

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	6
2.	Zum Objekt	8
2.1.	Neubau.....	8
2.1.1.	Rechtliche Randbedingungen für den Neubau	9
2.2.	Bestand	9
3.	Vorgehensweise	11
3.1.	Datengrundlage.....	11
3.2.	Basis-Variante	11
3.2.1.	Nutzenergiebedarf inkl. Verluste.....	11
3.2.2.	Heizlast	12
3.2.3.	Photovoltaik.....	12
4.	Varianten	13
4.1.	Wärmepumpen-BHKW-Hybridheizung	13
4.1.1.	Platzbedarf.....	13
4.1.2.	Installation und Wartung.....	13
4.2.	Wärmenetz HanseWerk Natur	14
4.2.1.	Platzbedarf.....	14
4.2.2.	Installation und Wartung.....	14
4.3.	Wärmepumpe, monovalent.....	15
4.3.1.	Platzbedarf.....	15
4.3.2.	Installation und Wartung.....	15
4.4.	Ausgeschlossene Versorgungsvarianten.....	16
4.4.1.	Geothermie	16
4.4.2.	Abwasserwärme.....	16
5.	Randbedingungen	17
6.	Ergebnisse	18
6.1.	Vergleich Investitionskosten	18
6.2.	Wärmegestehungskosten und Wärmemischpreis	19
6.2.1.	Spezifische Wärmegestehungskosten.....	19
6.2.2.	Mittlere spezifische Kosten über 20 Jahre	20
6.2.3.	Gemittelter spezifischer Wärmemischpreis je m ² _{WFI} und Jahr	22

6.3.	Vergleich Endenergieeinsatz pro Jahr	23
6.4.	Vergleich jährliche CO ₂ -Emissionen	24
6.5.	Variantenübersicht.....	26
7.	Förderprogramme	27
7.1.	KfW Programm 297 – Klimafreundlicher Neubau (KFN)	27
7.2.	KfW Programm 296 – Klimafreundlicher Neubau im Niedrigpreissegment (KNN).....	27
7.3.	IFB Mietwohnungsneubau	27
8.	Anlagen	28
8.1.	Energiebedarfe Bestand	28
8.2.	Wohnflächenübersicht - Neubau.....	29
8.3.	Mittlere Wärmegestehungskosten über 20 Jahre inklusive PV-Anlage	30
8.4.	CO ₂ -Emissionen mit PV.....	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan, Vorabzug Stand 21.03.2024, PGH Planungsgesellschaft..... 8

Abbildung 2: Satellitenbild des Bestandsgebiets, google maps..... 9

Abbildung 3: Deckungsanteile der Wärmeerzeuger an der Wärmebereitstellung 13

Abbildung 4: Lage der Verbundleitung des Wärmeneizes „Verbund Ost“ (Satellitenbild von google maps)..... 14

Abbildung 6: Vergleich der Investitionskosten..... 18

Abbildung 7: Zusammensetzung der mittleren Wärmegestehungskosten über 20 Jahre, geringere Preissteigerung..... 19

Abbildung 8: Zusammensetzung der mittleren Wärmegestehungskosten über 20 Jahre, höhere Preissteigerung..... 19

Abbildung 9: Zusammensetzung der mittleren spezifischen Wärmegestehungskosten je kWh, geringere Preissteigerung 20

Abbildung 10: Zusammensetzung der mittleren spezifischen Wärmegestehungskosten je kWh, höhere Preissteigerung 21

Abbildung 11: Mittlerer jährlicher Wärmemischpreis je Quadratmeter Wohnfläche..... 22

Abbildung 12: Übersicht Endenergiebedarf..... 23

Abbildung 13: Vergleich der CO2-Emissionen für die Wärmeerzeugung ohne Gutschrift des PV-Stroms bis 2048..... 24

Abbildung 14: Mittlere CO2-Emissionen über den Betrachtungszeitraum von 2028-2048 je kWh Wärmebedarf 25

Abbildung 15: Wärmegestehungskosten mit und ohne PV-Anlage sowohl mit geringen und höheren Preissteigerungen..... 30

Abbildung 16: Jährliche CO2-Emissionen inkl. PV-Gutschrift..... 31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse, „gemittelte“ Werte sind über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gemittelt	6
Tabelle 2: Übersicht des Nutzenergiebedarfe inkl. Verluste für Heizwärme- und Warmwasser je Gebäudeblock	11
Tabelle 3: Übersicht der Heizlasten je Gebäudeblock	12
Tabelle 4: Nutzenergiebedarf aus EnEV-Berechnungen aus den Bestandsgebäuden	28
Tabelle 5: Übersicht der zugrunde liegenden Gebäudedaten.....	29

1. Zusammenfassung

In dem Gebiet des Bebauungsplans Farmsen-Berne 40, Marie-Bautz-Weg sollen drei Wohnblöcke mit insgesamt 455 Wohneinheiten entstehen.

Der Bauherr hat in der Vergangenheit i.d.R. Neubauten im Effizienzhaus-40-Standard (kurz EH40) errichtet und damit positive Erfahrungen gemacht. Vor diesem Hintergrund ist dieser Standard für den Bauherren gesetzt und ein Vergleich mit dem energetisch niedrigeren Stand EH55 nicht sinnvoll.

