkwarmwasserbedarf ist mit DHWcalc¹¹ generiert.

Der Lastgang für die Raumheizung ist mit einer linearen Heizkurve in Abhängigkeit von der Außentemperatur des Wetterdatensatzes TRY2045_534741098520_Jahr.dat des DWD berechnet. Dies ist das prognostizierte Testreferenzjahr für den Zeitraum 2031 bis 2060 für den Quadratkilometer in dem das Quartier liegt.¹²

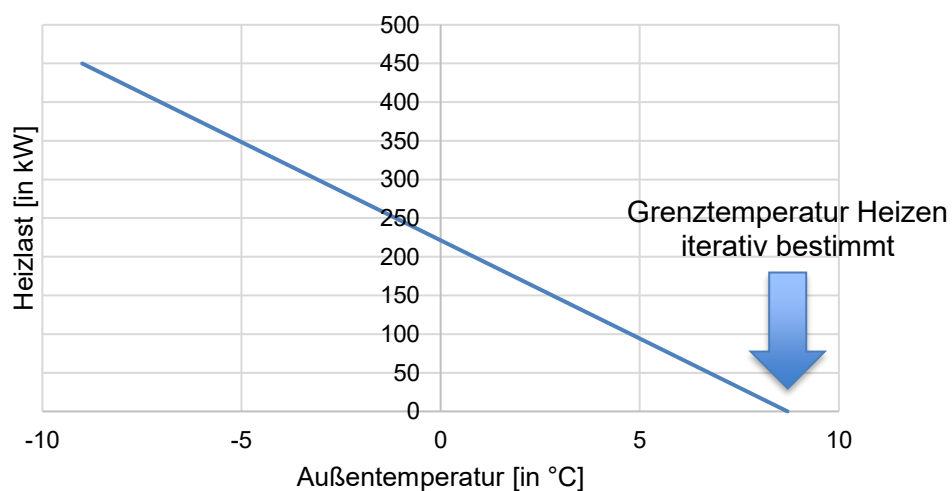


Abbildung 16: Lineare Heizkurve für das Gebäude nach gesetzlichem Standard zur Verdeutlichung der Abhängigkeit der Heizlast von der Außentemperatur

Das Diagramm zeigt die Abhängigkeit der Heizlast von der Außentemperatur. Bei niedrigen Außentemperaturen muss viel Heizwärme zur Verfügung gestellt werden. Mit ansteigender Außentemperatur wird die benötigte Leistung geringer. Bei Außentemperaturen um 9°C benötigt das Gebäude mit einer Gebäudehülle nach gesetzlichem Standard bei diesem Wetterdatensatz keine Heizleistung mehr. Diese Grenztemperatur wurde iterativ durch schrittweise Annäherung bestimmt. Der Wert wird in kleiner werdenden Schritten so angenähert, dass die Heizleistung und -arbeit aus dem Lastgang den vorgegebenen Annahmen entsprechen.

Anhand der Bestrahlungsstärke und der Außenlufttemperatur aus dem Wetterdatensatz und folgenden Annahmen zur Photovoltaik wurden die Erträge und Deckungsanteile berechnet.

¹¹ DHWcalc: Werkzeug zur Generierung von Trinkwasser-Zapfprofilen auf statistischer Basis; Version 2.02

¹² „Testreferenzjahre (TRY) sind speziell zusammengestellte Datensätze, die für jede Stunde eines Jahres verschiedene meteorologische Daten enthalten. Sie sollen einen mittleren, aber für das Jahr typischen Witterungsverlauf repräsentieren. Solche Datensätze werden vor allem für Simulationen und Berechnungen im heizungs- und raumluftechnischen Bereich von Planern und Ingenieuren genutzt. [...] Um die klimatischen Anforderungen an die Heiz-, Klimatisierungs- und Lüftungstechnik auch für den Zeitraum einer längeren Betriebsdauer berücksichtigen zu können, wurden zusätzlich Testreferenzjahre auf Basis von bis zu 12 regionalen Klimamodellen für den Zeitraum 2031 bis 2060 entwickelt.“ DWD, Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung, Regionales Klimabüro Essen, Testreferenzjahre, Link im Quellenverzeichnis

Fläche Photovoltaik:	870 m ²
Jahresertrag Photovoltaik:	142 kWh/m ² Jahr
Leistung WP über Abluft:	38 kW, Jahresarbeitszahl 4,0
Leistung WP über Außenluft:	100 kW, Jahresarbeitszahl 3,4
Platzbedarf in der Heizzentrale:	je Heizzentrale mindestens 6 m ² Insgesamt 114 m ²

Die Kreisdiagramme zeigen die Deckungsanteile der Wärmeerzeuger der Variante 1 bei den verschiedenen Dämmstandards.

Die Wärmemenge aus der **Abluft** (rot) ergibt sich aus der verfügbaren Wärme aus dem 0,4-fachen Luftwechsel der Wohnungen bei gleichzeitigem Wärmebedarf. Diese Wärmemenge ist in allen Varianten gleich, allerdings ist der Gesamtwärmebedarf unterschiedlich, weshalb der Anteil zwischen 32% und 45% liegt.

Der Anteil der **Außenluftwärmepumpe** (grün) liegt je nach Dämmstandard des Gebäudes bei 37 % bis 44 %. Da die Wärmepumpe so berechnet wurde, dass sie nur bis zu 35°C liefert und die darüberliegenden Temperaturen für die Trinkwarmwasserbereitung über einen elektrischen Heizstab nachgeliefert werden, ergibt sich ein **Spitzenlastanteil** von 18 % bis 24 %.

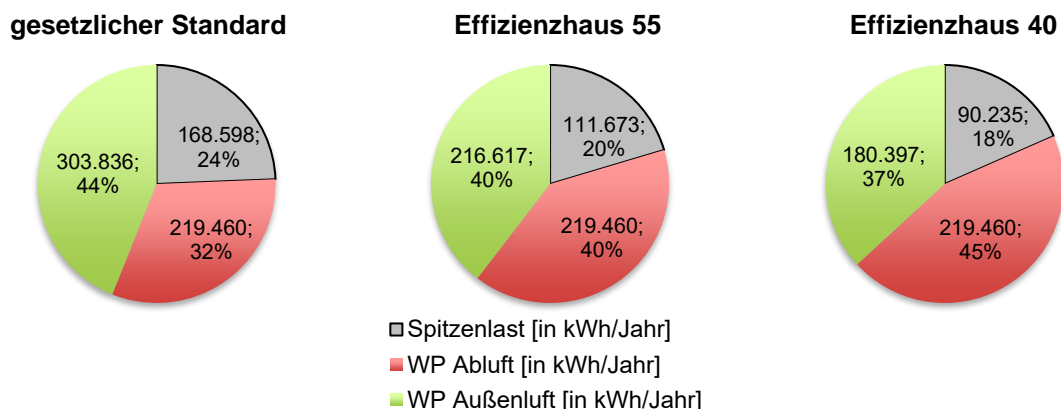


Abbildung 17: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 1 bei den verschiedenen Dämmstandards

Variante 2

WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kaltes Netz, PV-T

In der zweiten Variante werden die Wärmepumpen um ein niedertemperiertes („kaltes“) Wärmenetz ergänzt. Der Vorteil an dem kalten Wärmenetz ist, dass die Quellen für die Wärmepumpe nicht in jedem Gebäude erschlossen werden müssen, sondern die Gebäude voneinander profitieren können. Die Temperaturen im kalten Netz liegen üblicherweise bei 0°C bis 16°C.

Wie in Variante 1 wird hier die Abluft oder Fortluft aus den Gebäuden genutzt. Diese steht ganzjährig zur Verfügung und passt zum Wärmebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung.

Da die Außenluft eine verhältnismäßig ungünstige Wärmequelle ist, kann sie in Variante 2 durch Absorber (bzw. PV-T) und einen kleineren Eisspeicher ersetzt werden. Die Spitzenlast ist elektrisch. Die gesamte verfügbare Dachfläche wird für PV genutzt. Der mit der PV produzierte Strom könnte in ein Quartiersstromkonzept fließen.

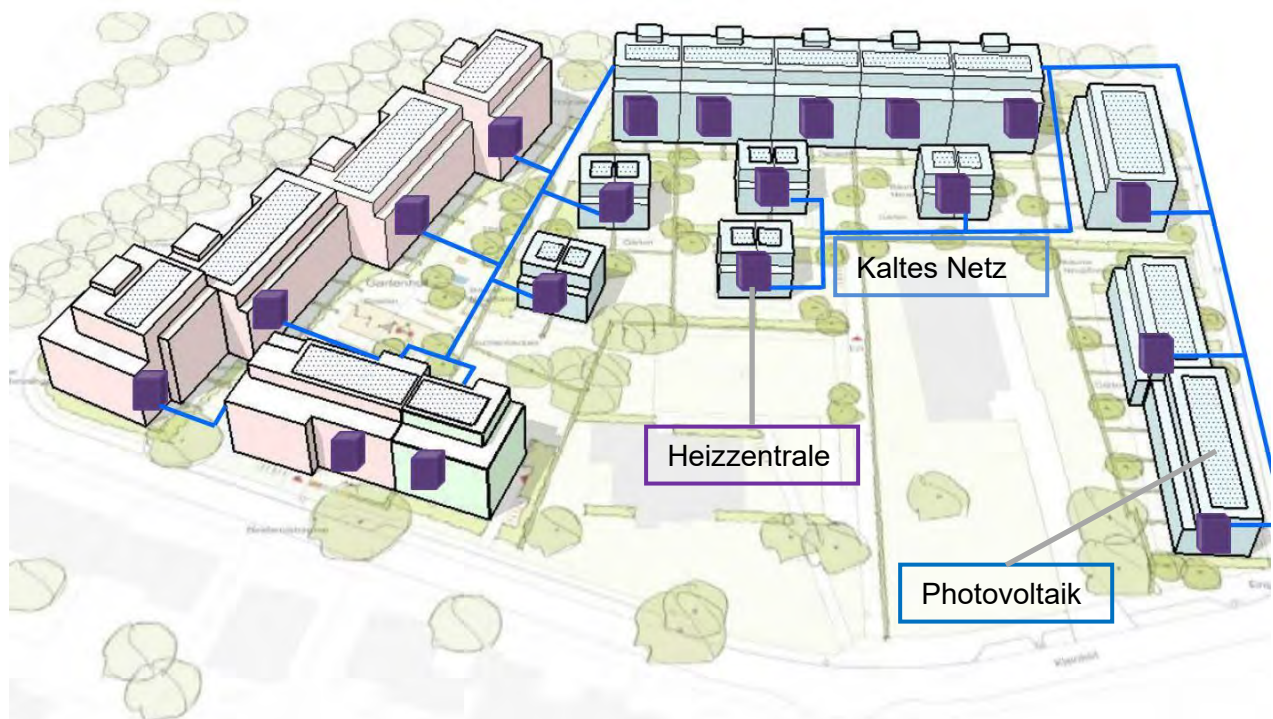


Abbildung 18: Eigene Darstellung der Variante 2

In dieser Variante gibt es 19 Heizzentralen mit jeweils einer einzelnen Wärmepumpe, Pufferspeichern und einem elektrischen Heizstab zur Spitzenlastabdeckung. Ein kaltes Wärmenetz verbindet die Gebäude. In einer größeren Heizzentrale im Quartier werden die erforderlichen Netzpumpen, Regelung und die Einbindung von Absorbern und Eisspeicher untergebracht.

Absorber auf den Dächern entziehen die Energie aus der Umgebung, wenn die Außentemperatur oberhalb von 4°C ist. Diese Wärmequelle steht also nicht ganzjährig zur Verfügung. Wie die Abluft werden sie immer dann genutzt, wenn Wärme vorhanden ist und

gleichzeitig ein Wärmebedarf besteht. Die Jahresarbeitszahl der Wärmeerzeugung über die Absorber wurde mit 3,8 angenommen.

Die Absorber können dann auch als PV-T ausgeführt werden. PV-T sind Photovoltaik-Module auf deren Rückseite Absorber zur Warmegewinnung montiert sind.

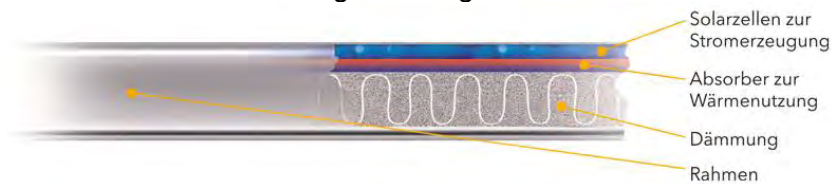


Abbildung 19: Produktbeispiel PV-T Kollektor¹³

Diese Kollektoren erzeugen also gleichzeitig Wärme und Strom. Die Kühlung der Photovoltaik durch die Wärmepumpe erhöht den Wirkungsgrad der Stromerzeugung.

Der Eisspeicher dient als Energiemanager. Er enthält Wasser, das durch den Energieentzug abkühlt bis es gefriert. Im Phasenübergang von flüssigem Wasser zu Eis ist die gleiche Wärmemenge wie zwischen 0°C und 80°C warmem Wasser enthalten. Diese Wärmemenge wird dem Wasser des Eisspeichers über Wärmetauscher entzogen, wodurch der Eisspeicher immer kälter wird und anschließend langsam vereist. Die im Eisspeicher angeordneten Wärmetauscher gewährleisten, dass er immer von unten nach oben und von innen nach außen gefriert. So wird sichergestellt, dass das sich ausdehnende Eis den Betonbehälter nicht sprengt. Am Ende der Heizperiode ist der Eisspeicher gefroren und kann wieder mit Energie beladen (= aufgetaut) werden. Dies geschieht hier durch Absorber oder das Erdreich vor allem über die Sommermonate und außerhalb der Heizperiode da es in dieser Zeit ausreichend verfügbare Umweltwärme gibt. Der Eisspeicher muss in diesem Anwendungsfall nach der ersten Abschätzung ein Volumen von 150 m³ haben, was beispielsweise bei einem runden Speicher mit 3 m Füllhöhe einen Durchmesser von 8 m ergibt.

Der Eisspeicher sollte von Erdreich umgeben sein und einen Mindestabstand von 2 m zur Kellerwand einhalten. Er kann überbaut werden, sollte aber eine Schachttöffnung zur Revision enthalten.

Auf der folgenden Seite ist eine mögliche Position des Eisspeichers im Quartier eingezeichnet.

¹³ Abbildung von Herstellerhomepage 2power



Abbildung 20: exemplarische Darstellung Position Eisspeicher (Durchmesser 8 m äußerer Kreis)

Der Wartungsaufwand ist in dieser Variante durchschnittlich. In einer jährlichen Wartung werden Wärmepumpen, Abluftkühler und Absorber geprüft. Diese Technologien sind erprobt und langjährig am Markt verfügbar, weshalb die Wartungen durch nahezu alle Heizungsbaufirmen erfolgen können. Im Unterschied zu zentralen Varianten müssen allerdings 19 Heizzentralen statt einer gewartet werden. Ein Eisspeicher muss nicht gewartet werden, allerdings ist angeraten im Monitoring zumindest jährlich zu prüfen ob Energieentzug und Regeneration wie geplant funktionieren. Dies sollte aufgrund der Komplexität durch ein Ingenieurbüro erfolgen und ist förderfähig.

Im Vergleich zur Variante 1 entfallen in dieser Variante die Außenlufteinheiten, weshalb sie weniger Schallquellen im Außenbereich hat und für die Bewohner weniger belastend wirkt. Die Absorber / PV-T sind nahezu geräuschlos. In jedem Gebäude gibt es eine Heizzentrale mit jeweils einer Wärmepumpe, Pumpen und Regelorganen. Diese lassen sich relativ gut schallisieren, allerdings muss der Aufwand für jede Heizzentrale betrieben werden.

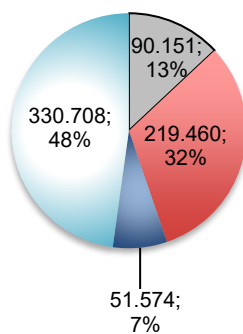
Anhand der Bestrahlungsstärke und der Außenlufttemperatur aus dem Wetterdatensatz und folgenden Annahmen zur Photovoltaik wurden die Erträge und Deckungsanteile berechnet.

Fläche Photovoltaik:	870 m ²
Jahresertrag Photovoltaik:	142 kWh/m ² Jahr
Fläche Absorber:	353 m ² (positioniert als PV-T in Baufeld 1)
Durchmesser Eisspeicher:	8 m
Leistung WP über Abluft:	38 kW, Jahresarbeitszahl 4,0
Leistung WP über Absorber direkt:	21 kW, Jahresarbeitszahl 3,8
Leistung WP über Eisspeicher:	150 kW, Jahresarbeitszahl 3,5
Platzbedarf in der Heizzentrale:	je Heizzentrale mindestens 6 m ² , eine Heizzentrale 30 m ² Insgesamt 138 m ²

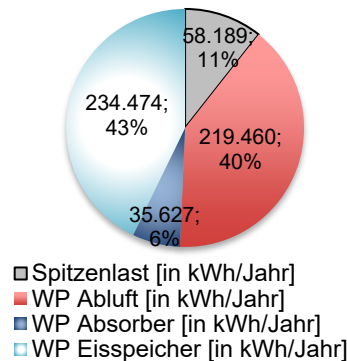
Die Kreisdiagramme zeigen die Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Variante 2 bei den verschiedenen Dämmstandards.

Im Vergleich zu Variante 1 kann der Anteil der elektrischen **Spitzenlast** (grau) reduziert werden. Da die Wärmemenge aus der **Abluft** (rot) konstant ist, aber der Wärmebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandard sinkt, variiert der Anteil der Abluftwärmepumpe zwischen 32% und 45%. **Eisspeicher** (hellblau) und **Absorber** (dunkelblau) decken gemeinsam 46% bis 55 % des Wärmebedarfs. Die Wärme über den Eisspeicher ist ebenfalls zum großen Teil Energie aus den Absorbern, die allerdings über den Eisspeicher saisonal gespeichert.

gesetzlicher Standard



Effizienzhaus 55



Effizienzhaus 40

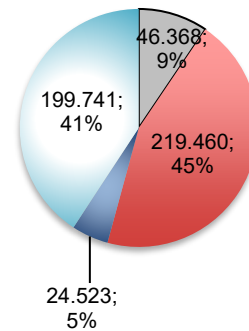


Abbildung 21: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 2 bei den verschiedenen Dämmstandards

Variante 3

WP, Solarthermie, Spitzenlast elektrisch, zentral, kaltes und warmes Netz, PV

In der dritten Variante erfolgt die Wärmeversorgung zentral. Das kalte Wärmenetz wird um ein höhertemperiertes („warmes“) Netz ergänzt. Da das Quartier neu bebaut werden soll, sind in dem warmen Netz lediglich Vorlauftemperaturen von 55-65°C erforderlich. Solarthermische Anlagen auf größeren Dächern speisen in das warme Netz ein. Zentral im Quartier positionierte Wärmepumpen nutzen die Energie aus der Abluft der Gebäude, aus Absorbern beziehungsweise PV-T und einem Eisspeicher. Über das kalte Netz werden die im Quartier verteilten Quellen „eingesammelt“ und zur Heizzentrale transportiert. In der Heizzentrale wird das Temperaturniveau durch die Wärmepumpen angehoben und die Wärme über das warme Netz wieder im Quartier verteilt. So wird in dieser Variante ein besonders hoher regenerativer Deckungsanteil aus dem Quartier selbst bereitgestellt.

Der Strom aus der Photovoltaik kann in einem Quartiersstromkonzept genutzt werden.

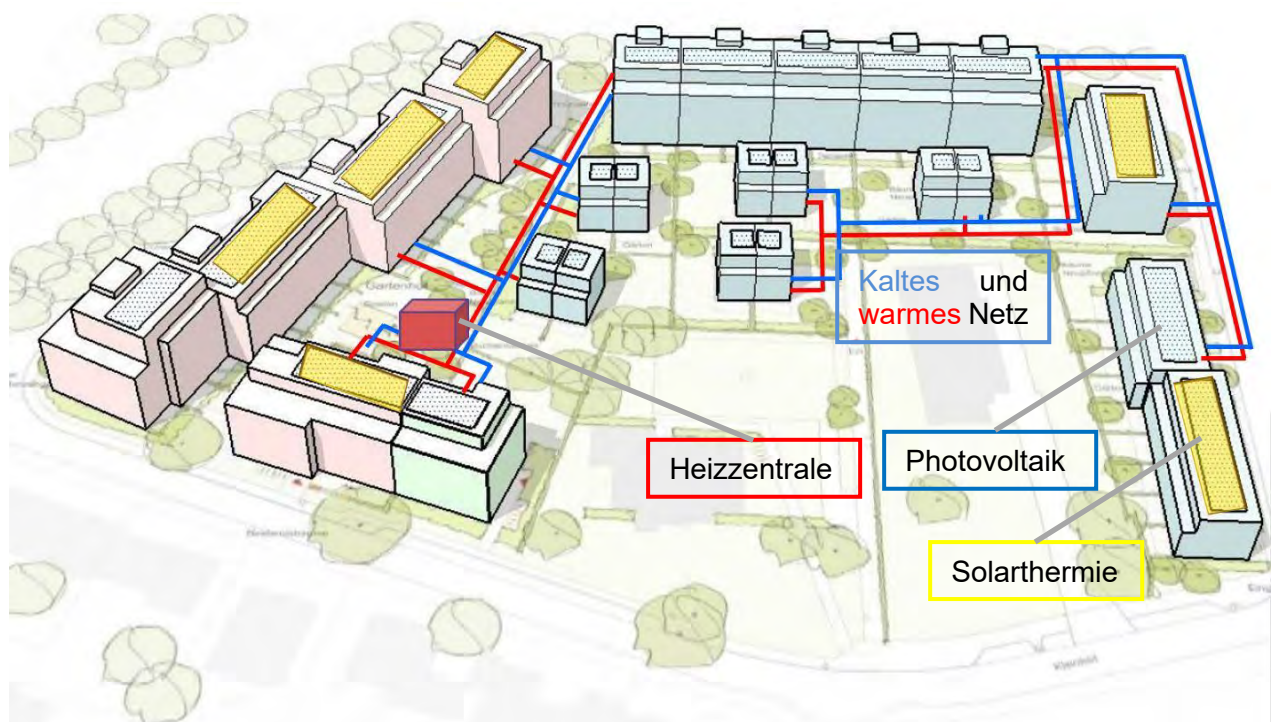


Abbildung 22: Eigene Darstellung der Variante 3

Der Wartungsaufwand ist in dieser Variante vergleichsweise hoch. In einer jährlichen Wartung werden Wärmepumpen, Abluftkühler, Absorber und die Solarthermie geprüft. Diese Technologien sind erprobt und langjährig am Markt verfügbar, weshalb die Wartungen durch nahezu alle Heizungsbaufirmen erfolgen können. Fachfirmen mit Erfahrungen mit Wärmepumpen mit mehreren Wärmequellen sind in Hamburg zu finden. Da die Solarthermie im Quartier verteilt ist, erhöht sich der Aufwand. Die Wärmepumpen wiederum sind zentral angeordnet, was den Aufwand im Vergleich zu den ersten beiden Varianten verringert. Das Netz und der Eisspeicher müssen nicht gewartet werden, allerdings ist angeraten im Monitoring zumindest jährlich zu prüfen ob Energieentzug und Regeneration wie geplant funktionieren. Dies sollte aufgrund der Komplexität durch ein Ingenieurbüro erfolgen und ist förderfähig.