Ein Vergleich dahingehend, mit welcher Wärmeversorgung der EH40-Standard erreicht wird, ist wie die Ergebnisse zeigen, sinnvoll. Es werden die folgenden drei Wärmeversorgungsvarianten berechnet, jeweils mit einer Heizzentrale je Wohnblock:

- Variante 1 – Luft-Wasser-Wärmepumpe und BHKW und Brennwertkessel
- Variante 2 – Fernwärme HanseWerk Natur
- Variante 3 – Luft-Wasser-Wärmepumpen monovalent

Die Varianten werden hinsichtlich der Wärmekosten und CO₂-Emissionen sowie dem %-Anteil erneuerbarer Energien bewertet. Das Ergebnis des Vergleichs lässt sich wie folgt beschreiben:

- ✓ Alle drei Varianten erfüllen bei dem Kriterium „Anteil erneuerbare Energien“ die gesetzliche Anforderung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)
- ✓ Die Varianten 1 und 3 haben deutlich günstigere Wärmegestehungskosten als die Variante 2
- ✓ Die aus dem Betrieb resultierenden CO₂-Emissionen sind bei den Varianten 2 und 3 deutlich geringer als die der Variante 1

In der Gesamtbetrachtung wird die Variante 3 mit der Wärmeversorgung über Wärmepumpen (monovalent) empfohlen, da diese in der Gesamtbetrachtung – Wärmegestehungskosten und CO₂-Emissionen die besten Ergebnisse erzielt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse, „gemittelte“ Werte sind über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gemittelt

	V1 WP-BHKW Hybrid	V2 HanseWerk Natur	V3 WP monovalent
Wärmegestehungskosten, gemittelt			
Geringe Preissteig.	12,36 Cent/kWh	17,24 Cent/kWh	13,25 Cent/kWh
Hohe Preissteig.	17,73 Cent/kWh	22,49 Cent/kWh	16,85 Cent/kWh
Anteil erneuerbarer Energien 2028 gem. GEG & DIN V 18599-9	59 % ¹	67 % ²	67 %
CO₂-Emissionen, gemittelt	59 g/kWh	28 g/kWh	30 g/kWh

¹ Die Wärmepumpen werden so ausgelegt, dass pauschal §71h GEG erfüllt wird und somit die 65 % erneuerbare Energien eingehalten werden, unabhängig von dem Ergebnis nach DIN V 18599

² „Unsere Strategie zum klimaneutralen Um- und Ausbau des Hamburger Fernwärmenetzes Verbund Ost, HanseWerk Natur, 06.05.2025

Eine zusätzliche Betrachtung zeigt, dass die Nutzung einer Photovoltaik-Anlage die Wärmegestehungskosten der Wärmepumpenvarianten weiter sinken lassen kann, sofern ein Teil des PV-Stroms direkt für die Wärmepumpen genutzt wird. Auf die Variante 2 – HanseWerk Natur hat die PV-Anlage keinen Effekt.

Die Auslegung der Anlagentechnik ist früh mit den zuständigen Fachplanern aufeinander abzustimmen, um eine bestmögliche Synergie herzustellen.

2. Zum Objekt

2.1. Neubau

In dem Gebiet des Bebauungsplans Farmsen-Berne 40, Marie-Bautz-Weg sollen drei Wohnblöcke mit insgesamt 455 Wohneinheiten entstehen (vgl. Abbildung 1).

Wie bereits im Bestandsgebiet (siehe nachfolgender Abschnitt), strebt die Bauherrschaft einen Energiestandard im Bereich des Effizienzhaus 40 (EH40) an, es soll jedoch kein förderfähiger Klimafreundlicher Neubau (KFN) erreicht werden. Da seitens des Bauherrn bereits Erfahrungen mit diesem Effizienzhausstandard vorliegen und er das klare Ziel formuliert, erneut in diesem Standard zu bauen, wird auf einen Vergleich mit anderen Effizienzstandards verzichtet.

Auf Basis des Effizienzhaus-40-Standards werden die folgenden drei Wärmeversorgungsvarianten untersucht:

- Variante 1 – Luft-Wasser-Wärmepumpe und BHKW und Brennwertkessel
- Variante 2 – Fernwärme HanseWerk Natur
- Variante 3 – Luft-Wasser-Wärmepumpen monovalent

Die Varianten werden in Abschnitt 4 genauer beschrieben.