In dieser Variante sind die Schallemissionen überwiegend zentral angeordnet. Gerade im direkten Umfeld der großen Heizzentrale kann tieffrequenter Schall für die Bewohner zu einer Belastung werden, wenn der Schallschutz nicht fachgerecht geplant wird. Im Vergleich zu den ersten beiden Varianten ist dies allerdings nur für eine Heizzentrale nötig und gut machbar. Solarthermische Anlagen verursachen keine Schallemissionen im Außenbereich.

Anhand der Bestrahlungsstärke und der Außenlufttemperatur aus dem Wetterdatensatz und folgenden Annahmen zur Solarnutzung wurden die Erträge und Deckungsanteile berechnet.

Fläche Solarthermie:	250 m ²
Solarspeicher:	12 Stunden
Jahresertrag Solarthermie:	412 kWh / m ² Jahr
Fläche Photovoltaik:	620 m ²
Jahresertrag Photovoltaik:	142 kWh / m ² Jahr
Fläche Absorber:	353 m ² (ausgeführt als PV-T)
Durchmesser Eisspeicher:	8 m
Leistung WP über Abluft:	38 kW, Jahresarbeitszahl 4,0
Leistung WP über Absorber direkt:	16 kW, Jahresarbeitszahl 3,8
Leistung WP über Eisspeicher:	150 kW, Jahresarbeitszahl 3,5
Platzbedarf in der Heizzentrale:	75 m ²

Die Kreisdiagramme zeigen die Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Variante 3 bei den verschiedenen Dämmstandards. Da die **Solarthermie** (orange) in den Sommermonaten die günstigere Wärmequelle ist, verdrängt sie die Wärme aus der **Abluftwärmepumpe** (rot). Ihr Deckungsanteil sinkt im Vergleich zu den vorangegangenen Varianten auf 28% bis 35%. Gemeinsam mit der Wärme aus **Eisspeicher** (hellblau) und **Absorbern** (dunkelblau) kann so ein sehr hoher regenerativer Deckungsanteil erreicht werden. Die Wärme aus der elektrischen **Spitzenlast** (grau) liegt dann nur noch bei 4% bis 10%.

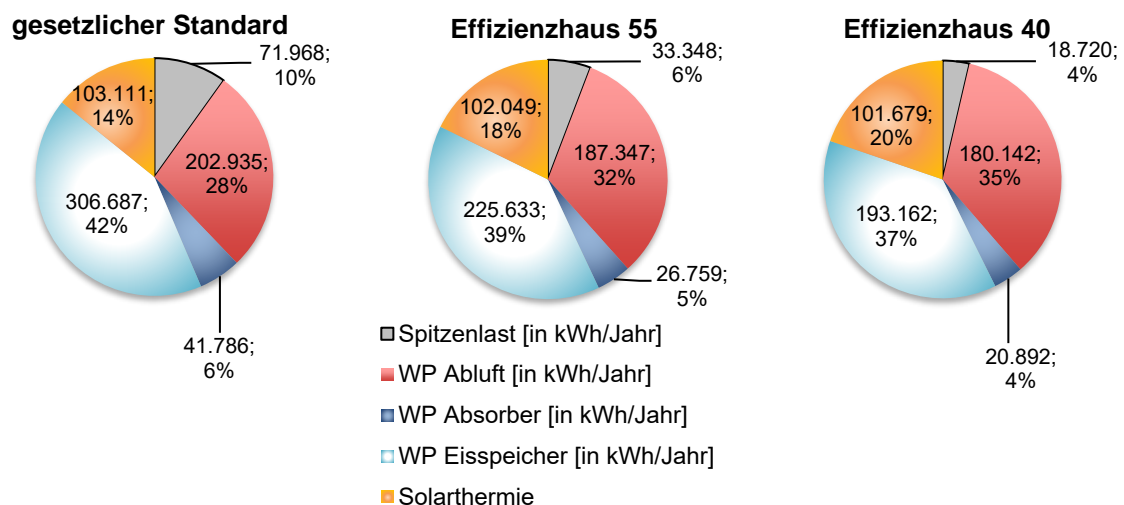


Abbildung 23: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 3 bei den verschiedenen Dämmstandards

Variante 4

WP, Solarthermie, Spitzenlast Wärmenetz, zentral, warmes Netz, PV-T

In der vierten Variante werden die Gebäude durch eine zentrale Wärmepumpe über ein Wärmenetz versorgt. Auch die Spitzenlastabdeckung erfolgt zentral durch einen Anschluss an das Verbundnetz Süd. Die Energie wird teilweise in einem Eisspeicher saisonal gespeichert. Eisspeicher, Solarthermie und Regenerationsflächen sind zentral im Baufeld 1 positioniert und daher anders dimensioniert als in Variante 3.

Die Stromversorgung erfolgt aus dem öffentlichen Versorgungsnetz und wird durch Photovoltaik ergänzt auf den verbleibenden Dachflächen. Der Strom aus der Photovoltaik kann in einem Quartiersstromkonzept genutzt werden.

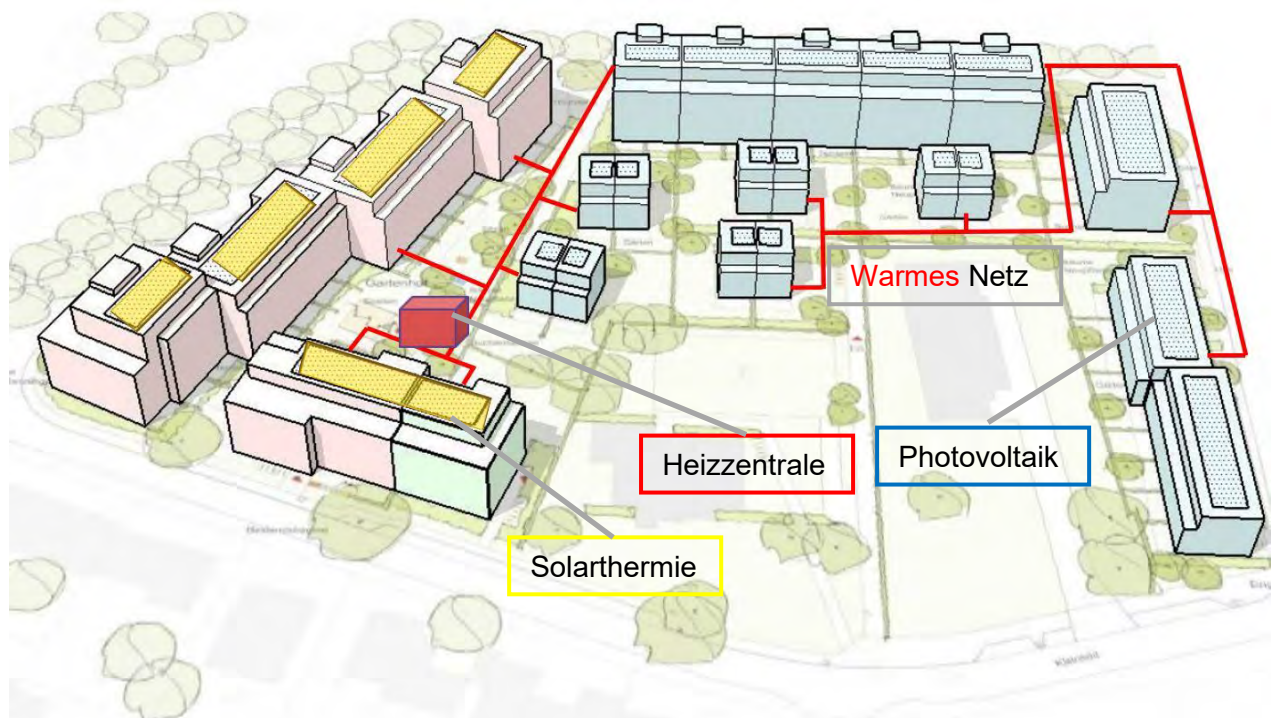


Abbildung 24: Eigene Darstellung der Variante 4

Der Anschluss an das Verbundnetz Süd zur Spitzenlastversorgung ist nach Aussage des Betreibers grundsätzlich möglich. Weil allerdings nur eine geringere Wärmemenge in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließt sind voraussichtlich erhöhte Anschlusskostenbeiträge für die Netzanschlüsse zu zahlen. Dies ist in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt.

Der Wartungsaufwand ist in dieser Variante ähnlich der Variante 3 und vergleichsweise hoch. In einer jährlichen Wartung werden Wärmepumpen, Abluftkühler, Absorber und die Solarthermie geprüft. Da die Solarthermie zentral im Quartier verortet ist, ist der Aufwand im Vergleich zur Variante 3 etwas geringer. Das Netz und der Eisspeicher müssen nicht gewartet werden, allerdings ist angeraten im Monitoring zumindest jährlich zu prüfen ob Energieentzug und Regeneration wie geplant funktionieren. Dies sollte aufgrund der Komplexität durch ein Ingenieurbüro erfolgen und ist förderfähig.

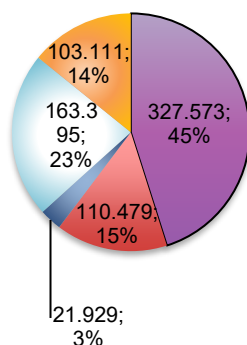
In dieser Variante sind die Schallemissionen überwiegend zentral angeordnet. Gerade im direkten Umfeld der großen Heizzentrale kann tieffrequenter Schall für die Bewohner zu einer Belastung werden, wenn der Schallschutz nicht fachgerecht geplant wird. Im Vergleich zu den ersten beiden Varianten ist dies allerdings nur für eine Heizzentrale nötig und gut machbar. Solarthermische Anlagen verursachen keine Schallemissionen im Außenbereich.

Anhand der Bestrahlungsstärke und der Außenlufttemperatur aus dem Wetterdatensatz und folgenden Annahmen zur Solarnutzung wurden die Erträge und Deckungsanteile berechnet.

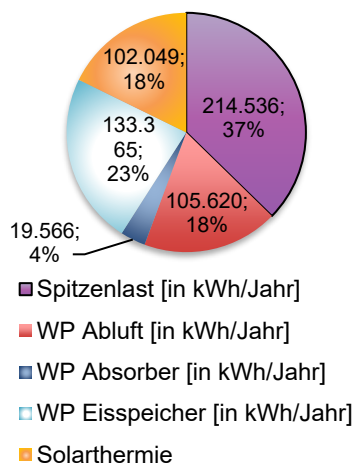
Fläche Solarthermie:	250 m ²
Solarspeicher:	12 Stunden
Jahresertrag Solarthermie:	412 kWh / m ² Jahr
Fläche Photovoltaik:	620 m ²
Jahresertrag Photovoltaik:	142 kWh / m ² Jahr
Fläche Absorber:	103 m ² (ausgeführt als PV-T)
Durchmesser Eisspeicher:	4 m
Leistung WP über Abluft:	18 kW, Jahresarbeitszahl 4,0
Leistung WP über Absorber direkt:	6 kW, Jahresarbeitszahl 3,8
Leistung WP über Eisspeicher:	44 kW, Jahresarbeitszahl 3,5
Platzbedarf in der Heizzentrale:	75 m ²

Die Kreisdiagramme zeigen die Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Variante 4 bei den verschiedenen Dämmstandards. Da die Fläche der **Solarthermie** (orange) wie in Variante 3 ist, sind auch die Deckungsanteile gleich. Da in dieser Variante nur die **Abluftwärme** (rot) aus dem Baufeld 1 genutzt wird, sind auch die Wärmemengen und Deckungsanteile geringer als in den vorangegangenen Variante. **Eisspeicher** (hellblau) und **Absorber** (dunkelblau) sind ebenfalls kleiner dimensioniert, weshalb der Anteil aus dem externen **Wärmenetz** (violett) bei 33 % bis 45 % liegt.

gesetzlicher Standard



Effizienzhaus 55



Effizienzhaus 40

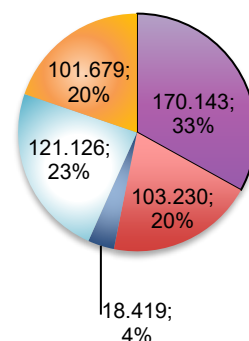


Abbildung 25: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 4 bei den verschiedenen Dämmstandards

Variante 5

Externes Wärmenetz, PV

In der fünften Variante wird der Anschluss der Gebäude an das vorhandene Nahwärmenetz der HanseWerk Natur GmbH untersucht. In den Gebäuden gibt es lediglich eine Wärmeübergabestation.

Die Stromversorgung erfolgt aus dem öffentlichen Versorgungsnetz und wird durch Photovoltaik ergänzt. Der Strom aus der Photovoltaik kann in einem Quartiersstromkonzept genutzt werden.

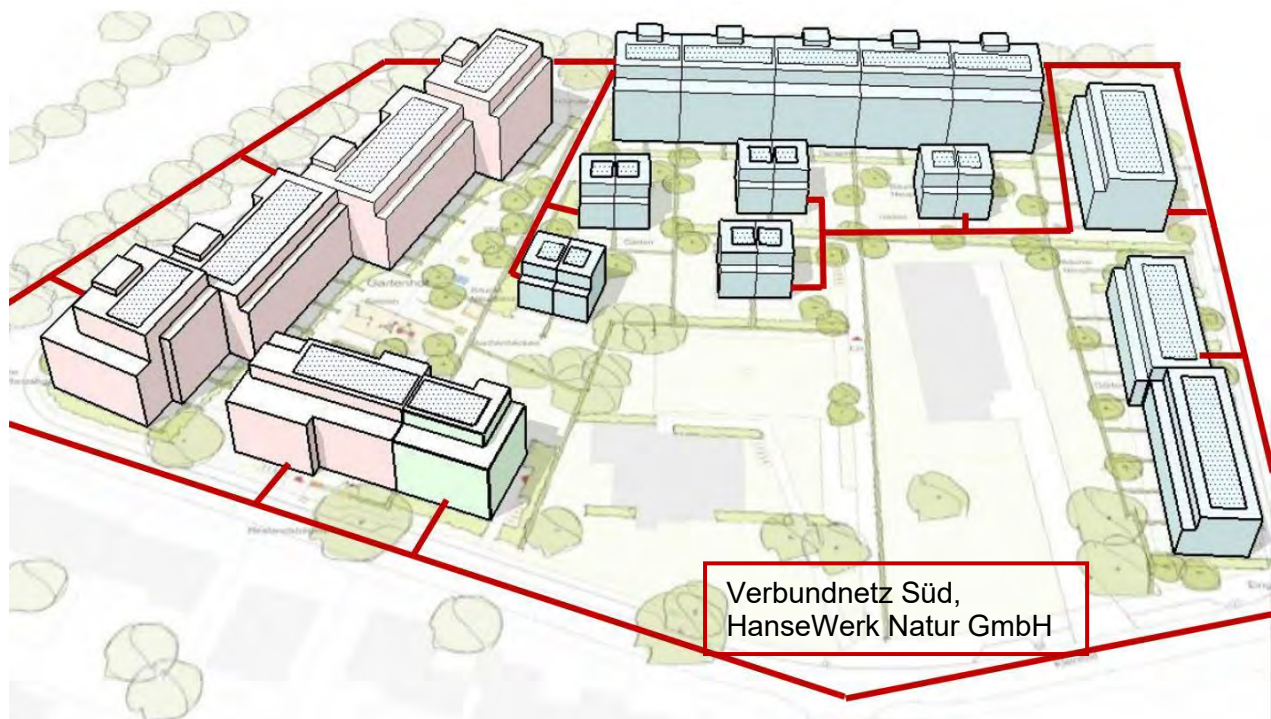


Abbildung 26: Eigene Darstellung der Variante 5

Die Abdeckung des Wärmebedarfs erfolgt in Variante 5 komplett durch die externe Wärmeversorgung über ein Wärmenetz.

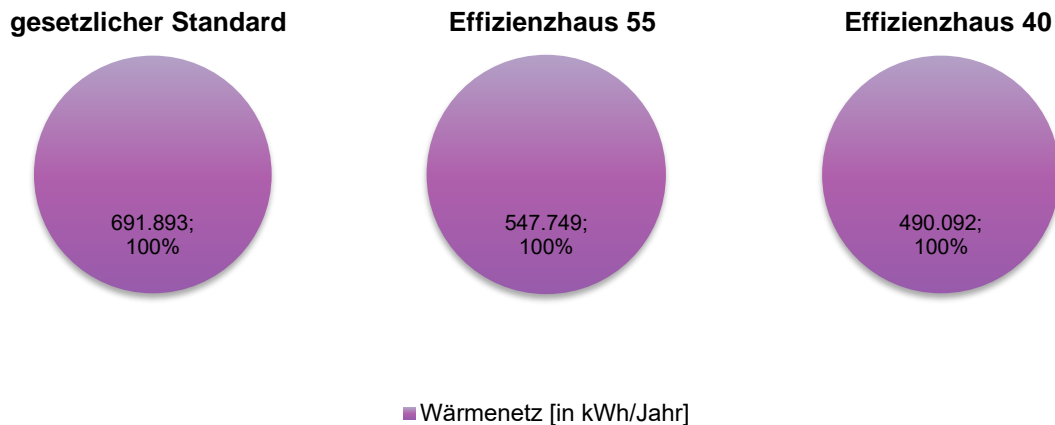


Abbildung 27: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 5 bei den verschiedenen Dämmstandards

Die aktuellen Zertifikate des Verbundnetz Süd gelten bis April 2023, da zum Zeitpunkt der Erstellung des Fachplans keine Änderung der Richtlinien der AGFW FW 309-1 bekannt ist, wird sich bei dem bescheinigten Primärenergiefaktor von 0,45 voraussichtlich keine gravierenden Änderungen ergeben.

Für die Auswertung der CO₂-Emissionen wurde nicht der Emissionsfaktor nach FW 309-1 mit 0 g / kWh gerechnet, sondern die Wärme mit der finnischen Methode¹⁴ bewertet. Es ergeben sich 94 g / kWh.

Voraussichtlich würden nicht alle Gebäude im Quartier zeitgleich angebunden. Die Flächen im östlichen Teil sind in Streubesitz und werden voraussichtlich schrittweise angebunden.

Wenn beispielsweise nur das Flurstück 790, Dorflageweg 16 angebunden werden sollte, würde sich der Netzbetreiber den perspektivischen Verbrauch ansehen, eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellen und danach die Anschlusskostenbeiträge berechnen. Eine Versorgung des z.B. Dorflageweg 16 ist möglich, da nach erster Betrachtung der gesamte Dorflageweg erschlossen werden soll.

Für diese Variante gibt es keinen regelmäßig erforderlichen Wartungsaufwand für die Heizungsanlage.

Der Platzbedarf für die Übergabestation liegt je Gebäude bei etwa 5 m².

Da die Anlagen zur Wärmebereitstellung nicht im Quartier untergebracht sind, gibt es in dieser Variante keine zusätzliche Schallbelastung durch Wärmeerzeuger.

¹⁴ Zu Allokationsmethoden siehe u. A. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3476.pdf>

Energie- und Klimabilanz

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die niedrigsten CO₂-Emissionen werden bei Variante 5 im KfW 40-Standard erreicht. Die Annahmen zu den CO₂-Faktoren finden sich im Anhang des Berichts. Mit voraussichtlich geringer werdenden Emissionen im Strom- und Wärmenetz durch Dekarbonisierung, sinken auch die CO₂-Emissionen der Varianten.

		Endenergie [in MWh / Jahr]			Primärenergie [in MWh/Jahr]				CO ₂ -Emissionen [in t/Jahr]		
		Strom	Wärme	Gesamt	Strom*	Wärme*	PEF Wärme	Gesamt	Strom	Wärme	Gesamt
V1: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kein Netz, PV	Standard	871	692	1.563	1.347	0	0,45	1.347	260	0	260
	EfH 55	791	548	1.338	1.202	0	0,42	1.202	232	0	232
	EfH 40	759	490	1.249	1.145	0	0,41	1.145	221	0	221
V2: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kaltes Netz, PV-T	Standard	811	692	1.503	1.239	0	0,36	1.239	239	0	239
	EfH 55	748	548	1.296	1.124	0	0,34	1.125	217	0	217
	EfH 40	723	490	1.213	1.080	0	0,34	1.080	209	0	209
V3: WP, Solarthermie, Spitzenlast elektrisch, zentral, kaltes und warmes Netz, PV	Standard	780	726	1.506	1.246	0	0,30	1.246	241	0	241
	EfH 55	710	575	1.285	1.121	0	0,26	1.121	217	0	217
	EfH 40	683	515	1.198	1.072	0	0,24	1.072	207	0	207
V4: WP, Solarthermie, Spitzenlast Wärmenetz, zentral, warmes Netz, PV-T	Standard	639	726	1.365	992	147	0,31	1.139	192	31	223
	EfH 55	628	575	1.203	973	97	0,29	1.070	188	20	208
	EfH 40	624	515	1.138	965	77	0,28	1.042	187	16	203
V5: Externes Wärmenetz, PV	Standard	559	692	1.251	784	311	0,45	1.096	152	65	217
	EfH 55	559	548	1.107	784	246	0,45	1.031	152	52	203
	EfH 40	559	490	1.049	784	221	0,45	1.005	152	46	198

*bei Netzstrombezug PEF 1,8 und Wärmenetz PEF 0,45

Abbildung 28: Tabelle zur Zusammenstellung von End-, Primärenergiebedarfen und CO₂-Emissionen für die Varianten

Berechnet man aus dem Anteil erneuerbarer Energien am Strom (für 2020 waren das 45,2%) und dem Anteil erneuerbarer Energien am externen Wärmenetz (gem. § 5 Abs. 3 FFVAV sind das 0%) den Anteil erneuerbarer Energien in den Varianten, ergeben sich die untenstehenden Werte.