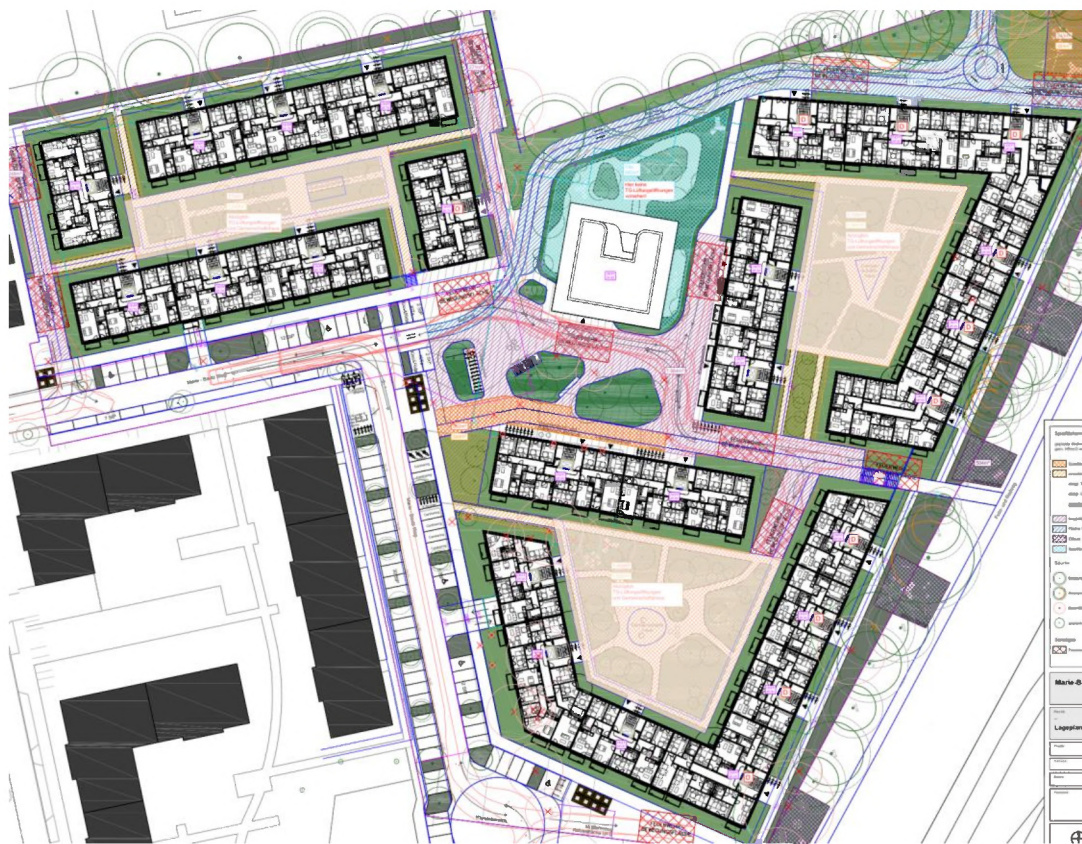


Abbildung 1: Lageplan, Vorabzug Stand 21.03.2024, PGH Planungsgesellschaft

2.1.1. Rechtliche Randbedingungen für den Neubau

Für Neubaugebiete gilt seit dem 01.01.2024 die erhöhten Anforderungen an einen erneuerbaren Wärmeanteil von 65 % in der Wärmeversorgung nach § 71 GEG 2024.

Aus dem Hamburgischen Klimaschutzgesetz 2024 ergeben sich keine Anforderungen an die Wärmeversorgung für Neubauten. Die Anforderungen hinsichtlich der Nutzung von Photovoltaik und die angesetzte Leistung in der Berechnung sind in Abschnitt 3.2.3 beschrieben.

2.2. Bestand

2018 wurden westlich des Plangebiets, entlang dem Anneliese-Tuchel-Weg, 20 Gebäude mit 375 Wohneinheiten fertiggestellt (vgl. Abbildung 2; in der Planung hießen die Gebäude August-Krogmann-Straße Häuser A bis R).



Abbildung 2: Satellitenbild des Bestandsgebiets, google maps

Bereits bei diesem Bauvorhaben wurde Wert auf eine hohe Energieeffizienz der Gebäudehülle gelegt. Die Wärmeversorgung wird über drei Gebäudenetze auf Basis von Blockheizkraftwerken und Gas-Brennwertkesseln bereitgestellt. Da die Heizungsanlagen erst sieben Jahre alt sind, ist zum derzeitigen Zeitpunkt eine Erneuerung der Anlagentechnik weder sinnvoll noch wird sie in den nächsten zehn Jahren notwendig sein. Aufgrund der drei separaten Gebäudenetze kann eine gemeinsame Versorgung des Bestands und des Neubaus nur mit einem Umbau der Versorgungsleitungen erfolgen.

Zur Kompatibilität mit den untersuchten Wärmeversorgungsvarianten:

Die Varianten 1 – Wärmepumpe und BHKW und 3 – Wärmepumpen monovalent sind ebenfalls auf Gebäudenetze ausgelegt und zielen nicht auf eine Integration der Bestandsgebäude ab.

Im Falle der Variante 2 – Fernwärme HanseWerk Natur kann der Bestand perspektivisch jederzeit mitangeschlossen werden, prinzipiell auch unabhängig von dem Neubaugebiet. Damit sind auch langfristig die Anforderungen an das GEG erfüllt.

In der weiteren Untersuchung wird keine gemeinsame Wärmeversorgung der beiden Baugebiete betrachtet.

3. Vorgehensweise

3.1. Datengrundlage

- Lageplan, Vorabzug Stand 21.03.2024, PGH Planungsgesellschaft
- Aufstellung der Wohnflächen, Stand 17.10.2023
- Wärmeschutznachweise der Bestandsgebäude, Stand 18.06.2018
- Telefonate mit [REDACTED] von Kohlhoff Gebäudetechnik GmbH, Juli 2024
- Telefonate mit [REDACTED] von HanseWerk Natur, Juli 2024 und April/Mai 2025

3.2. Basis-Variante

Wie auch beim Bauvorhaben Anneliese-Tuchel-Weg wird eine Betrachtung von kleineren Gebäudenetzen angesetzt. So erhält jeder Gebäudeblock jeweils eine Heizzentrale. Da dieser Ansatz in allen Varianten identisch ist, sind die Kosten für die kleineren Gebäudenetze näherungsweise gleich und werden nicht weiter unterschieden.

Der Vorteil der blockweisen Wärmeversorgung gegenüber einer zentralen Wärmeversorgung für das gesamte Quartier liegt in den vermiedenen Leitungslängen und damit verbundenen Wärmeverlusten und Energieaufwand für die Wärmeverteilung, die eingespart werden. Den Mehrkosten für die Wärmeversorgungsanlagen stehen die vermiedenen Kosten für ein Leitungsnetz im öffentlichen Raum gegenüber. Gleichzeitig reduziert sich der Genehmigungsaufwand.

3.2.1. Nutzenergiebedarf inkl. Verluste

Auf Grundlage der vorliegenden energetischen Berechnungen der Bestandsgebäude „August-Krogmann-Straße“ bzw. Anneliese-Tuchel-Weg wurden Kennwerte für die spezifischen Nutzenergiebedarfe Heizwärme und Warmwasser ermittelt (vgl. Ermittlungsgrundlage in Anlage 8.1). Der Einsatz einer Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung ist in diesen Zahlen bereits berücksichtigt.

Hierauf werden pauschale Verluste durch die Verteilung, Speicherung und Zirkulation addiert. In Tabelle 2 sind die Bedarfe blockweise zusammengefasst. Die schlussendliche Endenergie wird in Abschnitt Ergebnisse 6.3 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht des Nutzenergiebedarfe inkl. Verluste für Heizwärme- und Warmwasser je Gebäudeblock

Gebäudeblock	Heizung [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Gesamt [kWh/a]
Nordwest	417.000	316.000	733.000
Nordost	470.000	356.000	826.000
Süd	503.000	380.000	883.000
Summe	1.390.000	1.052.000	2.442.000

3.2.2. Heizlast

Anhand des Nutzenergiebedarfs für die Heizung wird die Heizlast der Gebäudeblöcke abgeschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund des großen Heizsystems und entsprechend dimensionierten Warmwasserspeichern keine zusätzliche Leistung für die Warmwasserbereitung vorgehalten werden muss. Das Ergebnis entspricht einer spezifischen Heizlast rund $15 \text{ W/m}^2_{\text{Wfl}}$ und ist für den angestrebten Gebäudestandard plausibel.

Tabelle 3: Übersicht der Heizlasten je Gebäudeblock

Gebäudeblock	Heizlast [kW]
Nordwest	129
Nordost	145
Süd	155
Summe	429

3.2.3. Photovoltaik

In allen Varianten erfolgt der gleiche Ansatz zur Nutzung von Photovoltaik (PV). Im Schnitt wird 50 % der Staffelgeschossflächen mit PV belegt. In Summe ergibt sich daraus eine Leistung von rund 340 kWp. Die Mindestanforderung aus dem Hamburgischem Klimaschutzgesetz 2024, demnach 30 % der Bruttodachfläche mit PV belegt werden soll, sind damit etwa erfüllt (eine genaue Bilanzierung hat im weiteren Planungsablauf zu erfolgen). Darüber hinaus gelten derzeit für das B-Plan-Gebiet keine weiteren Anforderungen an die PV-Nutzung.

In den Berechnungen wird ermittelt, wie viel PV-Strom potenziell jährlich erzeugt werden kann und wie viel Strom, der für die Wärmeerzeugung benötigt wird, in der Jahresbilanz gedeckt werden kann. Es erfolgt keine Simulation mit Abgleich einer tatsächlichen Gleichzeitigkeit von erzeugtem Strom und Stromverbrauch.

Im Anhang Abschnitt 8.3 wird gezeigt, wie sich die PV-Anlage auf die wirtschaftlich auf die einzelnen Varianten auswirkt. In Abschnitt 8.4 werden die CO₂-Emissionen durch eine PV-Gutschrift reduziert.

4. Varianten

4.1. Wärmepumpen-BHKW-Hybridheizung

Je Gebäudeblock wird eine Heizungszentrale mit einer Hybridheizung bestehend aus Luft-Wasser-Wärmepumpe und BHKW und Gas-Brennwertkessel untersucht. Die Auslegung berücksichtigt die Anforderungen aus § 71h Abs. 1 GEG 2024:

Die Leistung der Wärmepumpen entspricht 30 % der Heizlast, der Betrieb erfolgt bivalent-parallel „mit Vorrang für die Wärmepumpe, sodass der Spitzenlasterzeuger nur eingesetzt wird, wenn der Wärmebedarf nicht mehr von der Wärmepumpe gedeckt werden kann“. Als Spitzenlasterzeuger kommen ein BHKW und ein Brennwertkessel zum Einsatz. Es wird mit Erdgas ohne Biomethan-Anteil gerechnet. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe wird mit 3,0 angesetzt.

Aus dieser Auslegung werden Anteile der einzelnen Wärmeerzeuger an der Deckung des Heiz- und Warmwasserbedarfs ermittelt. Die Wärmepumpe deckt rund 88 %, 10 % werden durch das BHKW und 2 % durch den Brennwertkessel erzeugt (vgl. Abbildung 3). Es handelt sich hierbei um eine erste Einschätzung und eine detaillierte Auslegung hat durch einen Fachplaner zu erfolgen. Dabei gilt es auch zu prüfen, ob die Spitzenlast durch einen Brennwertkessel gedeckt werden soll oder ein elektrischer Heizstab besser geeignet ist. Ferner erreicht das BHKW bei dieser Auslegung rund 1.000 Vollbenutzungsstunden.

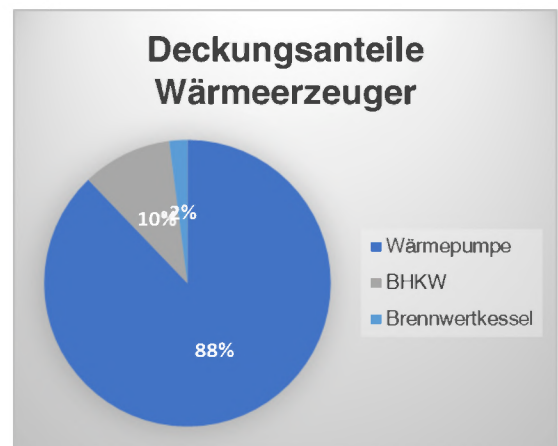


Abbildung 3: Deckungsanteile der Wärmeerzeuger an der Wärmebereitstellung

4.1.1. Platzbedarf

Je Gebäudeblock werden Stellflächen für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, ein BHKW und ein Brennwertkessel benötigt. Zusätzlich werden Puffer- und Warmwasserspeicher benötigt, entweder zentral in einer Heizungsstation oder in Gebäudeunterstationen untergebracht. Verglichen mit den anderen Varianten wird für die Hybrid-Variante der mittlere Platzbedarf erwartet. Dabei werden BHKW, Brennwertkessel und Speicher im Keller untergebracht, während die Wärmepumpe z.B. auf dem Dach oder in der Außenanlage platziert werden kann. Die Wärmepumpe steht auf dem Dach in Konkurrenz zu den PV-Modulen und der geplante Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

4.1.2. Installation und Wartung

Sowohl Anschlüsse für Gas als auch Strom sind zu legen. Die Wartung ist aufwendiger, da unterschiedliche Geräte mit ihren individuellen Anforderungen gewartet werden müssen. Hier ist voraussichtlich mit dem höchsten Wartungsaufwand und damit verbundenen Kosten zu rechnen. Vorteil ist die Redundanz: So ist auch bei Wartungs- und Reparaturarbeiten an einem Wärmeerzeuger immer noch ein Ersatzgerät da, das den Wärmebedarf decken kann.

4.2. Wärmenetz HanseWerk Natur

Der Fernwärmeanbieter HanseWerk Natur hat sein Netz Verbund Ost bereits in der Nähe des Plangebiets gelegt. Die Verbundleitung liegt derzeit im Hermelinweg (vgl. Abbildung 4) und ein Anschluss der Neubauten ist grundsätzlich denkbar.