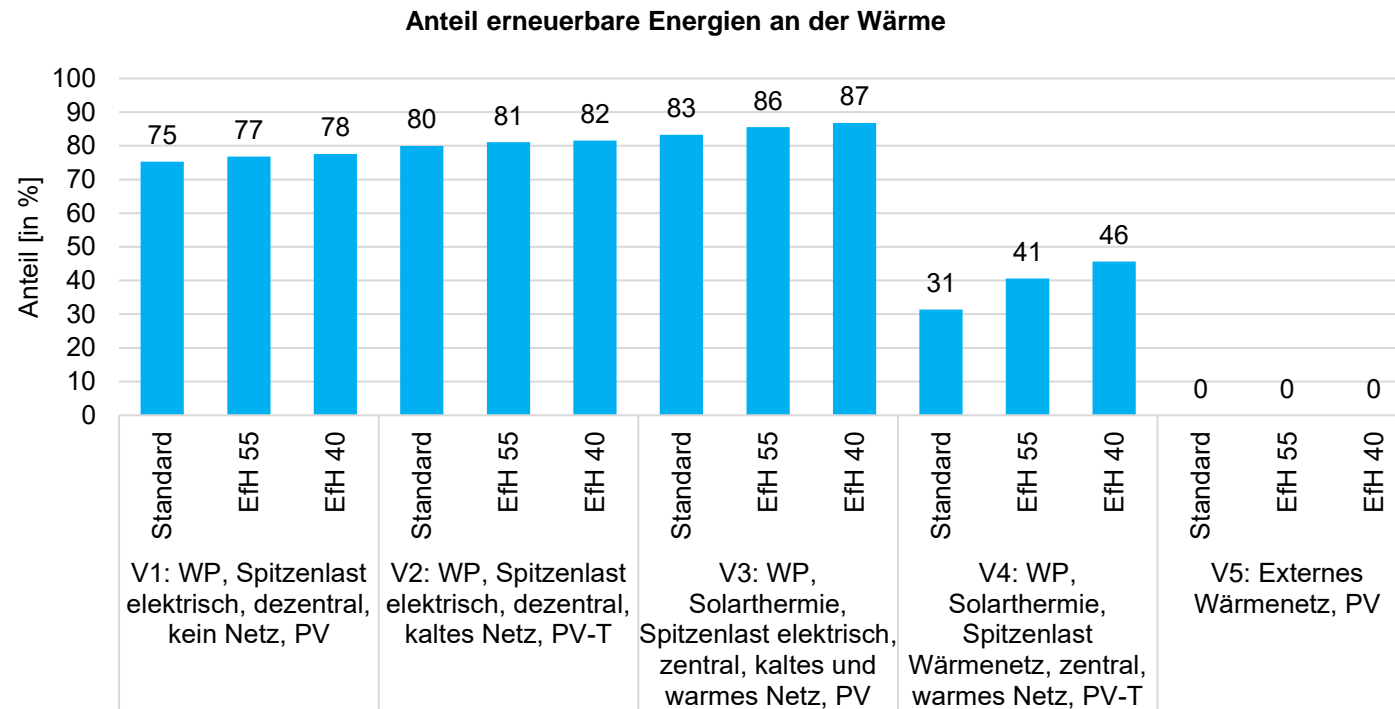


Abbildung 29: Anteil erneuerbarer Energien an der Wärme für die Varianten

Der Endenergiebedarf für den Haushaltsstrom ist in der Referenz und in den Varianten bei allen Gebäudestandards gleich.

Der Endenergiebedarf für Wärme unterscheidet sich je nach Gebäudestandard und in den dezentralen und zentralen Varianten, da in den zentralen Varianten Netzverluste in Höhe von 5% hinzukommen.

Der Primärenergiebedarf für Strom ist davon abhängig wie viel Strom in den Varianten erzeugt wird. In den Varianten 3 und 4 ist die Photovoltaik kleiner dimensioniert, da die Dächer teilweise für Solarthermie genutzt werden. Je nach Deckungsanteil und Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen ergibt sich ein Strombedarf der zum Haushaltsstrombedarf hinzukommt.

Aus diesen Energiebedarfen ergeben sich CO₂-Emissionen. Detaillierter wird auf die CO₂-Emissionen in den Diagrammen auf den folgenden Seiten eingegangen, hier wird auch deutlich, dass innerhalb der Varianten immer das Effizienzhaus 40 die geringsten Emissionen verursacht.

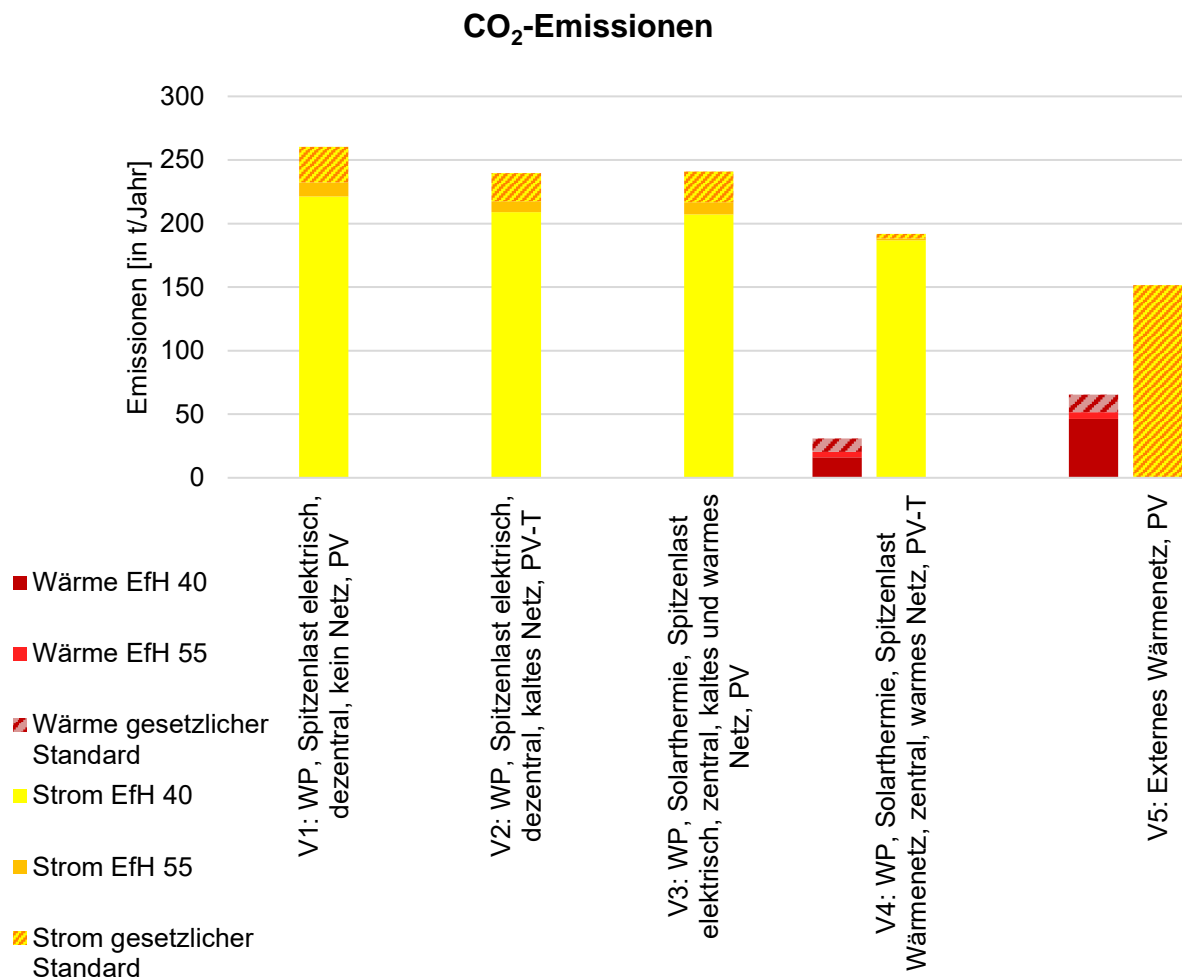


Abbildung 30: Balkendiagramm CO₂-Emissionen für Wärme und Strom nach Varianten

In den Varianten 4 und 5 gibt es eine Wärmeversorgung über das Wärmenetz weswegen hier noch ein Anteil Emissionen anders gekennzeichnet ist.

Die CO₂-Emissionen aus dem Strom sind in Variante 5 bei allen drei Gebäudestandards gleich, da es sich hier nur um die Emissionen aus dem Haushaltsstrom, abzüglich der Photovoltaik-Erträge handelt.

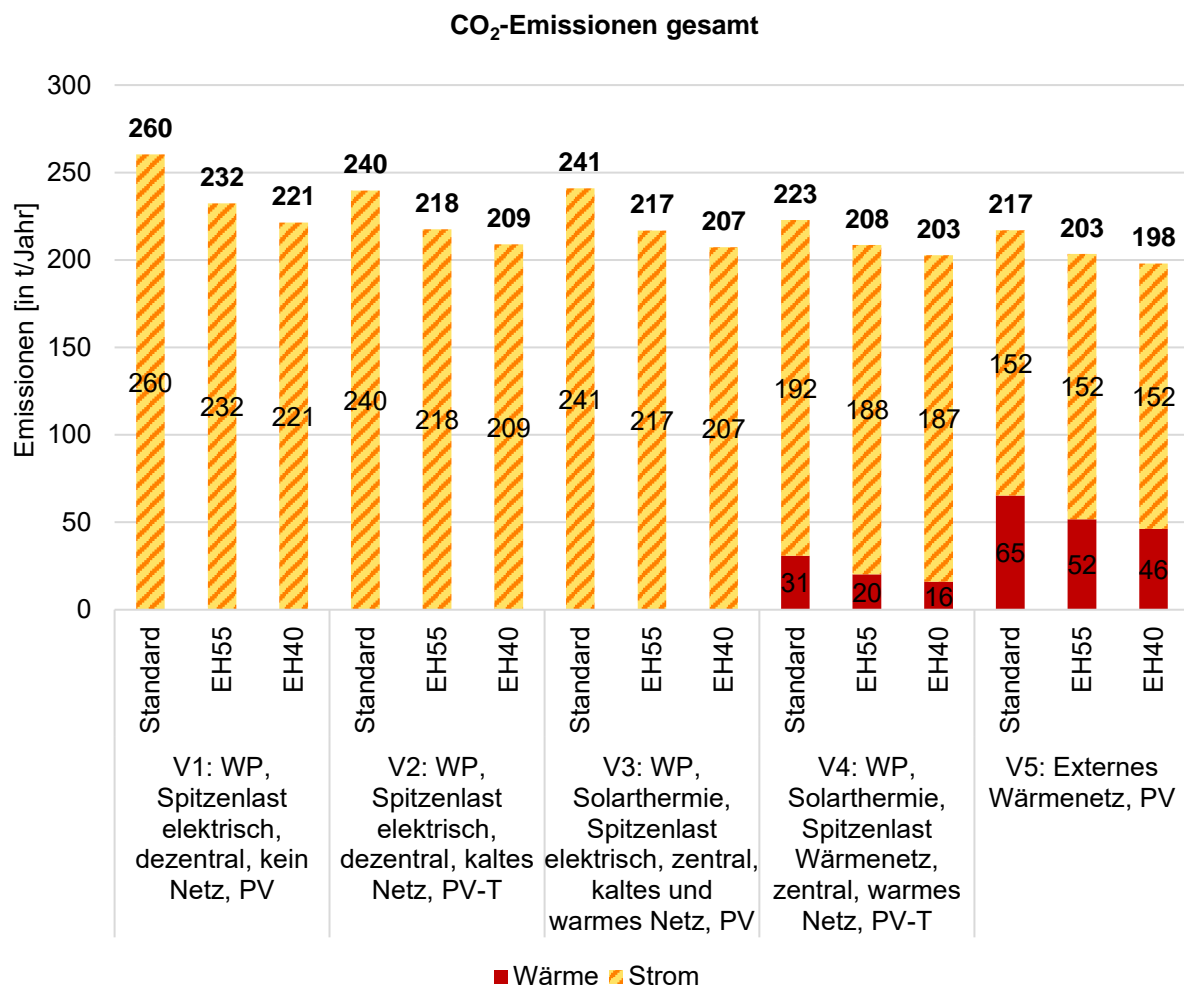


Abbildung 31: Balkendiagramm CO₂-Emissionen gesamt nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Das folgende Diagramm zeigt die CO₂-Emissionen aus der Wärmeerzeugung bezogen auf die Endenergie Wärme. Die Erträge aus den Photovoltaikanlagen wurden anteilig der Wärmeerzeugung zugeordnet: Wenn Stromertrag aus der Photovoltaik vorhanden ist und Haushaltsstrom und Wärmepumpenstrom benötigt werden, wurde dieser Photovoltaikstrom rechnerisch zu gleichen Anteilen auf den Haushaltsstrom- und den Wärmepumpenstrombedarf aufgeteilt.

Zur Allokation der Emissionen aus dem Wärmenetz wurde die finnische Methode¹⁵ genutzt. Es liegen alle untersuchten Varianten unterhalb von 160 g / kWh. Die Variante 4 erreicht mit 75 - 81 g / kWh die geringsten spezifischen Emissionen.

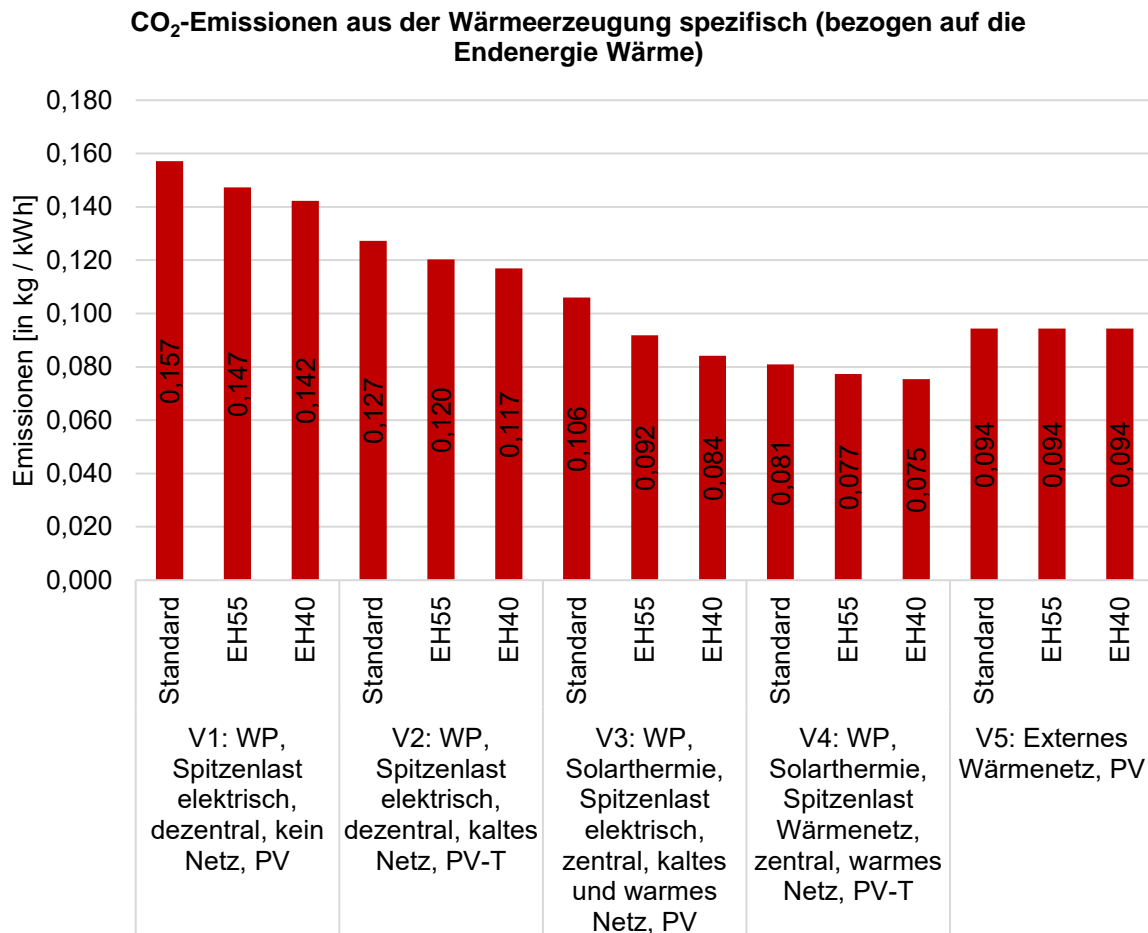


Abbildung 32: Balkendiagramm CO₂-Emissionen Wärmeerzeugung spezifisch bezogen auf die Endenergie Wärme nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Die CO₂-Emissionen aller Varianten werden bis 2045 / 2050 durch die voranschreitende Dekarbonisierung des Stromsektors durch den angestrebten Ausbau der erneuerbaren Energien und durch die zukünftige Dekarbonisierung der Wärmenetze auf nahezu null sinken.

¹⁵ Zu Allokationsmethoden siehe u. A. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3476.pdf>

Fördermöglichkeiten

Um die Fördermöglichkeiten der Varianten zu ermitteln, wurden die verschiedenen Programme von Bund und Land ausgewertet. Diese sind für diese Projekt:

- Die Bundesförderung für das Effizienzhaus 40 der NH-Klasse (BEG)
Kredit mit Tilgungszuschuss, maximal 6.000 € je Wohneinheit
Da der Tilgungszuschuss für das Gesamtgebäude gilt, wurde 1% bei der Wärmeversorgung angesetzt
- Förderprogramm Hamburgische Investitions- und Förderbank „Erneuerbare Wärme“ (IFB)
Fördermodule Solarthermie, Wärmepumpen, Wärmenetze und Wärmespeicher
- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
Module 2 und 4
Diese Förderung kann hier sowohl für das gesamte Quartier als auch für das Baufeld 1 einzeln angesetzt werden. Es werden maximal 40% der förderfähigen Ausgaben gefördert und die Förderung ist auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt.

Da sich das IFB-Förderprogramm und die BEW-Förderung in vielen Punkten überschneiden und eine Doppelförderung in der Regel nicht zulässig ist, wurde jeweils mit der höheren Förderung gerechnet.

Verkürzt sind folgende Förderungen angesetzt:

Variante 1

Gesetzlicher Standard:	keine Förderung
Effizienzhaus 55:	keine Förderung
Effizienzhaus 40:	BEG-Förderung für das Effizienzhaus 40 NH

Variante 2

Gesetzlicher Standard:	BEW Hinweis: Bei kalten Nahwärmenetzen mit dezentralen Wärmepumpen ist auch ausschließlich die Förderung der Wärmequellenerschließung einschließlich der Verteilleitungen bis zu den Endkunden förderfähig, wenn die Hausanschlüsse und die dezentralen Wärmepumpen durch die Endkunden bereitgestellt werden. ¹⁶ Daher wird hier davon ausgegangen, dass die Wärmeversorgung komplett, einschließlich der Wärmepumpen durch einen Wärmenetzbetreiber erstellt wird.
Effizienzhaus 55:	BEW - Siehe Hinweis beim gesetzlichen Standard.
Effizienzhaus 40:	BEW - Siehe Hinweis beim gesetzlichen Standard. BEG-Förderung für das Effizienzhaus 40 NH

¹⁶ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Leitungsstab Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze, technische Anforderungen der Module 1 bis 4, Versionsnummer 1.0, 15.09.2022

Variante 3

Gesetzlicher Standard:	BEW
Effizienzhaus 55:	BEW IFB-Förderung Solarthermie mit 150 € / m ² Brutto- kollektorfläche
Effizienzhaus 40:	BEW IFB-Förderung Solarthermie mit 150 € / m ² Brutto- kollektorfläche BEG-Förderung für das Effizienzhaus 40 NH

Variante 4

Gesetzlicher Standard:	BEW
Effizienzhaus 55:	BEW IFB-Förderung Solarthermie mit 150 € / m ² Brutto- kollektorfläche
Effizienzhaus 40:	BEW IFB-Förderung Solarthermie mit 150 € / m ² Brutto- kollektorfläche BEG-Förderung für das Effizienzhaus 40 NH

Variante 5

Gesetzlicher Standard:	keine Förderung
Effizienzhaus 55:	keine Förderung
Effizienzhaus 40:	BEG-Förderung für das Effizienzhaus 40 NH

Hieraus ergeben sich die im Diagramm auf der folgenden Seite dargestellten Gesamtfördersummen und -quoten.

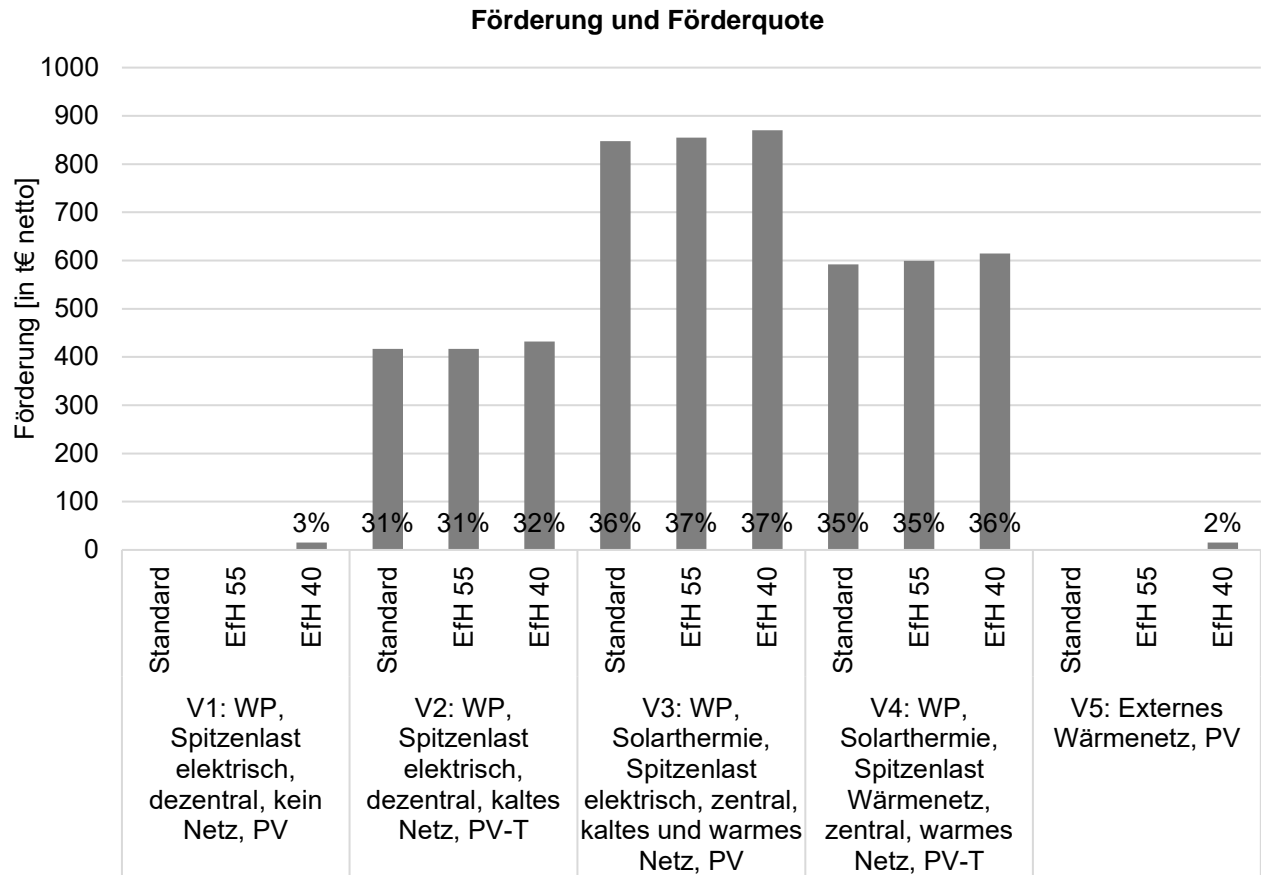


Abbildung 33: Balkendiagramm Förderung und -quote nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Das Diagramm macht deutlich, dass die Förderung für Gebäude mit einer Hüllflächendämmung nach GEG-Standard in allen Varianten geringer ist. Obwohl also nur die Gebäudetechnik betrachtet wird, zeigt sich, dass es lohnenswert sein kann, in ein Gebäude mit höherem Dämmstandard zu investieren. Die Förderquote für Gebäude mit einer Hüllflächendämmung nach EnEV-Standard liegt bei 0 - 36%.