Das Wärmenetz gibt für das Jahr 2023 einen Anteil von 56 % thermische Abfallverwertung und 2 % weiterer Erneuerbarer Energien an³, der mittlere Anteil Erneuerbare lag 2021-2023 bei 67 %⁴. Entsprechend des Transformationsplans von HanseWerk Natur, soll der Erneuerbare Energien Anteil im Jahr 2030 bei 80-100 % liegen⁴. Entsprechend dem nationalen Ziel ist spätestens 2045 Klimaneutralität zu erreichen. So ist es möglich, dass nach Fertigstellung der Gebäude der benötigte Anteil Erneuerbarer Energien nach § 71b Abs. 2 GEG 2024 erfüllt wird.



Abbildung 4: Lage der Verbundleitung des Wärmenetzes „Verbund Ost“ (Satellitenbild von google maps)

Anfang Mai 2025 teilte HanseWerk Natur den zu erwartenden Baukostenzuschuss mit. Die Angaben zum Anschlusskostenbeitrag lagen zum Zeitpunkt der Berichtfertigstellung nicht vor und daher wird mit Literaturwerten gearbeitet.

4.2.1. Platzbedarf

Die Wärme wird in einer Hausstation an das Gebäudenetz übergeben. Zusätzlich werden Warmwasserspeicher vorgesehen. Für diese Variante ist der geringste Platzbedarf zu erwarten. Die Anlagentechnik wird im Keller untergebracht und steht in keiner Konkurrenz zu der Anlagentechnik auf dem Dach.

4.2.2. Installation und Wartung

Es ist ein Vertrag mit HanseWerk Natur zu schließen und zu prüfen, ob ein Anschluss zur geplanten Fertigstellung der jeweiligen Bauabschnitte möglich ist. Die Anlagentechnik ist überschaubar und mit geringem Wartungsaufwand.

³ Preisblatt für Hamburg, Verbund Ost, HanseWerk Natur, Stand 13.03.2025

⁴ Selbstverpflichtung HanseWerk Natur zur Dekarbonisierung Verbundnetz Ost Hamburg, 24.09.2024

4.3. Wärmepumpe, monovalent

Bei der dritten Variante werden drei Heizungszentralen mit Luft-Wasser-Wärmepumpen mit elektrischen Heizstab ausgestattet. Die Anforderungen an die erneuerbare Wärme werden entsprechend § 71c GEG 2024 erfüllt. Es wird angenommen, dass die Jahresarbeitszahl bei 3,0 liegt.

4.3.1. Platzbedarf

Herzstück der Wärmeversorgung sind die Wärmepumpen. Es wird an dieser Stelle angenommen, dass je Gebäudeblock eine große Wärmepumpe zum Einsatz kommt, eine Kaskade mehrerer kleiner Wärmepumpen ist technisch ebenfalls möglich. Die Außengeräte sind entweder in die Außenanlage zu integrieren oder auf dem Dach aufzustellen. Letzteres steht in Konkurrenz zu den PV-Modulen und den Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Die Puffer- und Warmwasserspeicher können im Keller aufgestellt werden. Im Vergleich zur Variante 2 – Wärmepumpe-BHKW wird mit einem etwas höheren Platzbedarf gerechnet, damit ist der erwartete Platzbedarf dieser Variante am größten.

4.3.2. Installation und Wartung

Es wird ein Stromanschluss mit entsprechender Kapazität zur Versorgung der Wärmepumpen benötigt. Grundsätzlich müssen Wärmepumpen wie alle Anlagen zur Wärmeerzeugung regelmäßig gewartet werden. Hier zählen Wärmepumpen eher zu den wartungsarmen und langlebigen Wärmeerzeugern.

4.4. Ausgeschlossene Versorgungsvarianten

4.4.1. Geothermie

Laut dem Geoportal Hamburg befinden sich ,Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung in weniger als 500 Meter Entfernung. Die Errichtung von Erdwärmesonden ist nur oberhalb des von der Trinkwasserförderung genutzten Grundwasserleiters zulässig^f. Ob mit weiteren Einschränkungen bzw. Auflagen bei der Geothermie-Nutzung in dem Plan-Gebiet zu rechnen ist, kann im Rahmen des aktuellen Projektstands nicht geklärt werden.

Die Investitionskosten für eine Sohle-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden sind unter der Annahme, dass keine Einschränkungen zu erwarten sind und dass die Bohrtiefe 100 m beträgt, deutlich höher als für jede andere untersuchte Variante. Die Jahresarbeitszahl einer Sohle-Wasser-Wärmepumpe gegenüber einer Luft-Wasser-Wärmepumpe führt in einer überschlägigen Berechnung zu einer Einsparung von ca. einem Cent je Kilowattstunde Wärmebedarf. Somit kann diese Variante unter optimalen Bedingungen über den 20-jährigen Betrachtungszeitraums knapp wirtschaftlicher sein als die Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Die benötigte Anzahl an Geothermie-Sonden kann nicht in freier Fläche angeordnet, sondern müsste unter den Gebäuden und Tiefgaragen untergebracht werden. In diesem Zusammenhang ist mit einem deutlich erhöhten Aufwand für Sammel- / Verteilerschächte zu rechnen.

4.4.2. Abwasserwärme

Eine Anfrage bei Hamburg Wasser ergab, dass der Wärmebedarf zu gering ist, um mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand das Plangebiet mit Wärme zu versorgen (Email von [REDACTED] Hamburg Wasser, 17.04.2025).

5. Randbedingungen

Wirtschaftlichkeitsberechnung:

- Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Kalkulatorischer Zins..... 3,00 %

Szenario 1: Geringe Preissteigerung:

- Energiepreissteigerung aller Energieträger: 2,0%/a
- Steigerung der CO₂-Bepreisung: 10 €/a

Szenario 2: Höhere Preissteigerung:

- Energiepreissteigerung aller Energieträger: 4,0%/a
- Steigerung der CO₂-Bepreisung: 20 €/a

Arbeitspreise:

- Erdgas (Hamburger Energiewerke 06.05.2025) 0,102 €/kWh
- Strom Wärmepumpe (Hamburger Energiewerke 06.05.2025)..... 0,274 €/kWh
- Strom allgemein (Hamburger Energiewerke 06.05.2025)..... 0,365 €/kWh
- Fernwärme HanseWerk Natur Verbundnetz Ost, (Stand 13.03.25) ...0,123 €/kWh
- Einspeisevergütung PV-Strom – bei Teileinspeisung 0,047 €/kWh
- Einspeisevergütung BHKW-Strom 0,080 €/kWh

CO₂-Emissionsfaktoren:

- Erdgas 201 g/kWh
- Strom, bundesdeutscher Strommix 2022 414 g/kWh
- Fernwärme HanseWerk Natur Verbundnetz Ost (Stand 13.03.25)⁵ 74 g/kWh

⁵ Berechnet nach finnischer Methode

6. Ergebnisse

6.1. Vergleich Investitionskosten

Es werden die Kosten für die Anschaffung und Installation der Anlagentechnik zusammengefasst. Dabei sind die Kosten für die Wärmeerzeuger und die PV-Anlage inbegriffen. Die Gebäudehülle sowie periphere Anlagentechnik werden als identisch angenommen und nicht bewertet.

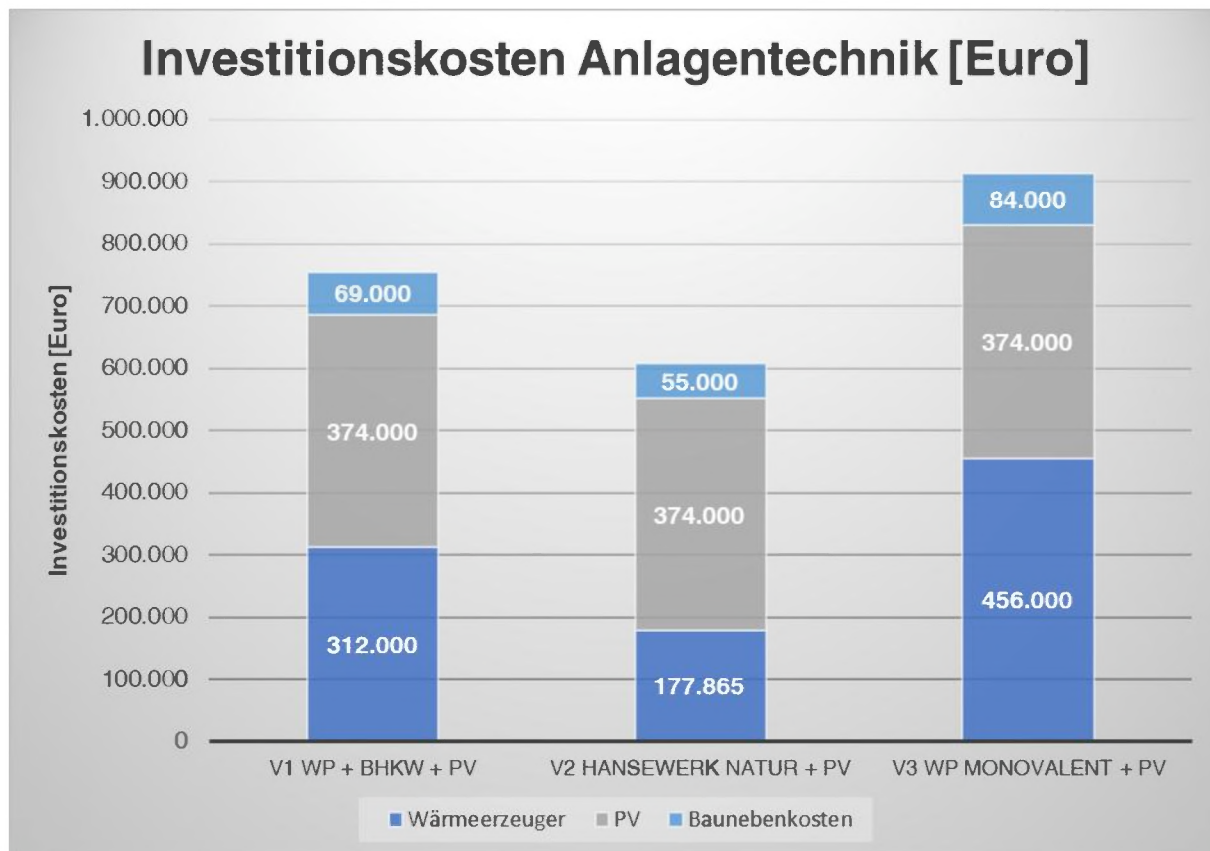


Abbildung 5: Vergleich der Investitionskosten

In dieser Hochrechnung zeigt sich, dass die zu erwartenden Investitionskosten der Variante 3 – Wärmepumpe monovalent am höchsten sind, die Kosten der V3 – HanseWerk Natur sind am geringsten.

6.2. Wärmegestehungskosten und Wärmemischpreis

Die PV-Anlage wird in dieser Betrachtung weder in den Investitionskosten noch im Betrieb angesetzt. In der Anlage finden sich die Ergebnisse inklusive PV-Anlage.

6.2.1. Spezifische Wärmegestehungskosten

Unter Ansatz geringerer Preissteigerungen sind die Wärmegestehungskosten der V1 – WP+BHKW über den Betrachtungszeitraum etwas günstiger als die V3 – WP monovalent. Die Kosten für die V2 – HanseWerk Natur sind am höchsten.