Die Varianten 2, 3 und 4 haben für die Effizienzhausstandards die höchsten Nettofördersummen und -quoten. Hier werden bis zu 37% der Kosten für die Investition gefördert.

Durch die höheren Investitionskosten sinken die Betriebskosten, was das Gebäude für den Bewohner attraktiver macht. Dies wird im folgenden Kapitel näher untersucht.

Ökonomische Bewertung

Investitionskosten

Das folgende Diagramm stellt die angesetzten Investitionskosten netto zusammen. Dargestellt ist auch inwieweit eine Förderung die Kosten senken kann. Die Kostenansätze stammen teilweise aus der Studie „Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung“ und wurden mit den bekannten Kostensteigerungen, den Kosten des BKI Baukosteninformationszentrums und eigenen Ausschreibungsergebnissen konkretisiert.

Als „Spitzenlast“ gekennzeichnet sind sowohl die elektrischen Heizstäbe in den Varianten 1 bis 3 als auch der Anschluss an das Verbundnetz Süd in den Varianten 4 und 5.

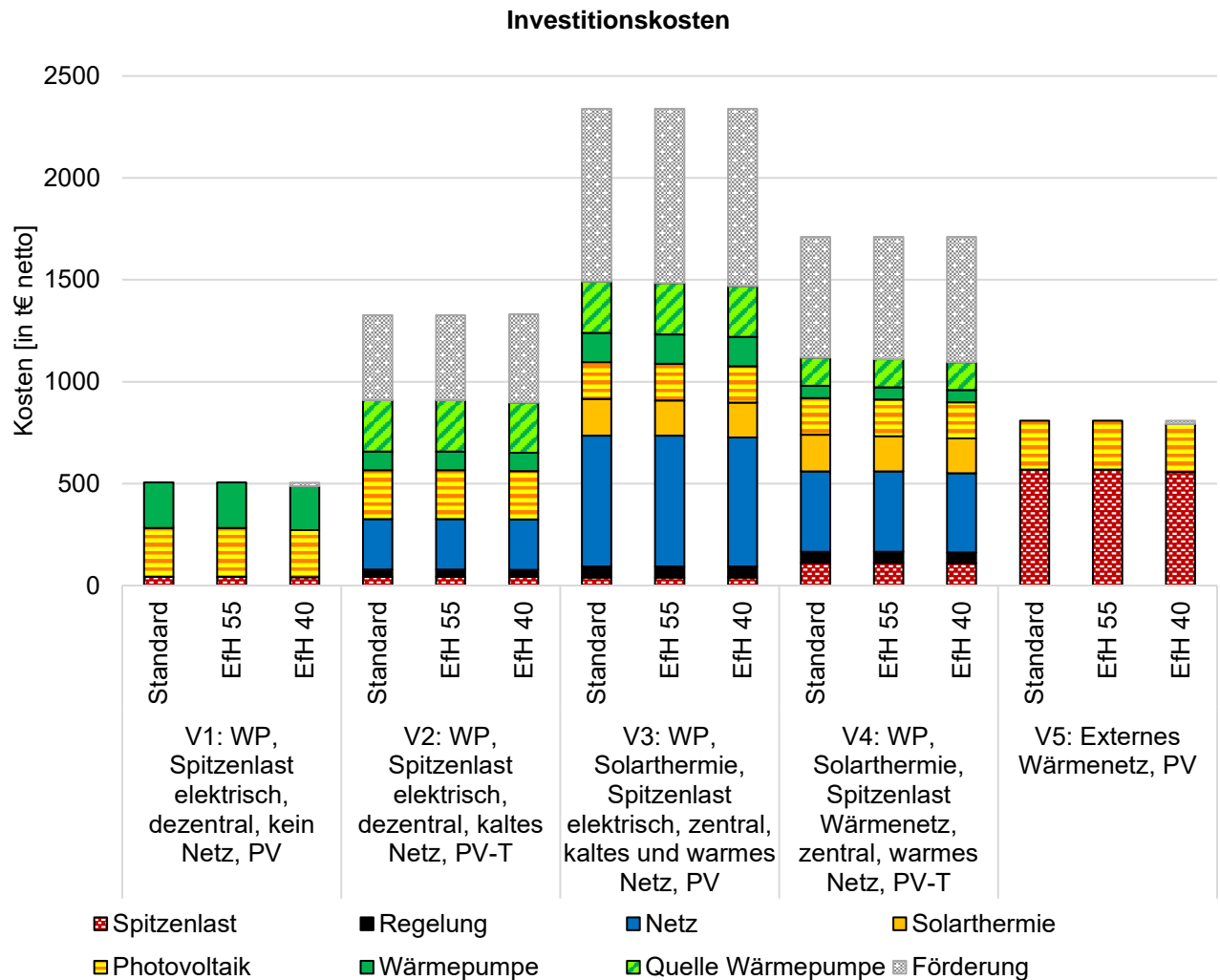


Abbildung 34: Balkendiagramm Investitionskosten und Förderung nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Grundsätzlich sind die Kostenabschätzungen zu diesem frühen Planungsstadium noch mit einer sehr großen Unsicherheit behaftet. Mit einer Konkretisierung der Anforderungen des Gebäudes können sie noch erheblich variieren. Wärmeübergabezentralen, die durch kurze Leitungswege erschlossen werden können, mindern die Kosten des Wärmenetzes. Auch bei den Quellen für die Wärmepumpen gibt es noch eine deutliche Variationsmöglichkeit. Können Synergien genutzt werden, weil beispielsweise der Bau eines Eisspeichers so in den Bauablauf integriert wird, dass er zeitgleich mit dem Untergeschoss entsteht, sinken hier die Kosten.

Auch bei der Realisierung durch einen Contractor können sich noch Kostenverschiebungen ergeben.

Brennstoff- und Wartungskosten

In den Versorgungsvarianten spielen der Strom- und der Wärmepreis aus dem Verbundnetz Süd eine Rolle. Da der Wärmepreis über die Preisgleitklausel an den Gaspreis gekoppelt ist, wirkt sich indirekt auch der Gaspreis aus.

Für den Ist-Zustand sind die Marktpreise¹⁷ vom 1. Oktober 2022 angesetzt.

Gas- und Strompreis entwickeln sich seit Kriegsbeginn¹⁸ tendenziell parallel. Steigt der Gaspreis, ist auch mit einem Preisanstieg des Strompreises zu rechnen. Um eine Prognose für Entwicklungen am Markt und die Auswirkung politischer Eingriffe zu vermeiden werden die untenstehenden Preise angesetzt und untersucht wie es sich auswirkt wenn sich das Verhältnis zwischen den Wärme- und Strompreis verändert (Verringerung des Abstands, Vergrößerung des Abstands, Umkehr). Die Marktentwicklung wird also rein qualitativ betrachtet.

In den Betriebskosten wurde auch ein steigender CO₂-Preis eingerechnet, der für das Jahr 2045 mit 65 €/t¹⁹ angesetzt wurde.

Betriebskosten (Stand 01.10.2022)	
Verbundnetz Süd 2022	0,242 €/kWh
Strom 2022	0,472 €/kWh
CO ₂ -Preis 2022	30 €/t
CO ₂ -Preis 2045	65 €/t

¹⁷ Preisblatt Verbundnetz Süd und Energiemonitor des Online-Angebots der ZEIT

¹⁸ Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine ab 24.02.2022

¹⁹ Deutscher Bundestag, Stenografischer Bericht 137, Sitzung Berlin, 19.12.2019

Das folgende Diagramm stellt die Kosten für Wärme, Wärmepumpenstrom und Haushaltsstrom zusammen. Da in den ersten drei Varianten durch Wärmepumpen geheizt wird, unterscheidet sich der Strombedarf durch die Effizienz der Wärmepumpen und die Deckungsanteile. Die Wärmepumpen in Variante 1 haben geringere Leistungszahlen als in den Varianten 2 und 3. In der Variante 3 sinkt der Strombedarf durch die Wärmepumpen durch den Anteil der solarthermischen Anlage, allerdings steigt der Wärmebedarf durch die Verluste des Wärmenetzes.

Geringe Endenergiekosten bedeuten in der Regel geringere Warmmieten für die Bewohner. Durch ein Quartiersstromkonzept, das den Strom aus den Photovoltaikanlagen an die Bewohner weitergibt können die Kosten für den Netzstrombezug sinken.

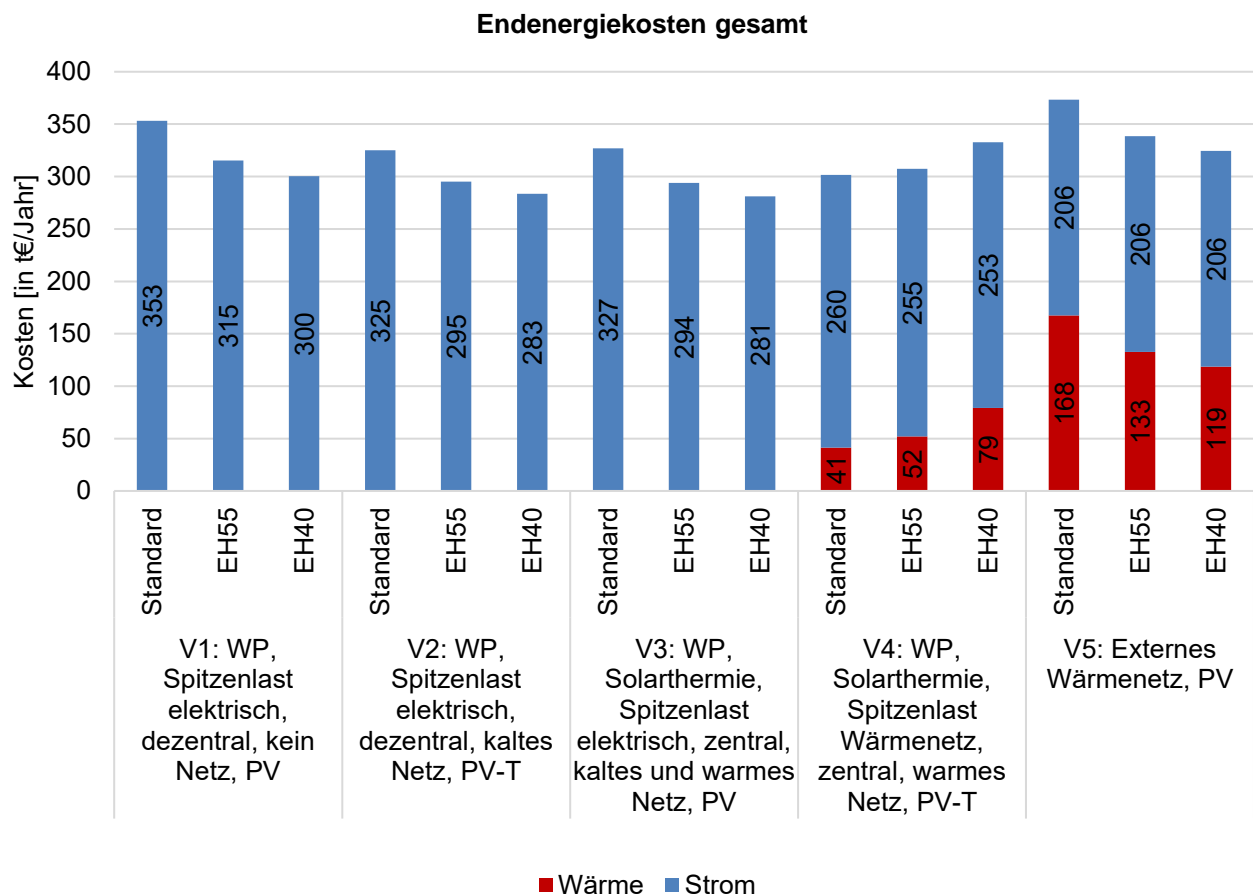


Abbildung 35: Endenergiekosten für Wärme und Strom nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Wärmepreis

Berechnet man die jährlichen Kosten aus Investitions-, Wartungs-, Betriebs- und Brennstoffkosten nach der VDI 2067 ergibt sich ein Wärmepreis zwischen 38 Cent/kWh und 62 Cent/kWh.

Der Aufwand für Wartung, Instandsetzung und Bedienung sind dem Anhang A der VDI 2067 entnommen.

Diese Kosten finden sich in den folgenden Diagrammen zum Wärmepreis in den betriebs- und den bedarfsgebundenen Kosten wieder. Es ist zu beachten, dass beim Wärmepreis die Endenergiekosten für den Haushaltsstrom nicht berücksichtigt wurden und sich daher ein Unterschied zum voranstehenden Diagramm ergibt.

In der Variante 1 ergibt sich durch die vergleichsweise geringen Investitionskosten der niedrigste Wärmepreis. In Variante 3 sind zwar die bedarfsgebundenen Kosten für den Strom am geringsten, allerdings fallen die betriebs- und kapitalgebundenen Kosten deutlich höher aus. Die höheren Investitionen können also im gewählten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren nicht durch einen geringeren Strombedarf kompensiert werden.

Wärmepreis 2022 spezifisch nach VDI 2067

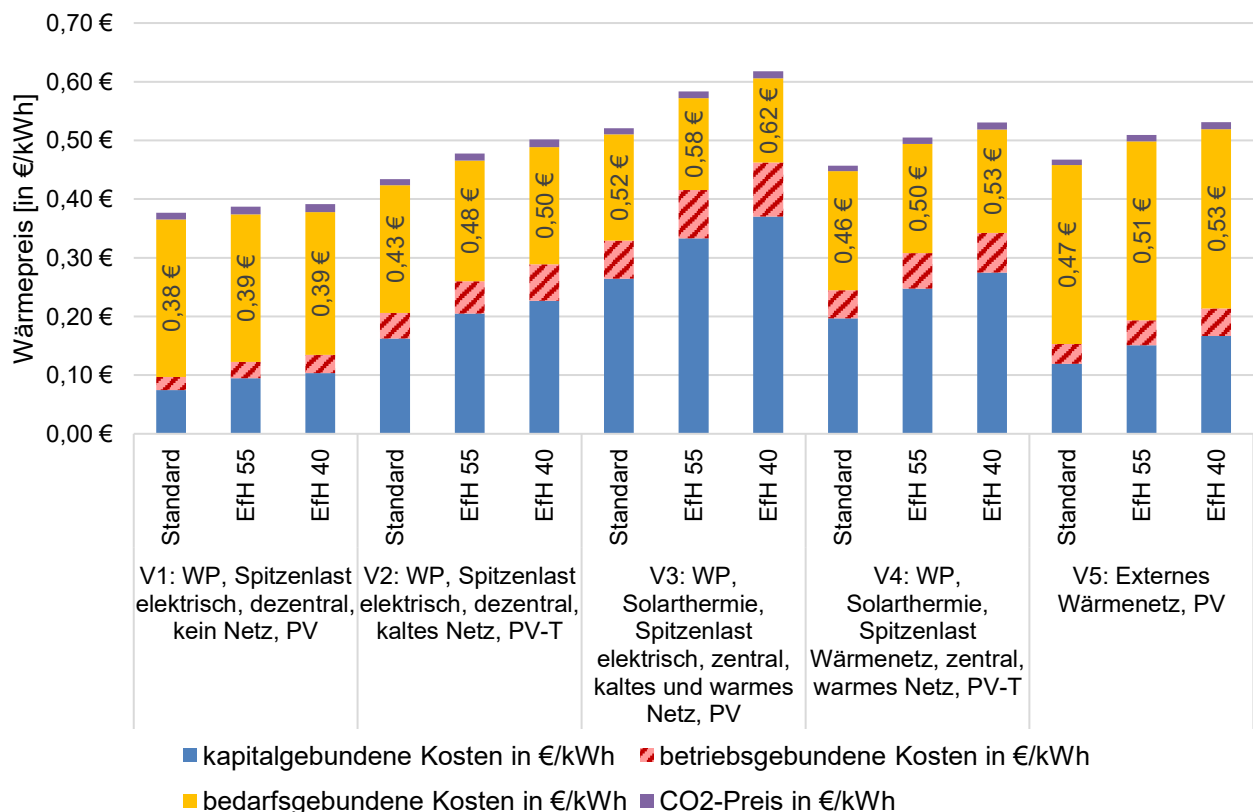


Abbildung 36: Wärmepreis 2022 spezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Es fällt zudem auf, dass das Effizienzhaus 40 bezogen auf die Wärmemenge einen höheren Wärmepreis hat. Da das Gebäude aber absolut einen geringeren Wärmebedarf hat, sind die flächenspezifischen Kosten im Effizienzhaus 40 geringer. Einfach gesagt bezahlt der

Bewohner für die kWh Wärme einen höheren Preis, da aber weniger kWh Wärme benötigt werden, sind die Kosten für die Wärme am Ende geringer.

Das folgende Diagramm zeigt den Wärmepreis bezogen auf die Nutzfläche. Innerhalb aller Varianten hat das Effizienzhaus 40 den geringsten Wärmepreis.

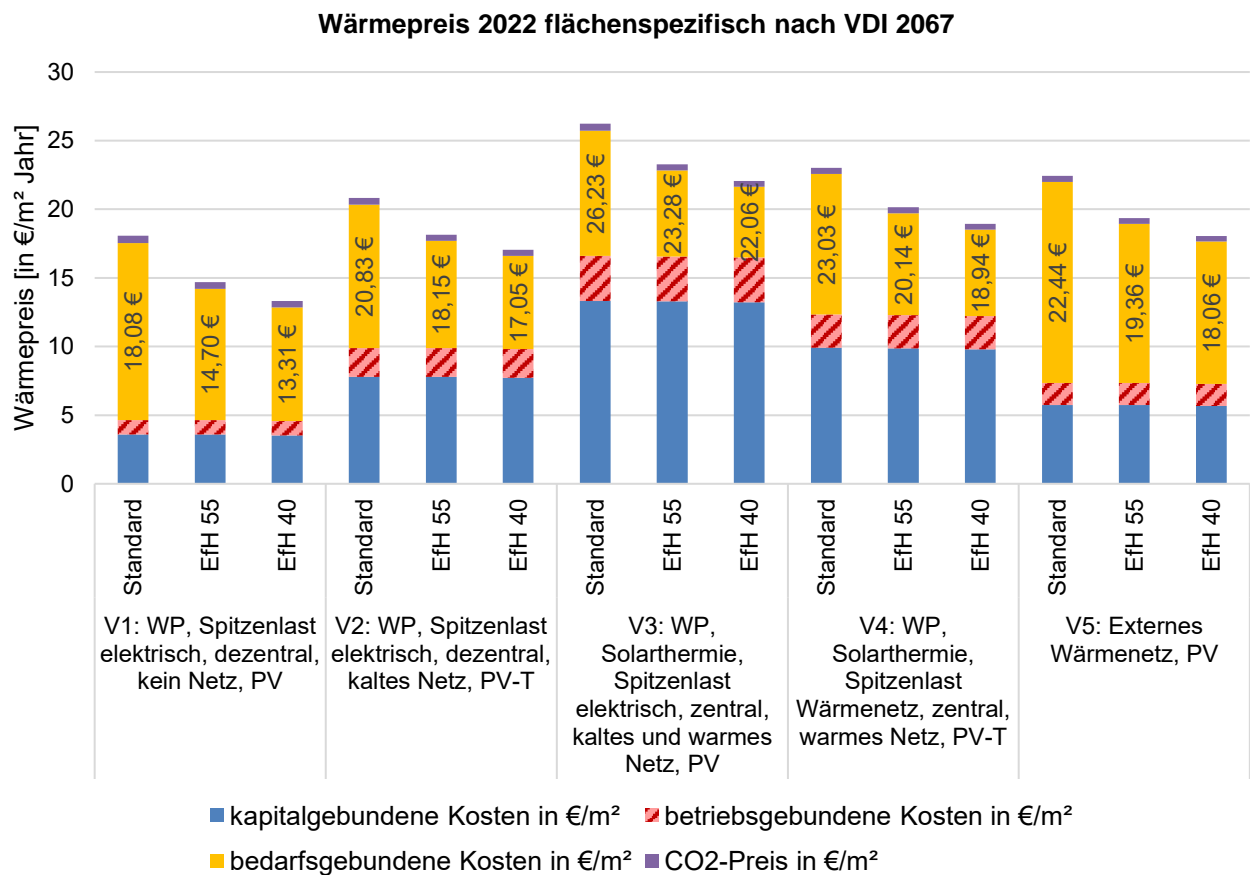


Abbildung 37: Wärmepreis 2022 flächenspezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards

Das folgende Diagramm zeigt die Auswirkungen einer Veränderung des Verhältnisses von Strompreis zum Preis der Wärme aus dem Wärmenetz, also indirekt dem Gaspreis. Fällt der Strompreis im Verhältnis zum Gaspreis stark, werden die Varianten 1 bis 4 günstiger als die Variante 5. Steigt der Strompreis im Verhältnis zum Gaspreis deutlich, sind bei einem 4,5-fach höheren Strom- als Wärmenetzpreis die Varianten 1 bis 4 teurer als die Variante 5. Beim Vergleich der Varianten 1 und 4 wird deutlich, dass je höher der Stromanteil an der Wärmebereitstellung umso größer die Abhängigkeit vom Verhältnis Strom- zu Wärmenetzpreis.

Qualitative Abhängigkeit des Wärmepreises der Varianten vom Verhältnis Strom- zu Wärmenetzpreis

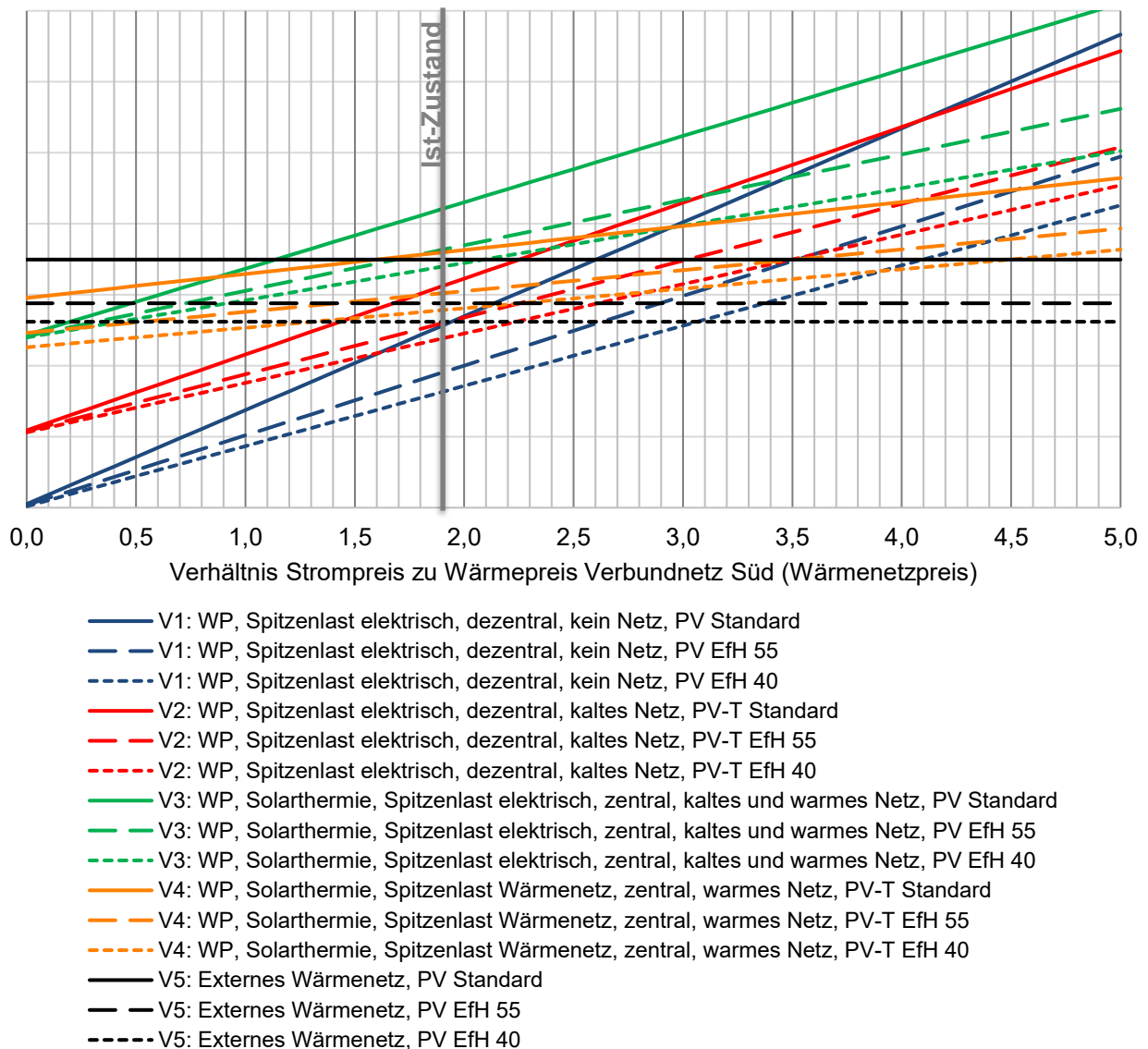


Abbildung 38: Diagramm zur qualitativen Bewertung der Auswirkungen der Marktpreise für Strom und Wärme (Gas) auf die Wirtschaftlichkeit der Varianten

Auswertung

Der Variantenvergleich zeigt, dass auch auf einem nachverdichteten Grundstück ein sehr hoher Deckungsanteil durch regenerative Energien möglich ist.

Die untenstehende Tabelle stellt die Ergebnisse stark verkürzt zusammen.

		CO ₂ - Emissionen	flächen- spezifischer Wärme- preis	Investitions- kosten	Endenergie- kosten gesamt
V1: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kein Netz, PV	Standard	↓	↗	↑	↓
	Effizienzhaus 55	↘	↑	↑	↗
	Effizienzhaus 40	↗	↑	↑	↑
V2: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kaltes Netz, PV-T	Standard	↘	↘	↗	↗
	Effizienzhaus 55	↗	↗	↗	↑
	Effizienzhaus 40	↑	↗	↗	↑
V3: WP, Solarthermie, Spitzenlast elektrisch, zentral, kaltes und warmes Netz, PV	Standard	↘	↓	↓	↗
	Effizienzhaus 55	↗	↓	↓	↑
	Effizienzhaus 40	↑	↘	↓	↑
V4: WP, Solarthermie, Spitzenlast Wärmenetz, zentral, warmes Netz, PV-T	Standard	↗	↓	↘	↑
	Effizienzhaus 55	↑	↘	↘	↗
	Effizienzhaus 40	↑	↗	↘	↘
V5: Externes Wärmenetz, PV	Standard	↗	↘	↑	↓
	Effizienzhaus 55	↑	↗	↑	↘
	Effizienzhaus 40	↑	↗	↑	↗

Abbildung 39: Zusammenstellung und Bewertungsmatrix der Ergebnisse

Bei allen Vergleichskriterien ist ein hoher Wert negativ zu werten und mit einem Pfeil nach unten ↓ markiert. Geringe Emissionen und Preise sind positiv gewertet und mit einem Pfeil nach oben gekennzeichnet ↑.

Die CO₂-Emissionen werden in der ersten Spalte verglichen. Innerhalb der Varianten produziert jeweils das Effizienzhaus 40 die geringsten Emissionen.

Beim flächenspezifischen Wärmepreis ist die Variante 3 durch hohe Investitionskosten trotz Förderung am ungünstigsten. Die Variante 1 erzielt die geringsten flächenspezifischen Wärmepreise.

Bei den Investitionskosten erweist sich neben Variante 1 auch die Variante 5 als vorteilhaft. Die letzte Spalte stellt die Endenergiekosten (Haushaltsstrom + Wärmekosten + Wärmepumpenstrom) zusammen. Hier haben die Variante 1 und 5 im Gebäude mit Dämmung nach gesetzlichem Standard die höchsten Kosten. Für die Gebäude im Effizienzhaus 40 Standard ergeben sich durch hohe regenerative Deckungsanteile geringe Kosten und damit attraktive Warmmieten für die Bewohner.

Handlungsempfehlung

Da möglichst geringe CO₂-Emissionen erzielt werden sollen, sind die Varianten 4 und 5 zu favorisieren.

Bei Betrachtung des gesamten Untersuchungsgebietes ist es zu empfehlen die Variante 4 in Baufeld 1 weiterzuverfolgen, da diese niedrige Emissionen und verhältnismäßig gute Wärmepreise vereint und durch die Beschränkung auf Baufeld 1 eine höhere Umsetzungswahrscheinlichkeit hat.

Aufgrund der Struktur und der zeitlichen Abfolge der Bebauung des Quartiers wird für die Varianten 1, 4 und 5 die Umsetzungswahrscheinlichkeit am höchsten eingeschätzt. Die Variante 3 hat unabhängig von der Entwicklung der Marktpreise einen hohen Wärmepreis zur Folge. Das ist in den hohen Investitionskosten begründet. Es würde nur attraktiv ein derart komplexes System in Konkurrenz zu einem externen Wärmenetz aufzubauen, wenn die Investitionskosten deutlich gesenkt werden können.

Der Variantenvergleich zeigt auch, dass es in allen Varianten lohnenswert ist, in eine bessere Gebäudehülle und ein Effizienzhaus 55 oder 40 zu investieren.

Vorzugsvariante ist daher die Variante 4 als Effizienzhaus 40. Sie vereint die Vorteile geringer CO₂-Emissionen und einem vergleichsweise geringen flächenspezifischen Wärmepreis. Sie lässt sich zudem gut in die voraussichtliche Erschließung des Quartiers integrieren. In den nächsten Planungsschritten sollte daher der Kontakt zum Betreiber des Wärmenetzes gesucht werden um die Randbedingungen für eine derartige Lösung abzustimmen.

Quellen

- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein – Anstalt des öffentlichen Rechts (Statistikamt Nord) Personen je Haushalt in Neugraben-Fischbek im Vergleich mit den anderen Stadtteilen Hamburgs am 31.12.2021 https://region.statistik-nord.de/detail_compare/11/1106/11/2/1721/227778/ abgerufen am 5. September 2022
- co2online gemeinnützige GmbH, Stromspiegel 2021/22, Berlin, März 2021 <https://www.stromspiegel.de/fileadmin/ssi/stromspiegel/Broschuere/stromspiegel-2021.pdf> abgerufen am 30. August 2022
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)(Hrsg.): Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden. BBSR-Online-Publikation 17/2017, Bonn, September 2017. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 abgerufen am 4. Mai 2020
- Gebäudeenergiegesetz GEG Bundesrats-Beschluss zur GEG-Novelle 2023, Anlage 10 (zu § 86), Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV), Anlage 6 (zu § 16), Muster Energieausweis Wohngebäude
- dena-Studie Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude Herausgeber: Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin (dena) Juni 2016 https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9164_dena-Studie_Auswertung_von_Verbrauchskennwerten_energieeffizienter_Wohngebäude.pdf abgerufen am 30. August 2022
- Schulze Darup, B.: Energieeffiziente Wohngebäude, BINE Informationsdienst, Fraunhofer IRB Verlag, 3. Auflage, Karlsruhe, 2012
- Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) (2011), Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: Energieeffizienz mit städtebaulicher Breitenwirkung <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-26422.pdf> abgerufen am 5. September 2020
- DHWcalc; Werkzeug zur Generierung von Trinkwasser-Zapfprofilen auf statistischer Basis; Version 2.02
 Ulrike Jordan
 Technical University of Denmark, DTU
 Department of Civil Engineering
 DK – 2800 Kgs. Lyngby
 Klaus Vajen
 Universität Kassel
 Institut für Thermische Energietechnik
 Solar und Anlagentechnik
 D - 34109 Kassel

- Heizen und Kühlen mit Abwasser, Ratgeber für Bauträger und Kommunen, Herausgeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück; Bundesverband Wärmepumpe e. V. Berlin; Institut Energie in Infrastrukturanlagen, Zürich, Januar 2009
https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/07_Publikationen/bwp-Heizen_und_Kuehlen_mit_Abwasser.pdf
abgerufen am 30. August 2022
- Höhere Flächenausbeute durch Optimierung bei aufgeständerten Modulen Dr.-Ing. Volker Quaschnig und Prof. Dr.-Ing. Habil. Rolf Hanitsch Technische Universität Berlin · Institut für Elektrische Energietechnik, Staffelstein, 1998
https://volker-quaschnig.de/downloads/staffelstein1998_1.pdf
abgerufen am 30. August 2022
- Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung, Regionales Klimabüro Essen
<https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html>
abgerufen am 5. September 2022
- 2Power
<https://www.2power.de/de/2power-modul>
abgerufen am 14. Mai 2020
- Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme Forschungsbericht 360 16 008 UBA-FB 001145 von Uwe R. Fritsche Lothar Rausch Bereich Energie & Klimaschutz Öko-Institut, Büro Darmstadt Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau, Mai 2008
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3476.pdf>
abgerufen am 6. September 2022
- Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Leitstelle Klima: Emissionsfaktoren für die Berechnung der Reduktion von CO₂-Emissionen im Rahmen des Hamburger Klimaplanes, Stand: November 2021
- Wolff, D. und Jagnow, K.; Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung; Wolfenbüttel/Braunschweig; nur online unter www.delta-q.de; 2011 mit 1 Korrektur von 2022.
<https://www.delta-q.de/wp-content/uploads/fernwaermestudie.pdf>
abgerufen am 7. Oktober 2022
- Deutscher Bundestag, Stenografischer Bericht 137, Sitzung Berlin, 19.12.2019
<http://dipbt.bundestag.de/dip21/btp/19/19137.pdf#P.17225> (S.194, unter „Anlage 8“). Quelle des Gesamtvorgangs ist <http://dipbt.bundestag.de/extrakt/ba/WP19/2545/254562.html>
abgerufen am 7. Oktober 2022
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Leitungsstab Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze, technische Anforderungen der Module 1 bis 4, Versionsnummer 1.0, 15.09.2022

https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_merkblatt_technik.pdf;jsessionid=230DBE5F21E6ACFBC94B6A2318BBD97C.1_cid381?__blob=publicationFile&v=1
abgerufen am 7. Oktober 2022

- HanseWerk Natur GmbH, Preise Hamburg, Verbund Süd
https://www.hansewerk-natur.com/content/dam/revu-global/hansewerk-natur/Files/Service/Waermepreise/Hamburg_VerbundSued_Preisblatt.pdf abgerufen am 4. Oktober 2022
- Umweltbundesamt, Erneuerbare Energien in Zahlen
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#strom> abgerufen am 30.11.2022

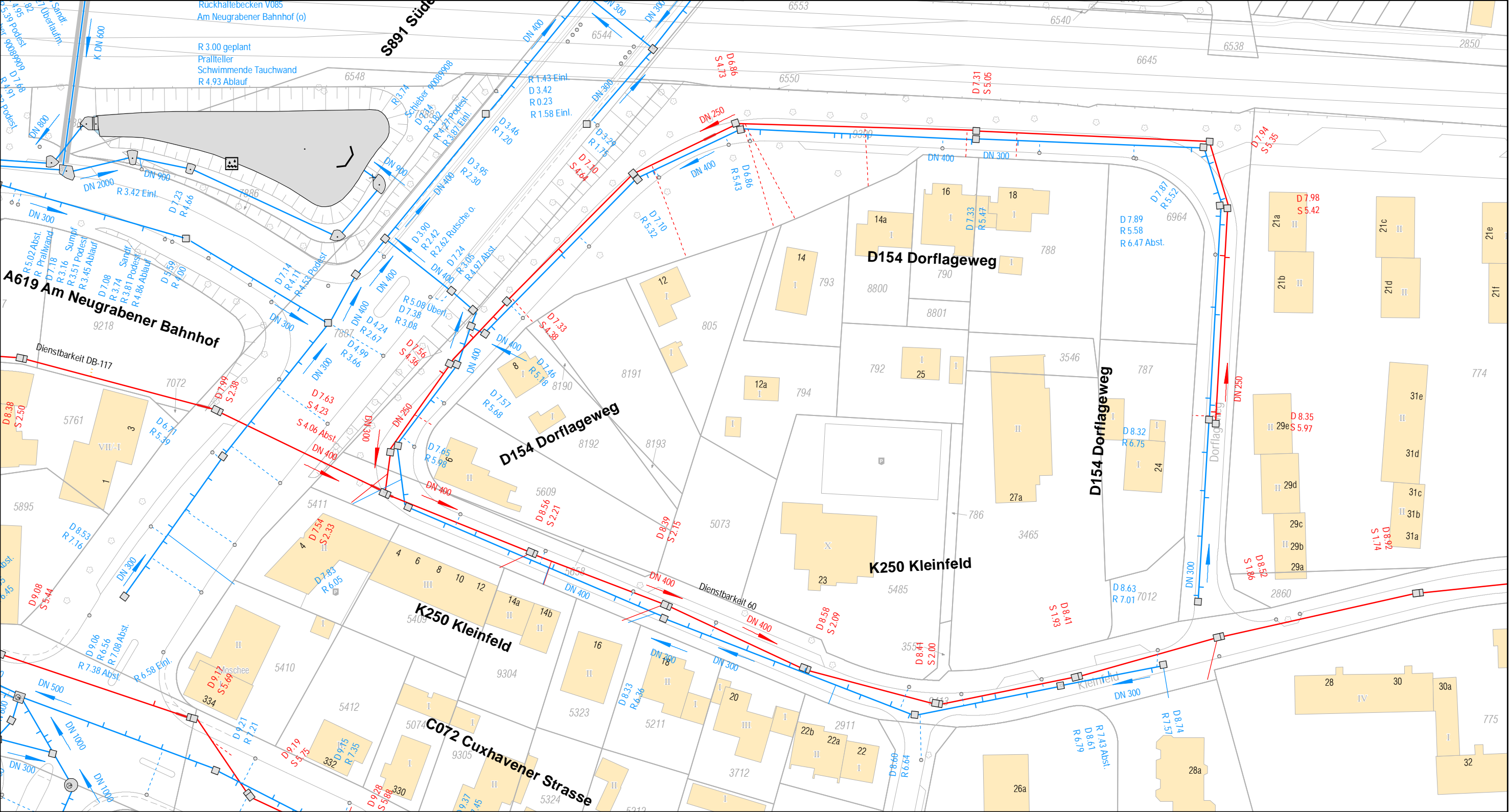
Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visualisierung Quartier (eigene Darstellung)	2
Abbildung 2: Auszug Anlage 10 GEG zu den Energieeffizienzklassen von Wohngebäuden	4
Abbildung 3: Auszug Anlage 6 der EnEV zu Vergleichswerten für die Endenergie	4
Abbildung 4: Entwicklung der Energiestandards – Endenergie pro m ² Wohnfläche	5
Abbildung 5: Zusammenstellung der Annahmen für den Strom- und Wärmebedarf	6
Abbildung 6: Geometrische Verhältnisse bei aufgeständerten Solarmodulen	8
Abbildung 7: Eigene Darstellung der geplanten Bebauung einschließlich beispielhafter Markierung der Solarflächen	8
Abbildung 8: Foto Bahntrasse nördlich des Quartiers, aufgenommen vom S-Bahnhof Neugraben	9
Abbildung 9: Foto Straßenecke Kleinfeld, westlicher Dorflageweg	9
Abbildung 10: Foto Flurstück 6964, Nutzung als Wohnwagenabstellplatz	9
Abbildung 11: Foto westlicher Dorflageweg mit Bestandsbebauung	9
Abbildung 12: Foto Umspannwerk von der Straße Kleinfeld aus	10
Abbildung 13: Foto Umspannwerk, aufgenommen vom östlichen Dorflageweg	10
Abbildung 14: Eigene Darstellung der Variante 1	11
Abbildung 15: Lastgang zur Bestimmung der Deckungsanteile (Wetterdatensatz TRY 2045)	12
Abbildung 16: Lineare Heizkurve für das Gebäude nach gesetzlichem Standard zur Verdeutlichung der Abhängigkeit der Heizlast von der Außentemperatur	13
Abbildung 17: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 1 bei den verschiedenen Dämmstandards	14
Abbildung 18: Eigene Darstellung der Variante 2	15
Abbildung 19: Produktbeispiel PV-T Kollektor	16
Abbildung 20: exemplarische Darstellung Position Eisspeicher (Durchmesser 8 m äußerer Kreis)	17
Abbildung 21: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 2 bei den verschiedenen Dämmstandards	18
Abbildung 22: Eigene Darstellung der Variante 3	19
Abbildung 23: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 3 bei den verschiedenen Dämmstandards	20
Abbildung 24: Eigene Darstellung der Variante 4	21
Abbildung 25: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 4 bei den verschiedenen Dämmstandards	22
Abbildung 26: Eigene Darstellung der Variante 5	23
Abbildung 27: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in der Variante 5 bei den verschiedenen Dämmstandards	24
Abbildung 28: Tabelle zur Zusammenstellung von End-, Primärenergiebedarfen und CO ₂ -Emissionen für die Varianten	25
Abbildung 29: Anteil erneuerbarer Energien an der Wärme für die Varianten	26
Abbildung 30: Balkendiagramm CO ₂ -Emissionen für Wärme und Strom nach Varianten	27
Abbildung 31: Balkendiagramm CO ₂ -Emissionen gesamt nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	28
Abbildung 32: Balkendiagramm CO ₂ -Emissionen Wärmeerzeugung spezifisch bezogen auf die Endenergie Wärme nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	29
Abbildung 33: Balkendiagramm Förderung und -quote nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	32
Abbildung 34: Balkendiagramm Investitionskosten und Förderung nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	33
Abbildung 35: Endenergiekosten für Wärme und Strom nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	35
Abbildung 36: Wärmepreis 2022 spezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	36

Abbildung 37: Wärmepreis 2022 flächenspezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards	37
Abbildung 38: Diagramm zur qualitativen Bewertung der Auswirkungen der Marktpreise für Strom und Wärme (Gas) auf die Wirtschaftlichkeit der Varianten	38
Abbildung 39: Zusammenstellung und Bewertungsmatrix der Ergebnisse	39
Abbildung 40: Zusammenstellung der Annahmen für den Strom- und Wärmebedarf Baufeld 1	57
Abbildung 41: Lastgang zur Bestimmung der Deckungsanteile Baufeld 1 (Wetterdatensatz TRY 2045)	58
Abbildung 42: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 1 bei den verschiedenen Dämmstandards	58
Abbildung 43: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 2 bei den verschiedenen Dämmstandards	59
Abbildung 44: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 3 bei den verschiedenen Dämmstandards	60
Abbildung 45: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 4 bei den verschiedenen Dämmstandards	61
Abbildung 46: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 5 bei den verschiedenen Dämmstandards	62
Abbildung 47: Tabelle zur Zusammenstellung von End-, Primärenergiebedarfen und CO ₂ -Emissionen für die Varianten in Baufeld 1	63
Abbildung 48: Anteil erneuerbarer Energien an der Wärme für die Varianten in Baufeld 1	64
Abbildung 49: Balkendiagramm CO ₂ -Emissionen für Wärme und Strom nach Varianten in Baufeld 1	65
Abbildung 50: Balkendiagramm CO ₂ -Emissionen gesamt nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	66
Abbildung 51: Balkendiagramm CO ₂ -Emissionen Wärmeerzeugung spezifisch bezogen auf die Endenergie Wärme nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	67
Abbildung 52: Balkendiagramm Förderung und -quote nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	68
Abbildung 53: Balkendiagramm Investitionskosten und Förderung nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	69
Abbildung 54: Endenergiekosten für Gas bzw Wärme und Strom nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	70
Abbildung 55: Wärmepreis 2022 spezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	71
Abbildung 56: Wärmepreis 2022 flächenspezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1	72
Abbildung 57: Zusammenstellung und Bewertungsmatrix der Ergebnisse in Baufeld 1	73

Anhang

1. Leitungsauskunft Gas
2. Leitungsauskunft Sied Schmutz- und Regenwasser
3. Leitungsauskunft Trinkwasser
4. Leitungsauskunft Hanse Werk Natur, Verbundnetz Süd
5. Auszug Geo-Online zur Erdwärme
6. Auszug Geo-Online zu Wärmenetzen
7. Übersicht Annahmen
8. Auswertungen Baufeld 1



Legende

- ✕

Schächte, ohne Kammer

▣

Schächte, mit einer Kammer

▤

Schächte, mit zwei Kammern Typ 1

▥

Schächte, mit zwei Kammern Typ 2

▧

Schächte, mit 1,2 m Kammer

▲

Pumpwerk ohne Hochbauteil

▲

Pumpwerk mit Hochbauteil

⌂

Emissionsschutzanlagen
- ⌂

Auslass, Einlass
- ⊗

Sonderschächte, DM grösser 3000
- ⊗

Deckel
- Fiktive Schächte
- Luftschacht
- Schneeschacht
- Revisionsschächte auf Hausanschlüssen
- ⊙