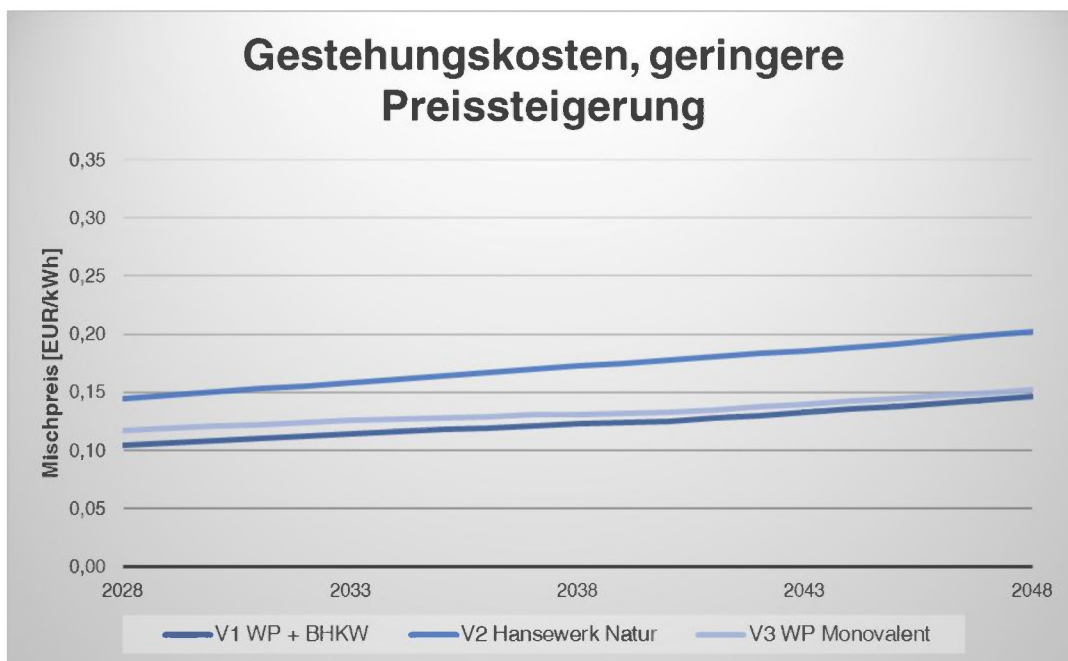


Abbildung 6: Zusammensetzung der mittleren Wärmegestehungskosten über 20 Jahre, geringere Preissteigerung

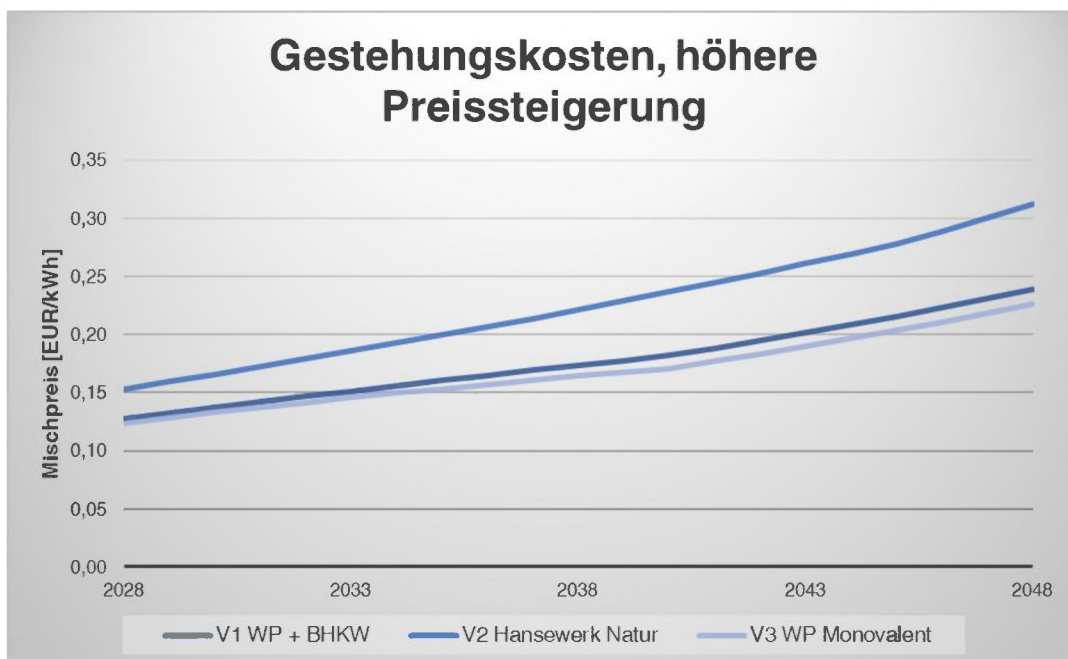


Abbildung 7: Zusammensetzung der mittleren Wärmegestehungskosten über 20 Jahre, höhere Preissteigerung

Unter Annahme einer höheren Preissteigerung ist die Variante V1 – WP+BHKW etwas teurer als die V3 – Wärmepumpe monovalent. Der Abstand vergrößert sich über den Betrachtungszeitraum leicht.

6.2.2. Mittlere spezifische Kosten über 20 Jahre

Darstellung der mittleren Wärmegestehungskosten je kWh_{th} über die 20 Jahre Betrachtungszeitraum aufgeteilt auf die einzelnen Preisbestandteile.

Die mittleren Wärmegestehungskosten für HanseWerk Natur fallen am höchsten aus. Die beiden Wärmepumpen-Varianten sind ähnlich teuer. Unter Ansatz geringerer Preissteigerung ist die V1 – WP+BHKW die knapp günstigste Variante. Die CO₂-Bepreisung hat bei dieser Variante die größten Auswirkungen, ihr Anteil an den Wärmegestehungskosten liegt bei 7 %.