Revisionseinrichtungen (zugänglich)
- Revisionseinrichtungen (überdeckt)
- ▲

ESF - Einrichtung zum Sammeln u. Fördern
- Trumme
- ▤

Sickertrumme

Kabeltrasse ServTec

▤

Kabelschacht ServTec

—

Schmutzwasser

—

Regenwasser

—

Mischwasser

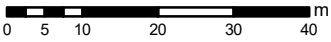
Fremdleitung

▤

Bauprojekt

—

Schutzrohr



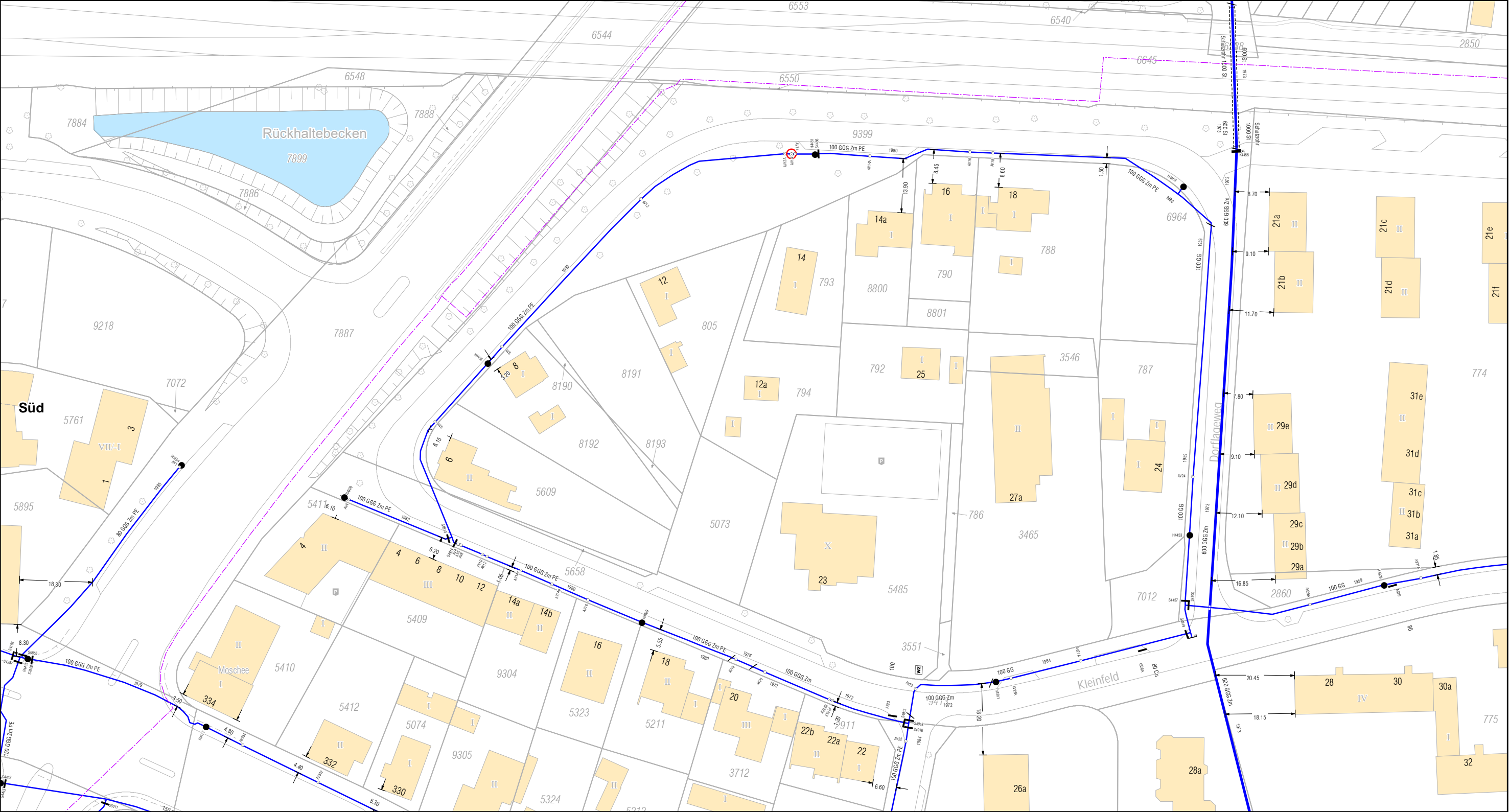
Leitungsbestandsplan
Hamburger Stadtentwässerung AöR
Billhorner Deich 2, 20539 Hamburg
040-7888-82129, -15, -13, -12
anlageninfo@hamburgwasser.de

E 21
Infrastrukturkoordination
und Erschließungen

Maßstab
1:1.000

Datum
24.06.2022

Für die Vollständigkeit und Richtigkeit kann keine Gewähr übernommen werden. Insoweit sind insbesondere die Angaben über die exakte Lage und Abmessungen der Anlagen vor Ort in Abstimmung mit dem zuständigen Netzbetrieb durch Aufgrabungen zu überprüfen.



Legende

- I

○

K

I

RS

▲

⊕

●

/

Schieber

Anbohrventil

Klappe

Rückschlagklappe

Lufthahn

Anschlussahn

Hydrant

Abschnittswechsel
- ⊕

⊕

⊕

⊕

⊕

⊕

⊕

⊕

Schieber (geschlossen)

Klappe (geschlossen)

Anschlussahn (geschlossen)

Anbohrventil (geschlossen)

Spülsausslass

Überlaufausslass

Abschluss

Kathodischer Korrosionsschutz
- —

Trinkwasserleitung

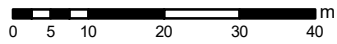
Rohwasserleitung


Kabeltrasse WW

Kabeltrasse D32

Bauprojekt

Schutzrohr





HAMBURG

WASSER

Leitungsbestandsplan

Hamburger Wasserwerke GmbH

Billhorner Deich 2, 20539 Hamburg

040-7888-82129, -15, -13, -12

anlageninfo@hamburgwasser.de

E 21

Infrastrukturkoordination
und Erschließungen


Maßstab

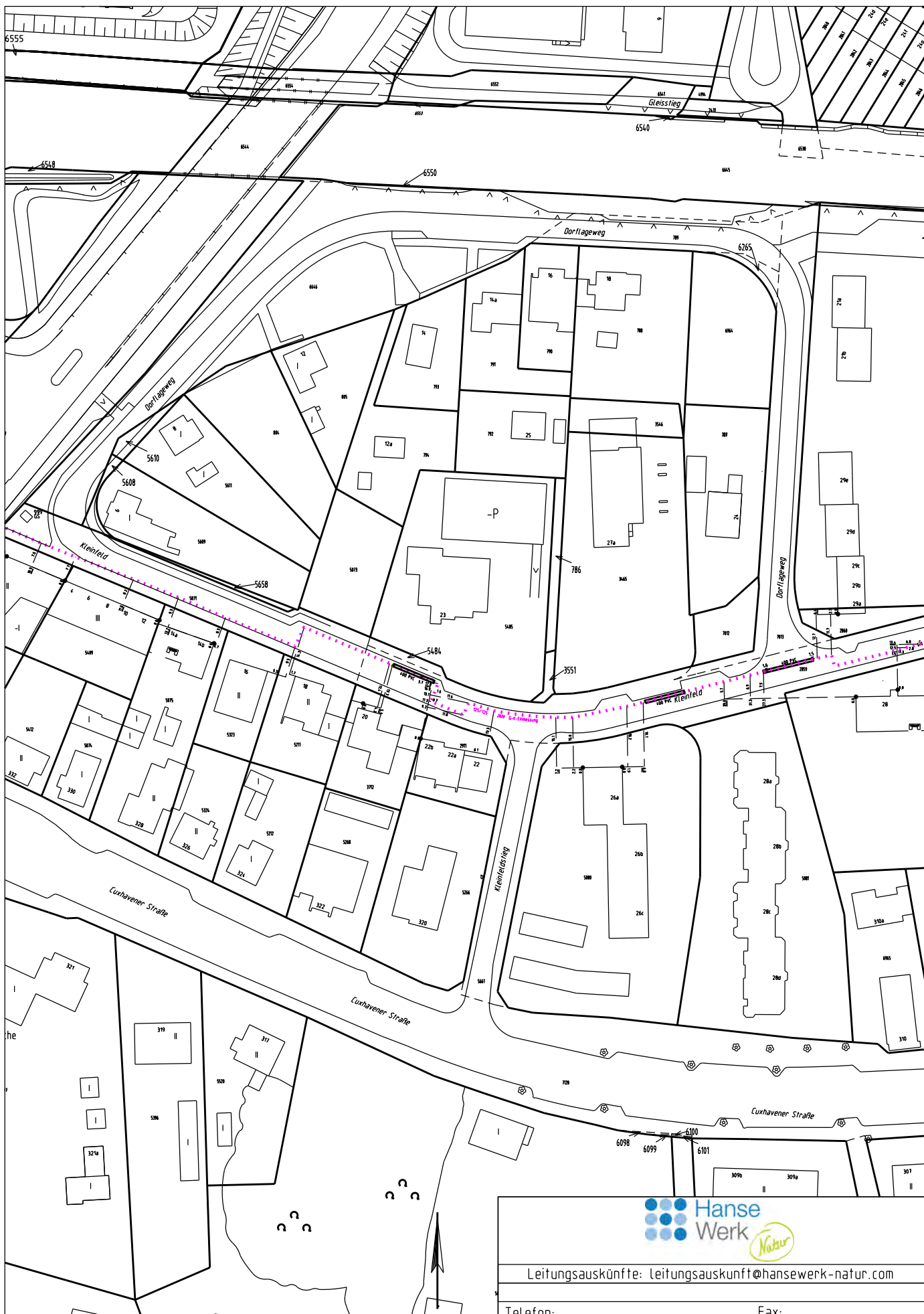
1:1.000

Datum

24.06.2022

Für die Vollständigkeit und Richtigkeit kann keine Gewähr übernommen werden. Insoweit sind insbesondere die Angaben über die exakte Lage und Abmessungen der Anlagen vor Ort in Abstimmung mit dem zuständigen Netzbetrieb durch Aufgrabungen zu überprüfen.





Dieser Planauszug dient nur der Übersicht und bezieht sich auf den von Ihnen angefragten Bereich. Die Weitergabe an Dritte ist nicht statthaft. Die in den Leitungsplänen enthaltenen Angaben und Maßzahlen sind hinsichtlich der Lage, Überdeckung und Vollständigkeit unverbindlich. Das Merkblatt "Schutz von Versorgungsanlagen bei Bauarbeiten" ist zu beachten. Die genaue Lage und Deckung der Versorgungsanlagen muss durch Probeaufgrabungen ermittelt werden.



Leitungsauskünfte: leitungsauskunft@hansewerk-natur.com

Telefon:
Abteilung:

Fax:
Kurzname:

Bearbeiter:

Reg.-Nr.:

Maßstab:

Format:

Datum:

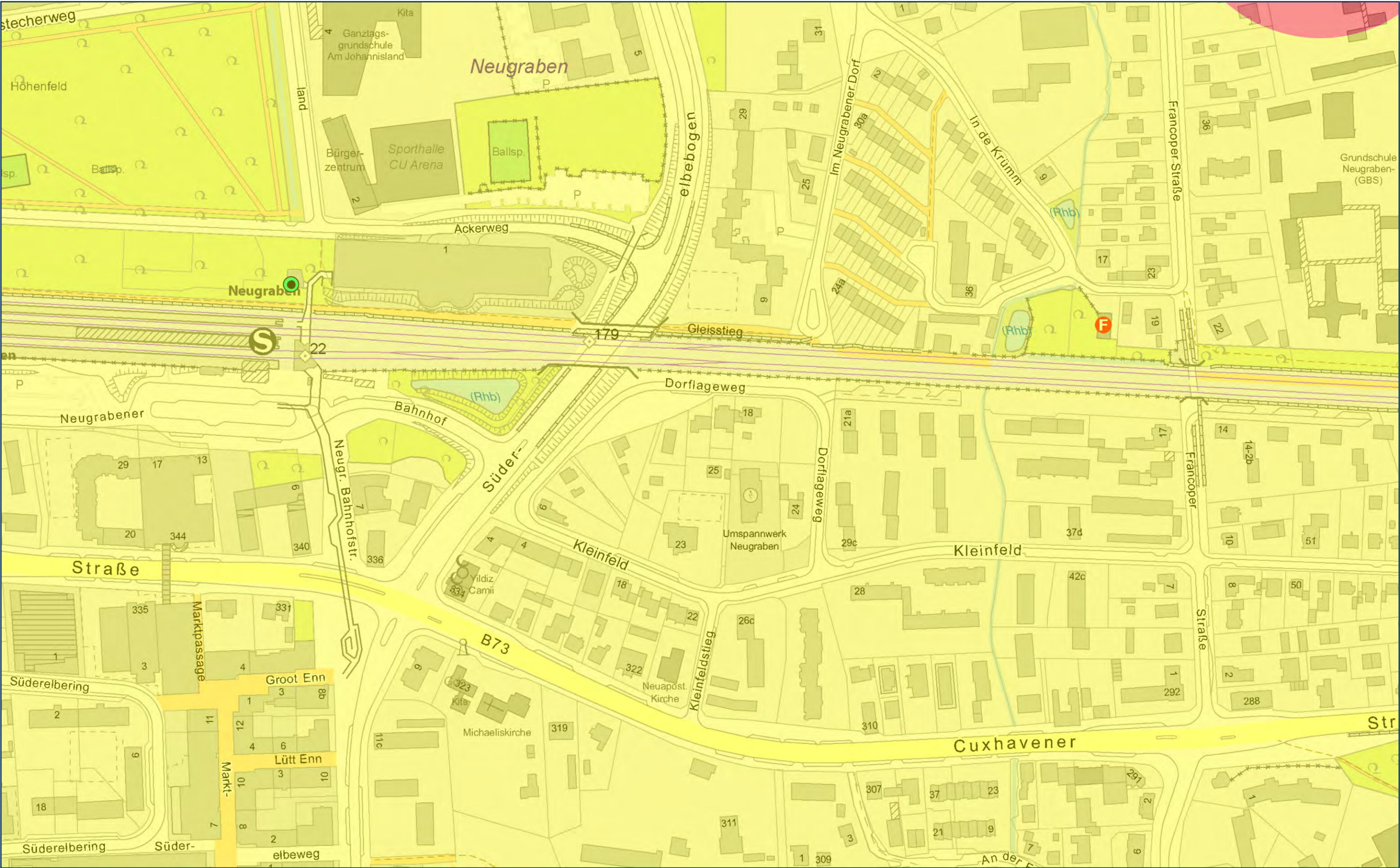
1:1500

A 4

26.07.2022

Sparte: Wärme

Gemeinde/Straße:






0 20 40 60 80m

Herausgeber:
Freie und Hansestadt Hamburg
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung











1:2500

Legende

Nutzungsbedingungen Geothermie

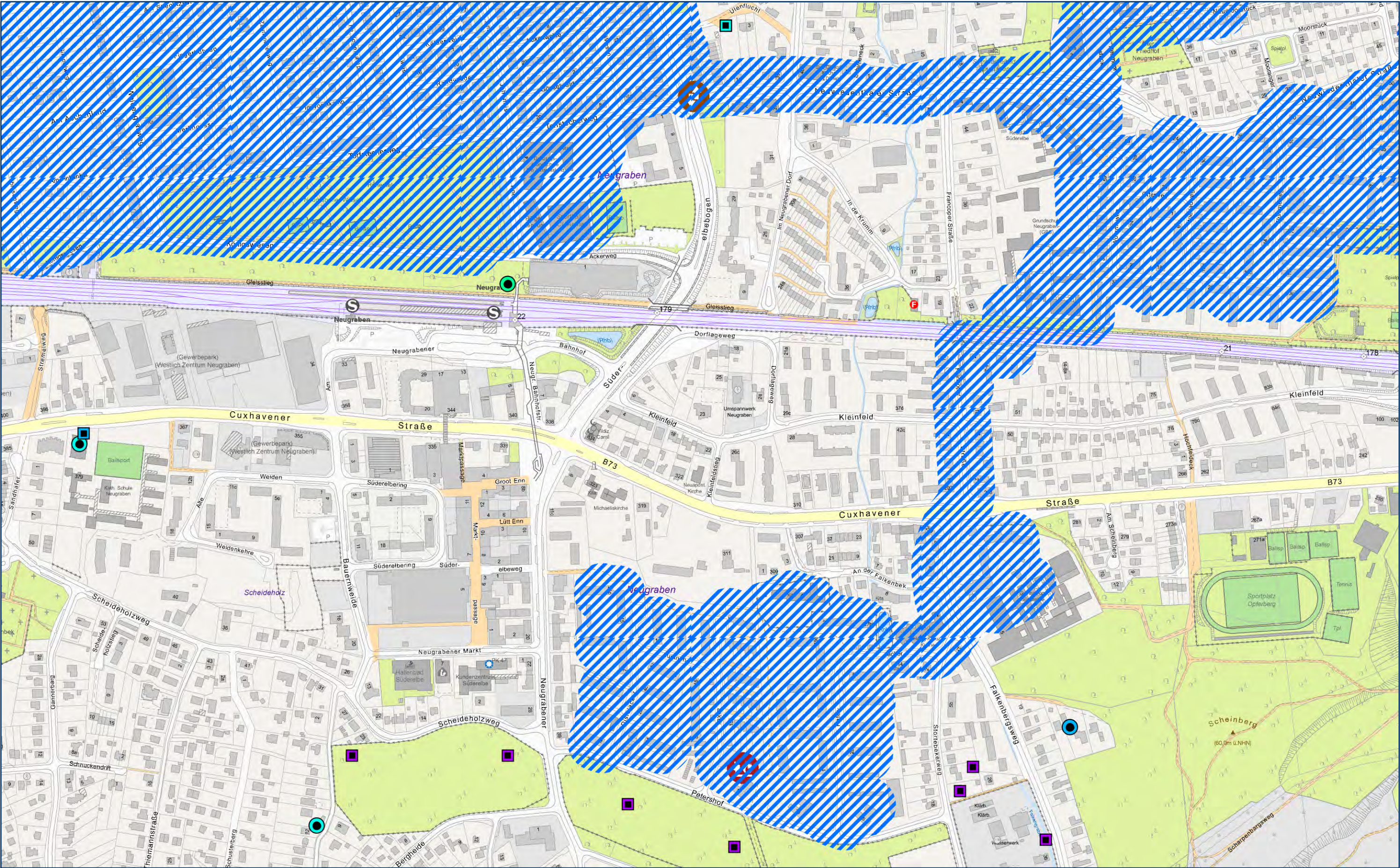
-  Erdwärmenutzung in der Regel unzulässig
-  Erdwärmesonden nach Einzelfallprüfung evtl. mit Auflagen möglich
-  Erdwärmenutzung in den flachen GW-Leitern zulässig

Geothermisch ausgewertete Bohrungen

-  ET >30 - 50m
-  ET >50 - 100m
-  ET >100 - 200m
-  ET >200 - 500m
-  ET >500 - 1000m
-  ET >1000m
-  ET >30 - 50m privat
-  ET >50 - 100m privat
-  ET >100 - 200m privat
-  ET >200 - 500m privat
-  ET >500 - 1000m privat
-  ET >1000m privat

Stadtplan





0 50 100 150 200m

Herausgeber:
Freie und Hansestadt Hamburg
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung


1:5000

Legende










Wärmekataster Gebiet mit Wärmenetz Hamburg

-  Wärme Hamburg GmbH
-  HanseWerk Natur GmbH
-  URBANA Energiedienste GmbH
-  enercity AG
-  Hamburg Energie GmbH
-  innogy SE
-  EAM EnergiePlus GmbH
-  Vattenfall Energy Solutions GmbH

Wärmekataster Energieerzeugungsanlagen Hamburg

-  Heizwerk
-  Kraftwerk
-  Heizkraftwerk
-  Müllverbrennungsanlage
-  Wärmetauscheranlage

Geothermisch ausgewertete Bohrungen

-  ET >30 - 50m
-  ET >50 - 100m
-  ET >100 - 200m
-  ET >200 - 500m
-  ET >500 - 1000m
-  ET >1000m
-  ET >30 - 50m privat
-  ET >50 - 100m privat
-  ET >100 - 200m privat
-  ET >200 - 500m privat
-  ET >500 - 1000m privat
-  ET >1000m privat

Stadtplan



Annahmen

Berechnung	
Fläche Solarthermie	250 m²
Fläche Photovoltaik	867 m²
Fläche Photovoltaik V3	617 m²
Fläche Absorber	353 m²
Fläche Absorber BF1	103 m²
Solarspeicher	12 h
Jahresertrag Solarthermie tatsächlich	412 kWh / m² Jahr
Ertrag Photovoltaik spezifisch	142 kWh / m² Jahr
Leistung Wärmepumpe über Abluft BF1	18 kW
JAZ Wärmepumpe Abluft BF1	4,0
Leistung Wärmepumpe über Absorber BF1	6 kW
Leistung Wärmepumpe über Abluft	38 kW
JAZ Wärmepumpe Abluft	4,0
JAZ Wärmepumpe Absorber	3,8
Grenztemperatur Entzug Absorber	4 °C
JAZ Wärmepumpe Eisspeicher	3,5
Leistung Wärmepumpe über Eisspeicher max	150 kW
Leistung Wärmepumpe über Eisspeicher BF1	44 kW
Netzverluste zentrale Lösungen	0,05
Leistungszahl Außenluft >7	4,00
Leistungszahl Außenluft >2	3,60
Leistungszahl Außenluft >-7	2,90
Leistungszahl Außenluft >-12	2,50
CO ₂ -Emissionen	
Erdgas	0,201 kg/kWh
Fernwärme Verbundnetz Süd	0,094 kg/kWh
Strom (bundesdeutscher Mix 2020)	0,348 kg/kWh
Anteil erneuerbare Energie im Strom	45,2 %
Betriebskosten	
Verbundnetz Süd 2022	0,242 €/kWh
Strom 2022	0,472 €/kWh
CO ₂ -Preis 2022	30 €/t
CO ₂ -Preis 2045	65 €/t

Investitionskosten	
Elektrische Spitzenlast zentral Standard	39,6 t€
Elektrische Spitzenlast zentral EH55	39,6 t€
Elektrische Spitzenlast zentral EH40	39,6 t€
Elektrische Spitzenlast dezentral Standard	42,7 t€
Elektrische Spitzenlast dezentral EH55	42,7 t€
Elektrische Spitzenlast dezentral EH40	42,7 t€
Netz Quartier warm	657,3 t€
Netz Quartier kalt	411,1 t€
Solarthermie	300,0 t€
PV 800 m ²	240,0 t€
PV 600 m ²	180,0 t€
Absorber (zu PVT) 300 m ²	180,0 t€
Absorber (zu PVT) 100 m ²	60,0 t€
Wärmepumpe zentral Eisspeicher	211,9 t€
Wärmepumpe zentral ohne Eisspeicher	77,3 t€
Wärmepumpe Abluft BF1	23,5 t€
Wärmepumpe dezentral Spitzenlast	123,6 t€
Wärmepumpe dezentral Abluft	28,7 t€
Wärmepumpe dezentral Außenluft	194,2 t€
Eisspeicher groß	240,0 t€
Eisspeicher klein	170,8 t€
Fernwärmeanschluss zentral	111,0 t€
Fernwärmeanschluss dezentral	568,4 t€
Regelungstechnik komplexe Varianten	90,0 t€
Regelungstechnik weniger komplexe Varianten	60,0 t€

Annuitätenbetrachtung nach VDI 2067	
Zinsfaktor q	1,050
Betrachtungszeitraum T	30,000
Preisänderungsfaktor r (Investitionskosten, Kessel etc)	1,040
Preisänderungsfaktor r (Betrieb, Brennstoffe)	1,020
Preisänderungsfaktor r (Bedienung)	1,020
Preisänderungsfaktor r (Instandhaltung)	1,020
Annuitätsfaktor a	0,065
Barwertfaktor b (Betrieb, Brennstoffe)	19,363
Barwertfaktor b (Bedienung)	19,363

Barwertfaktor b (Instandhaltung)

19,363

Baufeld 1

Grundlagen

Zusammenstellung Energiebedarfe

	Bedarfe je Einheit mit 57 m ²	Bedarfe inkl. Kita und Gemeinschaftsfläche gesamt
	kWh / Jahr	kWh / Jahr
Strombedarf	2.200	228.800 kWh / Jahr
Trinkwarmwasser	851	102.180
Raumwärme		
- gesetzlicher Standard	1.873	224.796
- KfW-Effizienzhaus-55	1.305	156.676
- KfW-Effizienzhaus-40	1.078	129.428
Summen Wärme		
- gesetzlicher Standard		326.976 kWh / Jahr
- KfW-Effizienzhaus-55		258.856 kWh / Jahr
- KfW-Effizienzhaus-40		231.608 kWh / Jahr

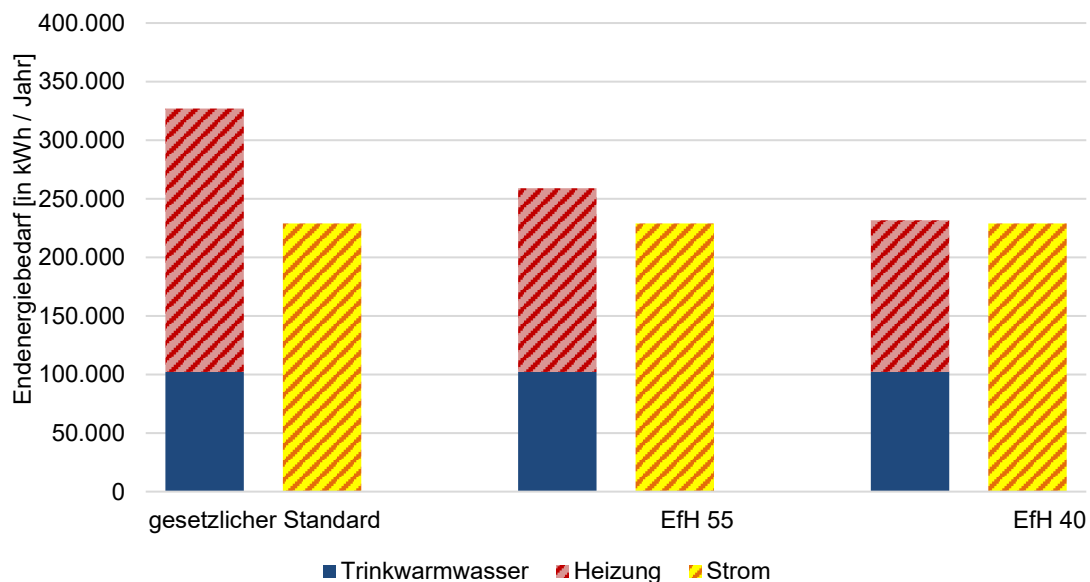


Abbildung 40: Zusammenstellung der Annahmen für den Strom- und Wärmebedarf Baufeld 1

Versorgungsvarianten

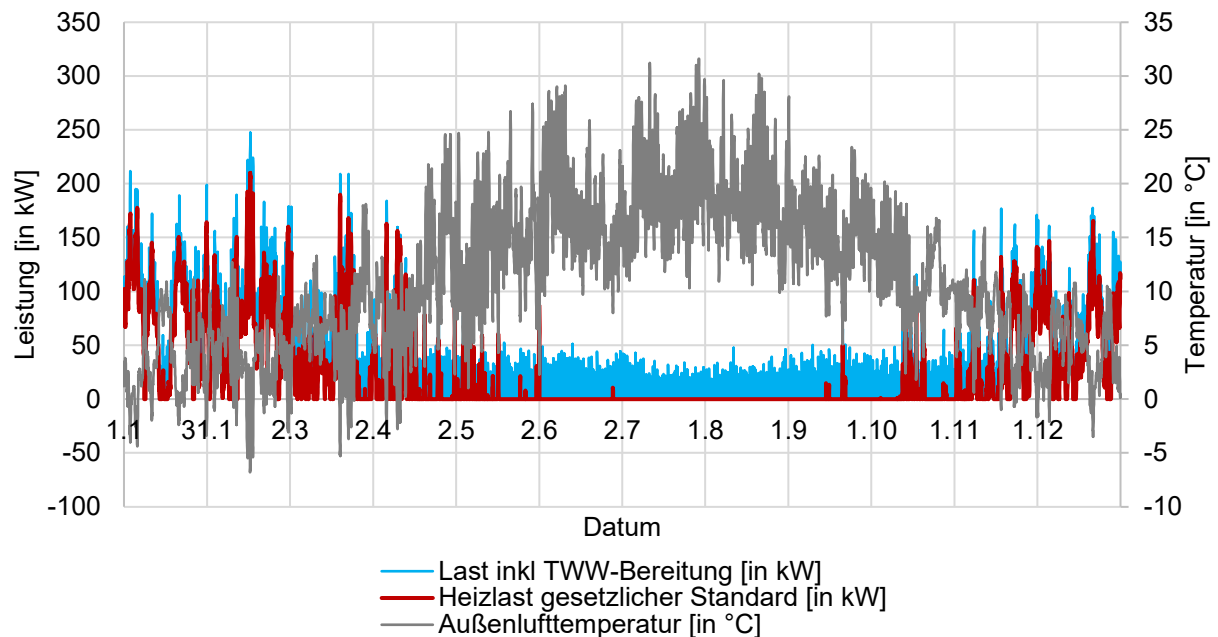
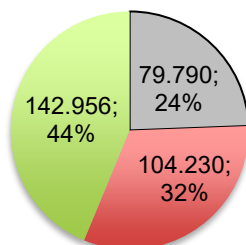


Abbildung 41: Lastgang zur Bestimmung der Deckungsanteile Baufeld 1 (Wetterdatensatz TRY 2045)

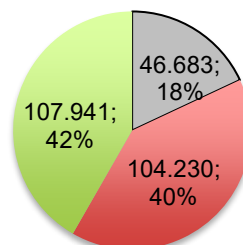
Variante 1

Fläche Photovoltaik: 353 m²
 Leistung WP über Abluft: 18 kW
 Leistung WP über Außenluft: 47 kW
 Platzbedarf in der Heizzentrale: je Heizzentrale mindestens 6 m²
 Insgesamt 30 m²

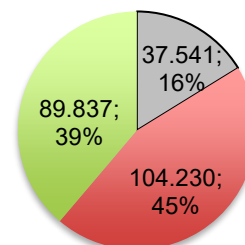
gesetzlicher Standard



Effizienzhaus 55



Effizienzhaus 40



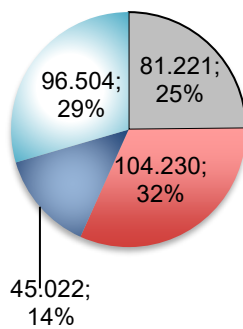
■ Spitzenlast [in kWh/Jahr]
 ■ WP Abluft [in kWh/Jahr]
 ■ WP Außenluft [in kWh/Jahr]

Abbildung 42: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 1 bei den verschiedenen Dämmstandards

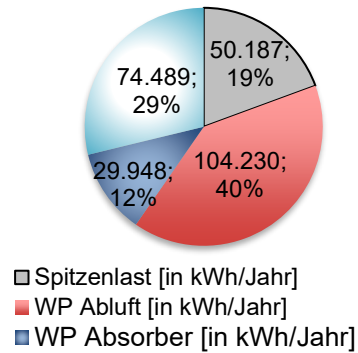
Variante 2

Fläche Photovoltaik:	353 m ²
Fläche Absorber:	353 m ² (positioniert als PV-T unter der Photovoltaik)
Durchmesser Eisspeicher:	4 m
Leistung WP über Abluft:	18 kW
Leistung WP über Absorber direkt:	21 kW
Leistung WP über Eisspeicher:	44 kW
Platzbedarf in der Heizzentrale:	je Heizzentrale mindestens 6 m ² , eine Heizzentrale 30 m ² Insgesamt 54 m ²

gesetzlicher Standard



Effizienzhaus 55



Effizienzhaus 40

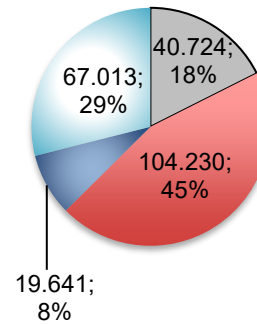
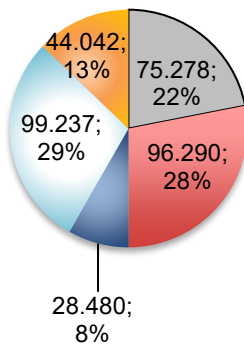


Abbildung 43: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 2 bei den verschiedenen Dämmstandards

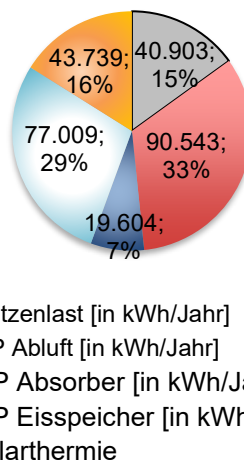
Variante 3

Fläche Solarthermie:	100 m ²
Fläche Photovoltaik:	253 m ²
Fläche Absorber:	253 m ² (ausgeführt als PV-T)
Durchmesser Eisspeicher:	4 m
Leistung WP über Abluft:	18 kW
Leistung WP über Absorber direkt:	15 kW
Leistung WP über Eisspeicher:	44 kW
Platzbedarf in der Heizzentrale:	60 m ²

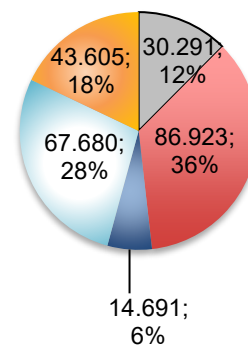
gesetzlicher Standard



Effizienzhaus 55



Effizienzhaus 40



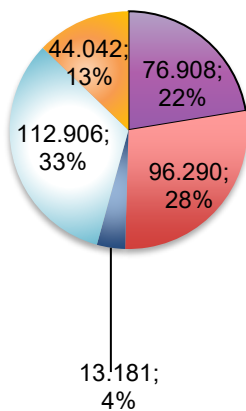
■ Spitzenlast [in kWh/Jahr]
 ■ WP Abluft [in kWh/Jahr]
 ■ WP Absorber [in kWh/Jahr]
 ■ WP Eisspeicher [in kWh/Jahr]
 ■ Solarthermie

Abbildung 44: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 3 bei den verschiedenen Dämmstandards

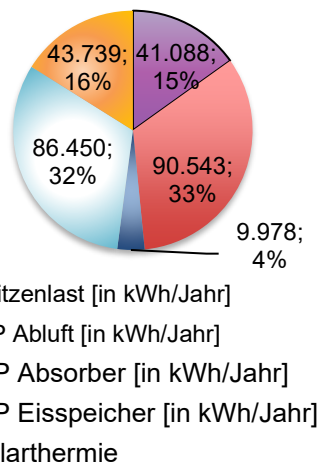
Variante 4

Fläche Solarthermie:	100 m ²
Fläche Photovoltaik:	253 m ²
Fläche Absorber:	103 m ² (ausgeführt als PV-T)
Durchmesser Eisspeicher:	4 m
Leistung WP über Abluft:	18 kW
Leistung WP über Absorber direkt:	6 kW
Leistung WP über Eisspeicher:	44 kW
Platzbedarf in der Heizzentrale:	60 m ²

gesetzlicher Standard



Effizienzhaus 55



Effizienzhaus 40

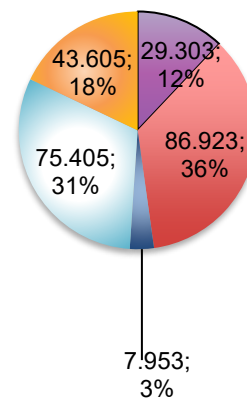
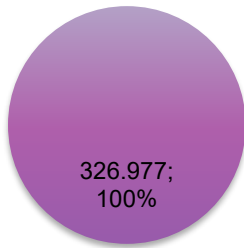


Abbildung 45: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 4 bei den verschiedenen Dämmstandards

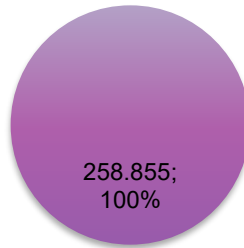
Variante 5

gesetzlicher Standard



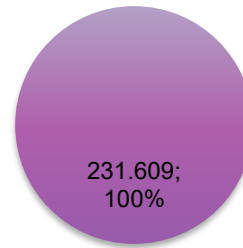
■ Wärmenetz [in kWh/Jahr]

Effizienzhaus 55



■ Wärmenetz [in kWh/Jahr]

Effizienzhaus 40



■ Wärmenetz [in kWh/Jahr]

Abbildung 46: Darstellung der Abdeckung der Wärmebedarfe durch die Wärmeerzeuger in Baufeld 1 in der Variante 5 bei den verschiedenen Dämmstandards

Energie- und Klimabilanz

		Endenergie [in MWh / Jahr]			Strom*	Primärenergie [in MWh/Jahr]			CO ₂ -Emissionen [in t/Jahr]		
		Strom	Wärme	Gesamt		Wärme*	PEF	Wärme	Strom	Wärme	Gesamt
V1: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kein Netz, PV	Standard	376	327	703	587	0	0,45	587	114	0	114
	EFH 55	334	259	593	511	0	0,41	511	99	0	99
	EFH 40	320	232	551	485	0	0,39	485	94	0	94
V2: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kaltes Netz, PV-T	Standard	375	327	702	586	0	0,45	586	113	0	113
	EFH 55	334	259	593	511	0	0,41	511	99	0	99
	EFH 40	320	232	552	486	0	0,39	486	94	0	94
V3: WP, Solarthermie, Spitzenlast elektrisch, zentral, kaltes und warmes Netz, PV	Standard	364	343	707	498	0	0,39	498	96	0	96
	EFH 55	319	272	591	418	0	0,33	418	81	0	81
	EFH 40	304	243	547	390	0	0,31	390	75	0	75
V4: WP, Solarthermie, Spitzenlast Wärmenetz, zentral, warmes Netz, PV-T	Standard	289	343	632	362	35	0,27	396	70	7	77
	EFH 55	279	272	551	344	18	0,25	363	67	4	70
	EFH 40	274	243	517	336	13	0,24	349	65	3	68
V5: Externes Wärmenetz, PV	Standard	229	327	556	322	147	0,45	469	62	31	93
	EFH 55	229	259	488	322	116	0,45	438	62	24	87
	EFH 40	229	232	460	322	104	0,45	426	62	22	84

*bei Netzstrombezug PEF 1,8 und Wärmenetz PEF 0,45

Abbildung 47: Tabelle zur Zusammenstellung von End-, Primärenergiebedarfen und CO₂-Emissionen für die Varianten in Baufeld 1

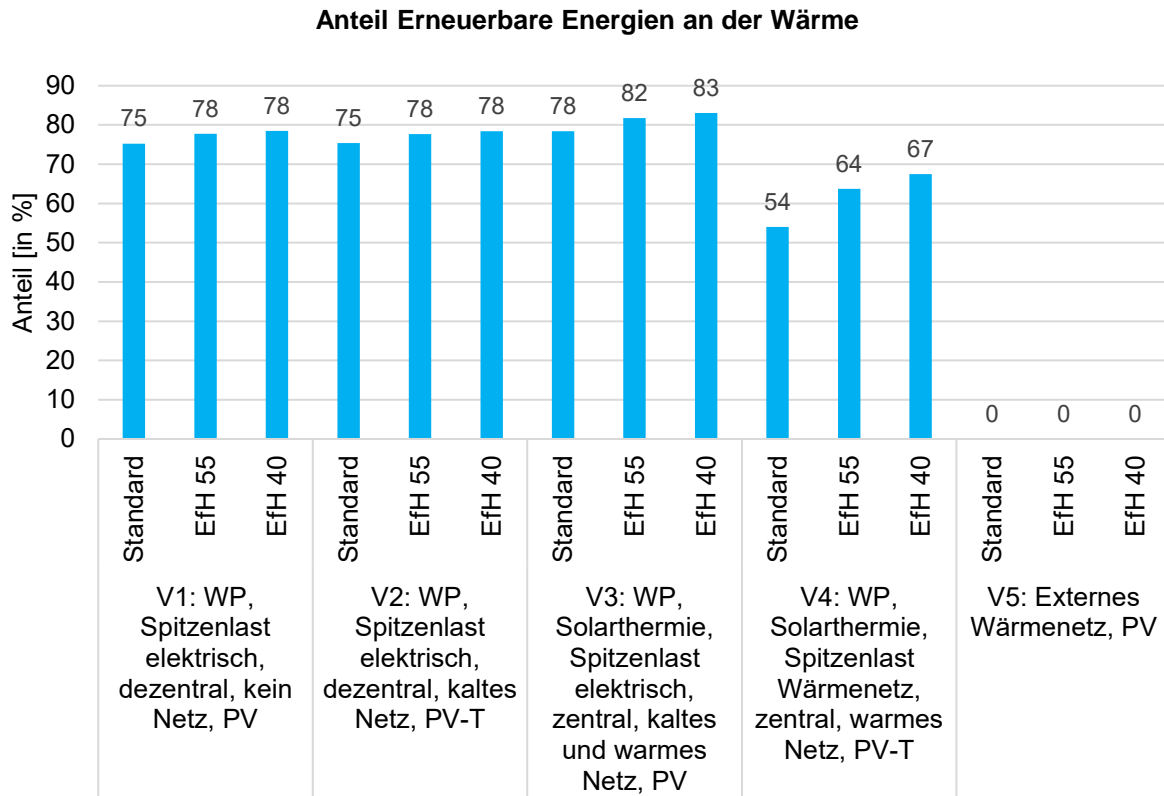


Abbildung 48: Anteil erneuerbarer Energien an der Wärme für die Varianten in Baufeld 1

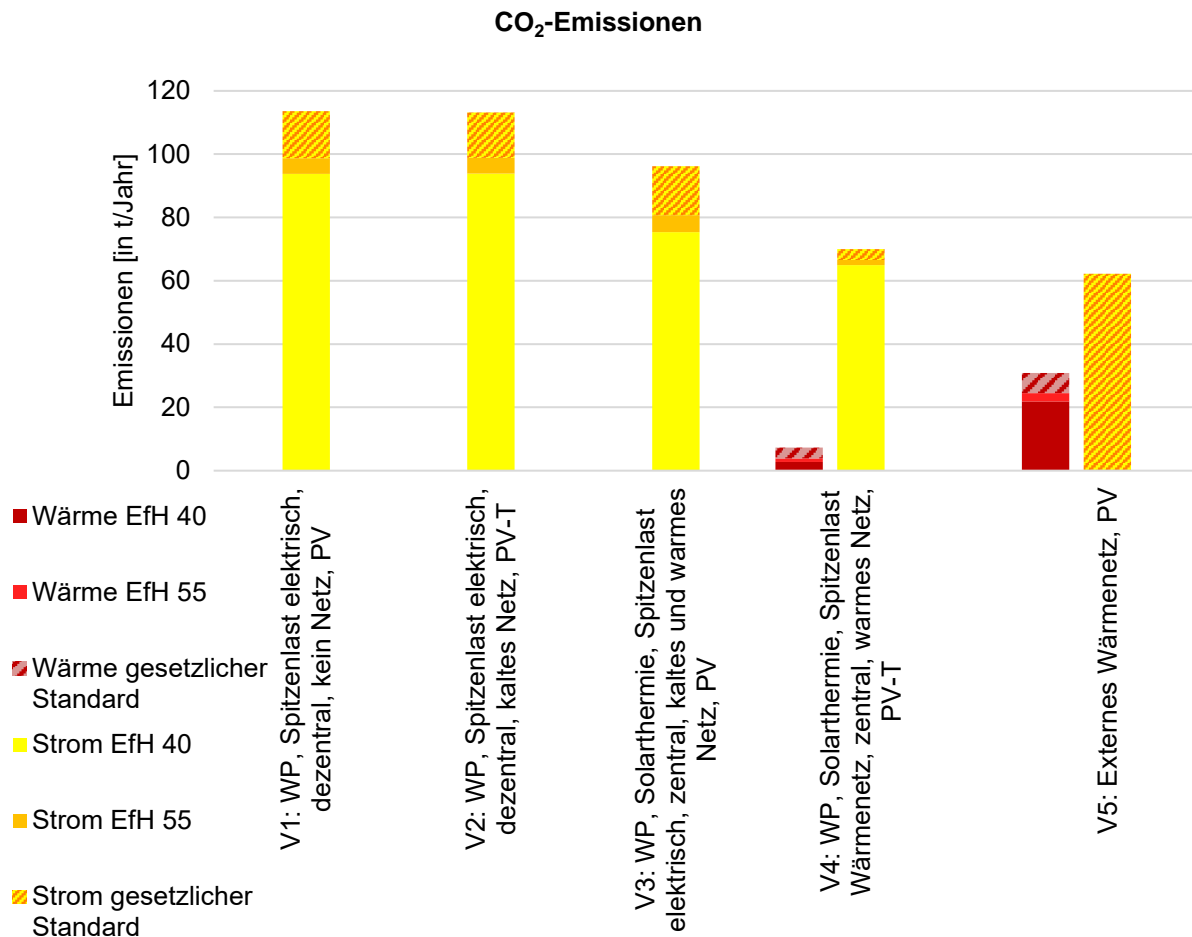


Abbildung 49: Balkendiagramm CO₂-Emissionen für Wärme und Strom nach Varianten in Baufeld 1

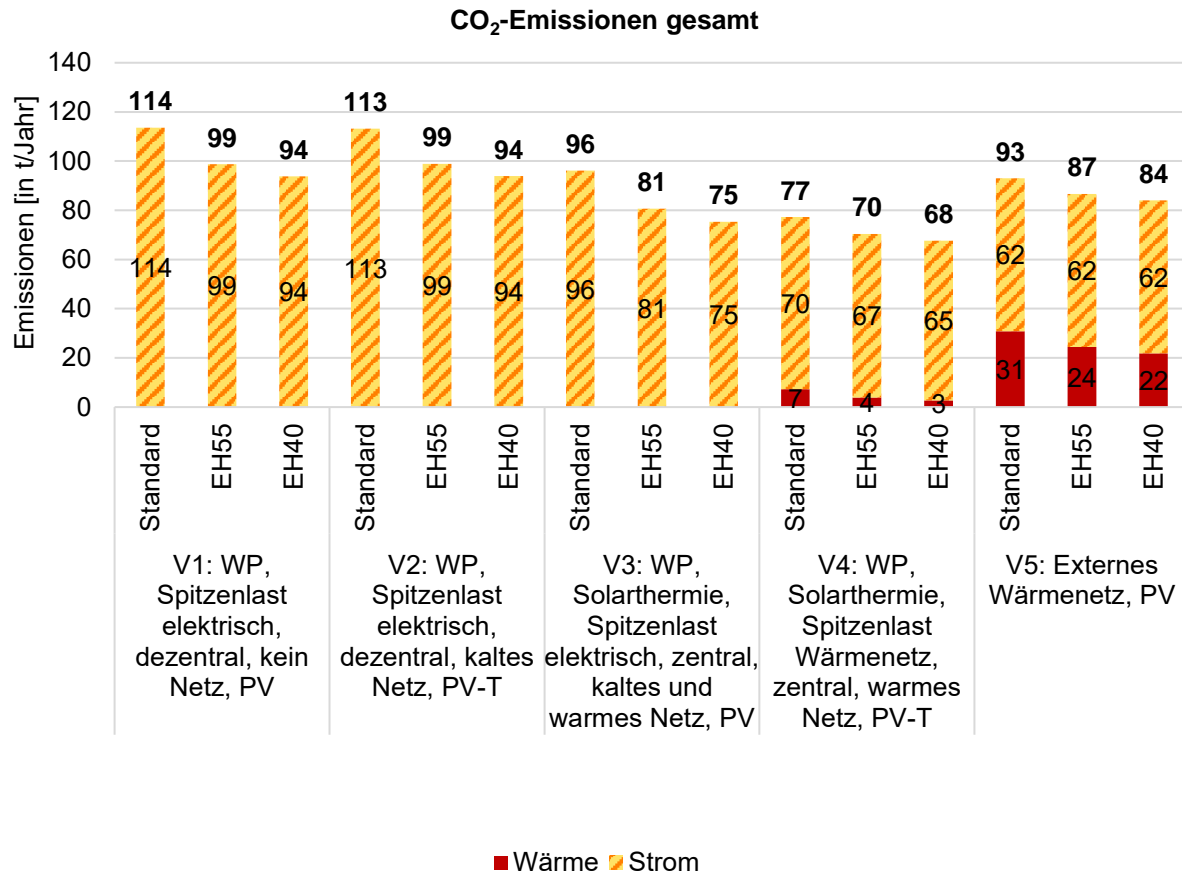


Abbildung 50: Balkendiagramm CO₂-Emissionen gesamt nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

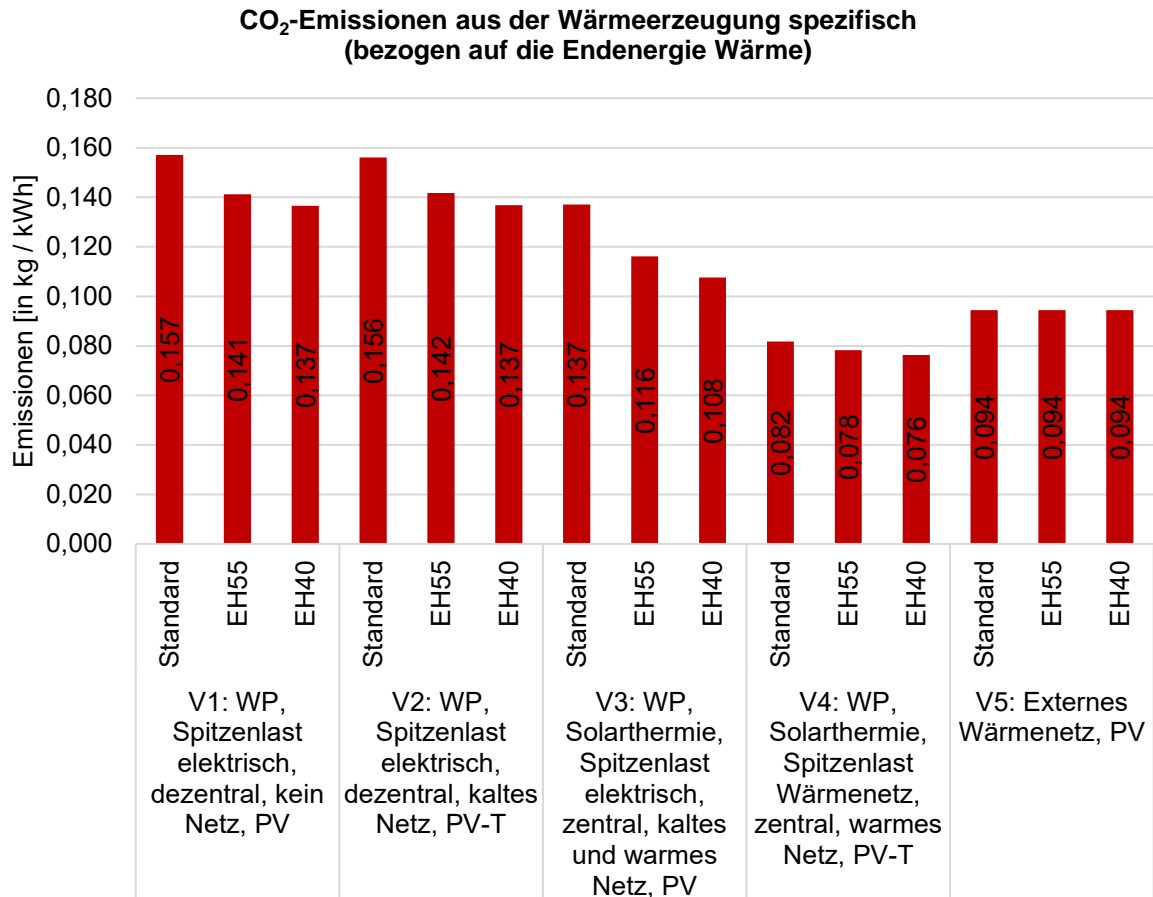


Abbildung 51: Balkendiagramm CO₂-Emissionen Wärmeerzeugung spezifisch bezogen auf die Endenergie Wärme nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

Fördermöglichkeiten

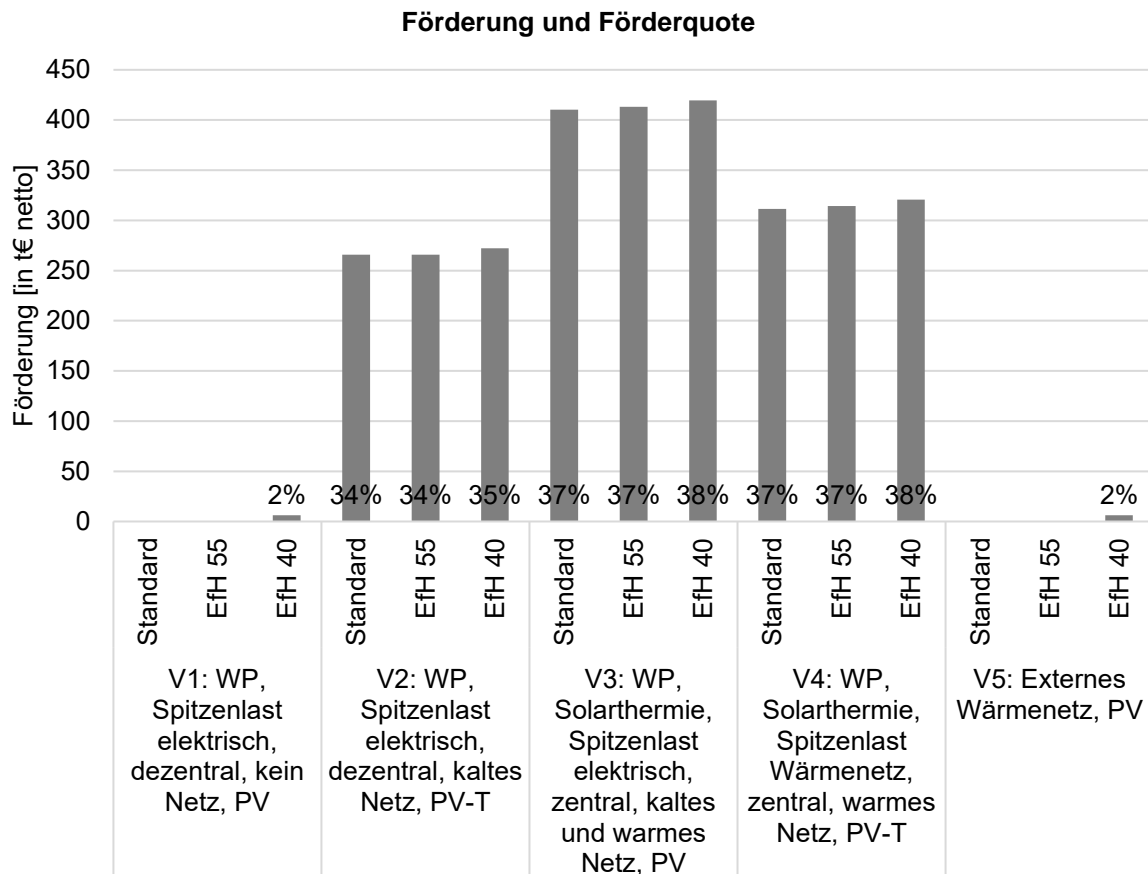


Abbildung 52: Balkendiagramm Förderung und -quote nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

Ökonomische Bewertung

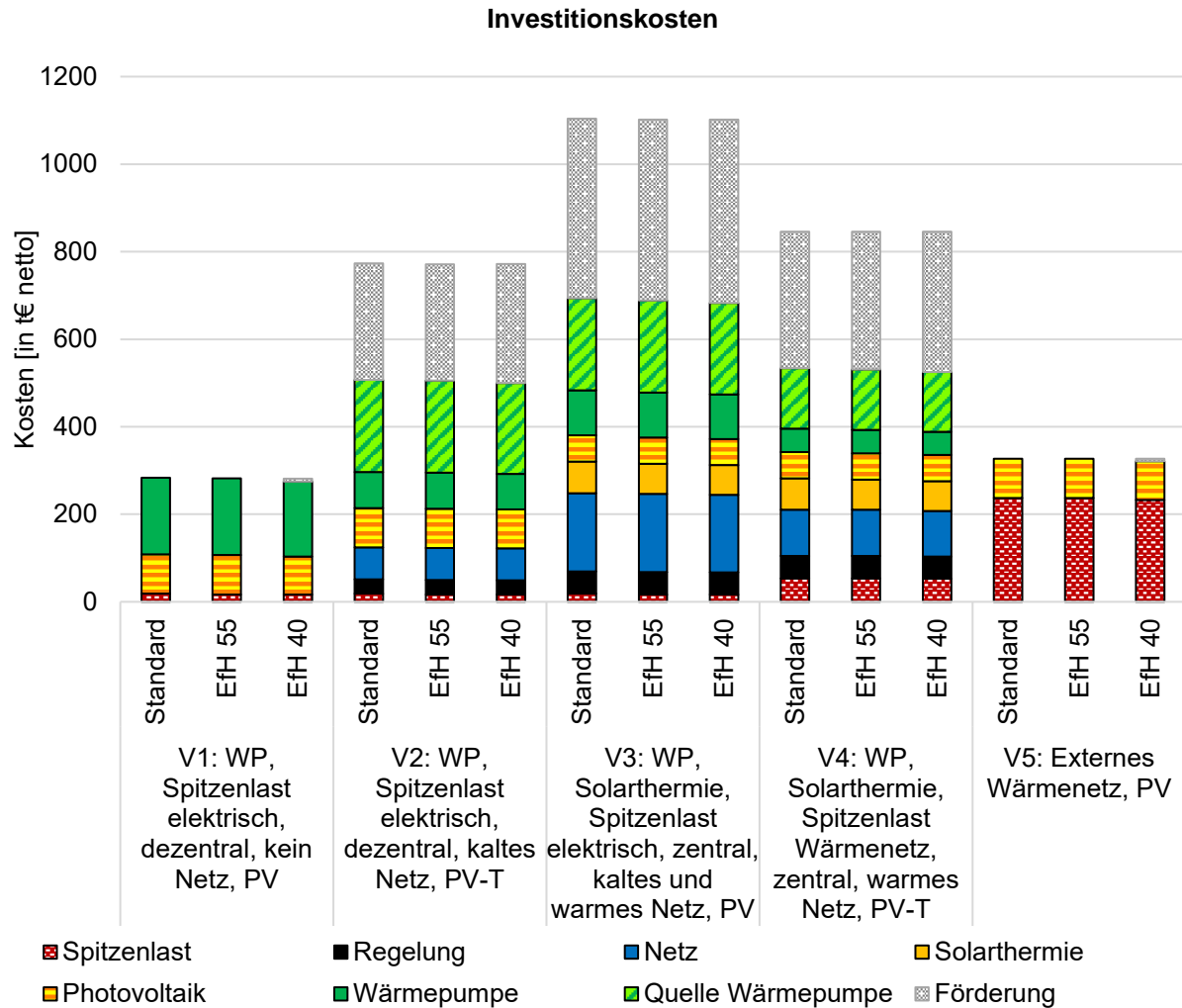


Abbildung 53: Balkendiagramm Investitionskosten und Förderung nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

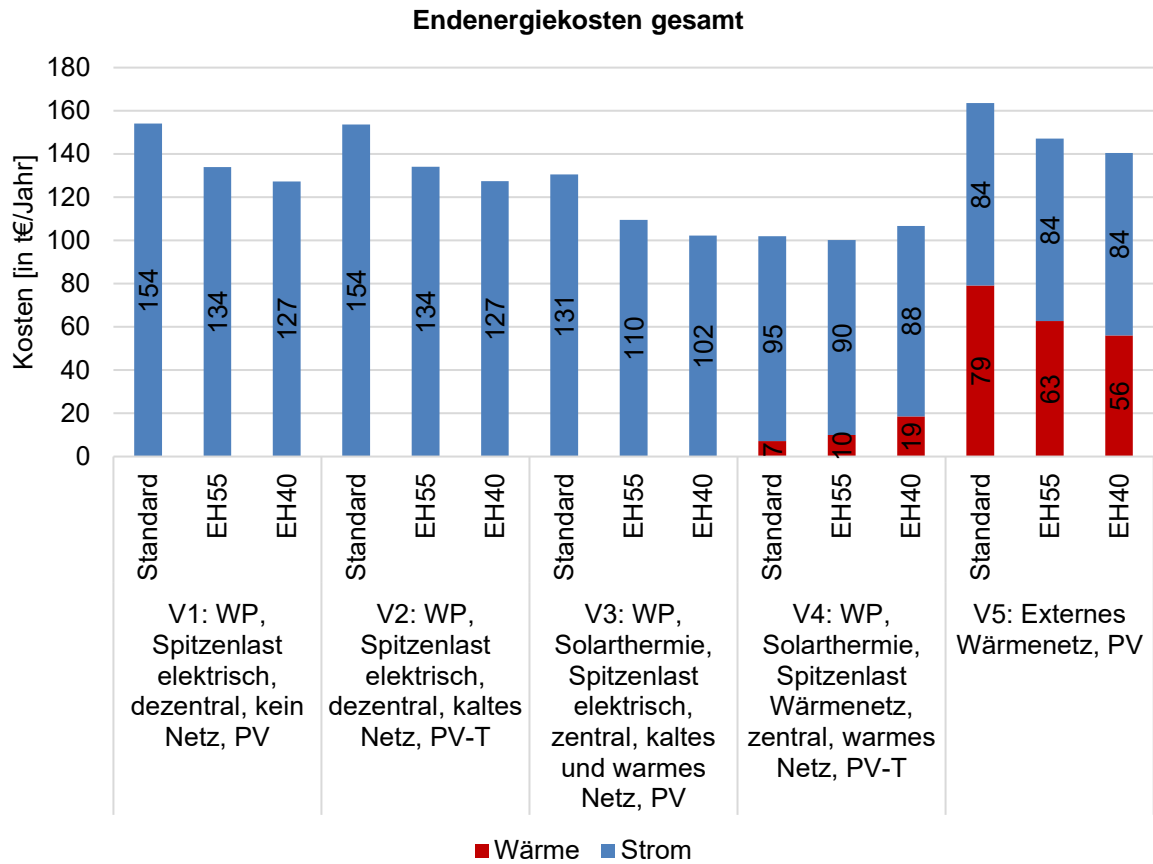


Abbildung 54: Endenergiekosten für Gas bzw Wärme und Strom nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

Wärmepreis 2022 spezifisch nach VDI 2067

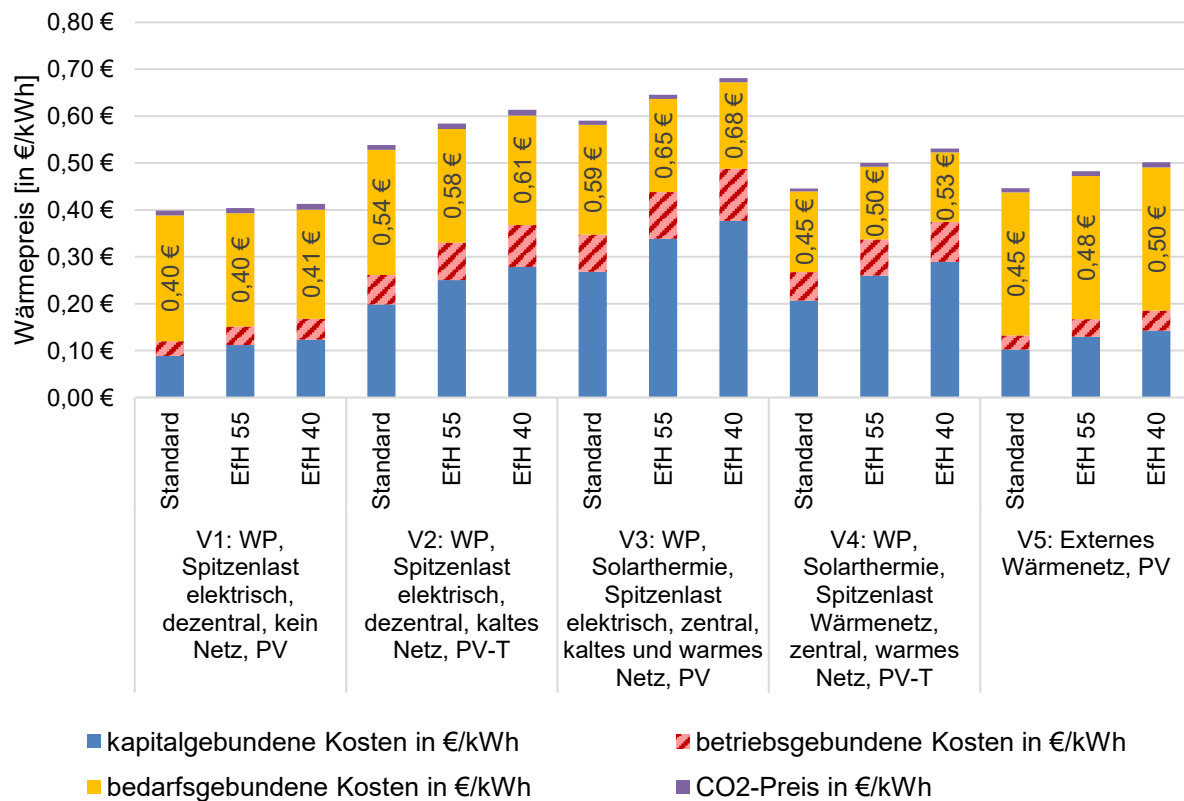


Abbildung 55: Wärmepreis 2022 spezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

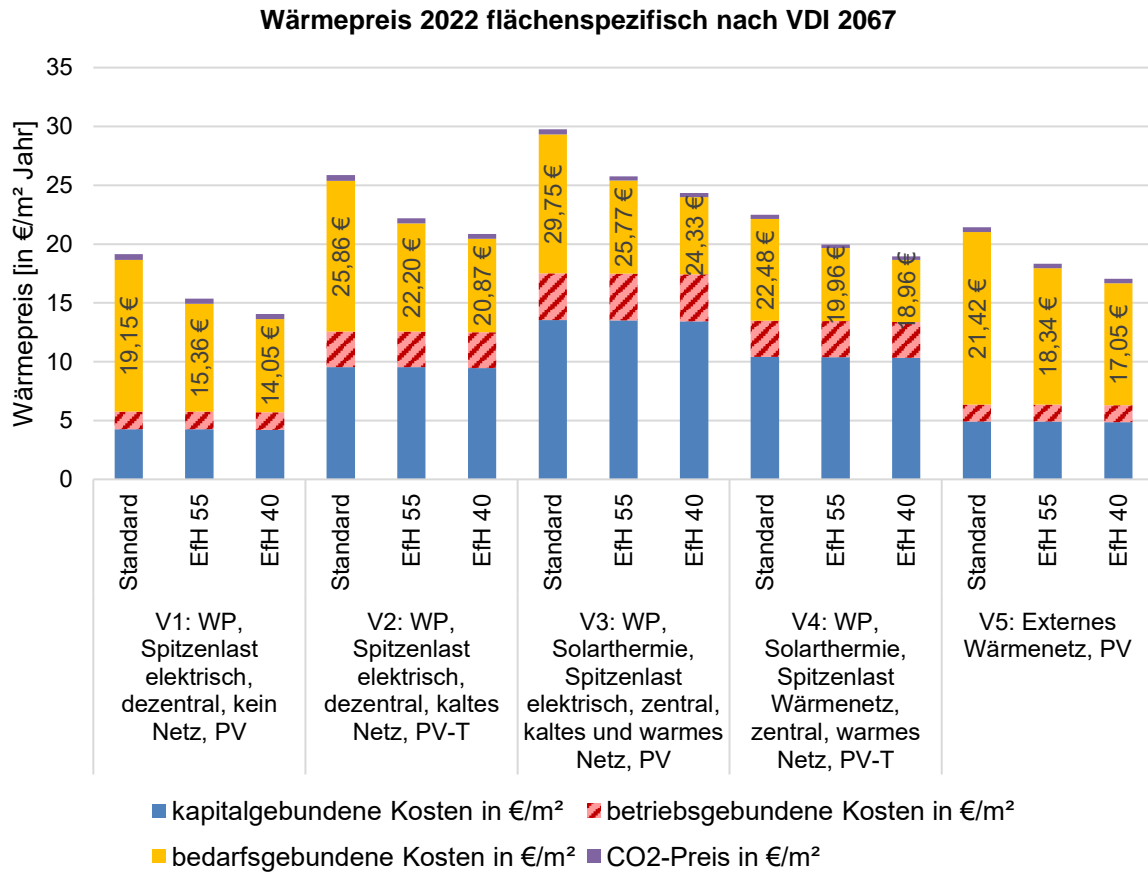


Abbildung 56: Wärmepreis 2022 flächenspezifisch nach VDI 2067 nach Varianten bei den verschiedenen Dämmstandards in Baufeld 1

Auswertung

		CO ₂ - Emissionen	flächen- spezifischer Wärme- preis	Investitions- kosten	Endenergie- kosten gesamt
V1: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kein Netz, PV	Standard	↓	↗	↑	↓
	Effizienzhaus 55	↘	↑	↑	↘
	Effizienzhaus 40	↘	↑	↑	↗
V2: WP, Spitzenlast elektrisch, dezentral, kaltes Netz, PV-T	Standard	↓	↓	↘	↓
	Effizienzhaus 55	↘	↘	↘	↘
	Effizienzhaus 40	↘	↗	↘	↗
V3: WP, Solarthermie, Spitzenlast elektrisch, zentral, kaltes und warmes Netz, PV	Standard	↘	↓	↓	↗
	Effizienzhaus 55	↗	↘	↓	↑
	Effizienzhaus 40	↑	↘	↓	↑
V4: WP, Solarthermie, Spitzenlast Wärmenetz, zentral, warmes Netz, PV-T	Standard	↑	↘	↘	↑
	Effizienzhaus 55	↑	↗	↘	↑
	Effizienzhaus 40	↑	↗	↘	↑
V5: Externes Wärmenetz, PV	Standard	↗	↗	↑	↓
	Effizienzhaus 55	↗	↗	↑	↘
	Effizienzhaus 40	↗	↑	↑	↘

Abbildung 57: Zusammenstellung und Bewertungsmatrix der Ergebnisse in Baufeld 1