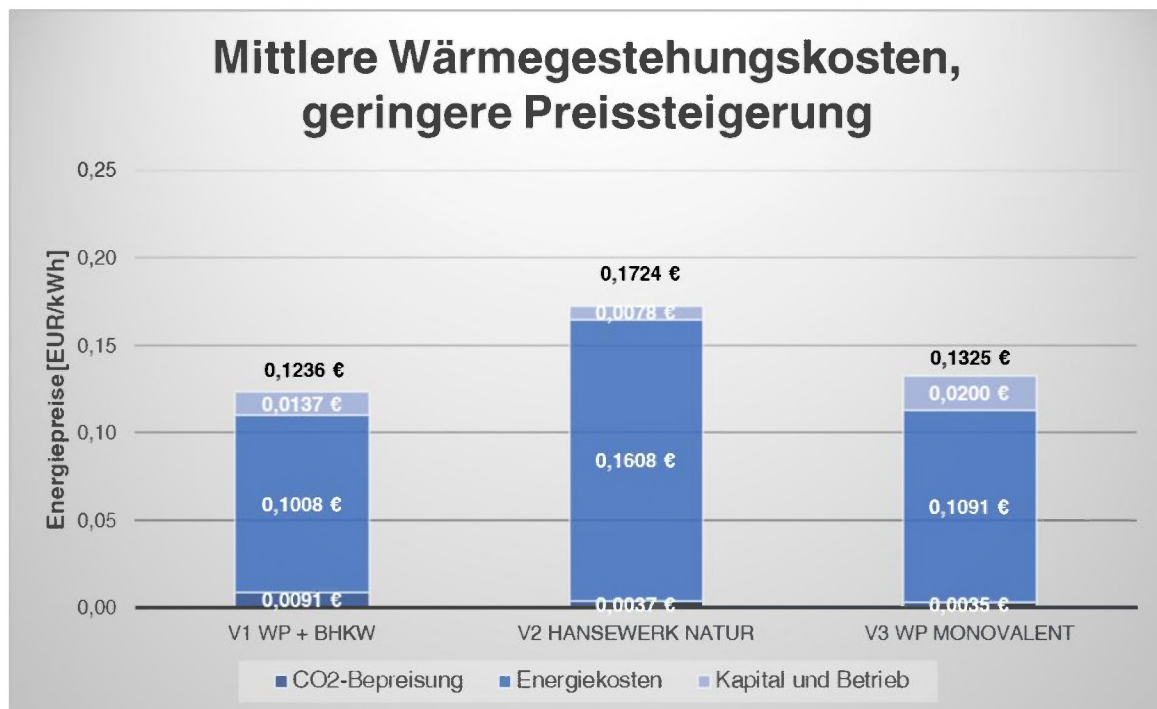


Abbildung 8: Zusammensetzung der mittleren spezifischen Wärmegestehungskosten je kWh_{th}, geringere Preissteigerung

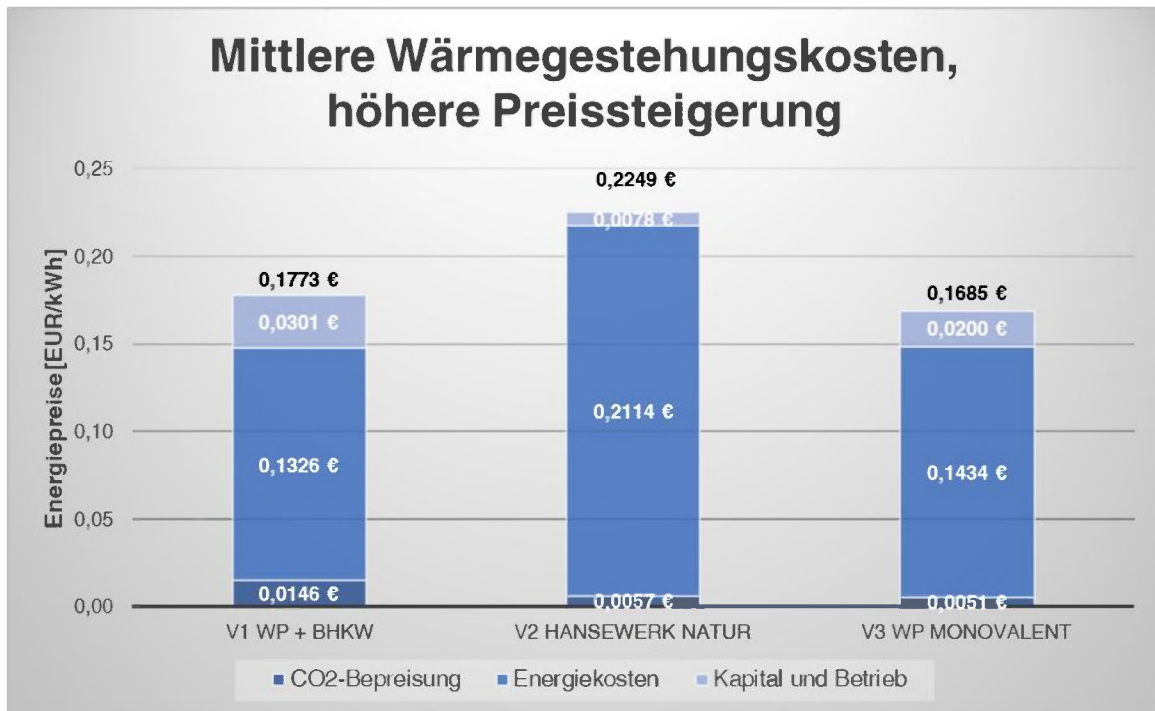


Abbildung 9: Zusammensetzung der mittleren spezifischen Wärmegestehungskosten je kWh_{th}, höhere Preissteigerung

Unter Annahme höherer Preissteigerungen ist die Variante 3 – Wärmepumpe monovalent über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren knapp die günstigste Variante.

Da angenommen wird, dass das Stromnetz sowie die Fernwärme von HanseWerk Natur bis 2040 bzw. 2045 klimaneutral sind, sinkt über die Jahre der Anteil der CO₂-Emissionen und damit der Einfluss der CO₂-Bepreisung. Je nachdem, wie sich die Dekarbonisierung tatsächlich darstellt und wie sich der CO₂-Handel einstellt, kann der Anteil der CO₂-Bepreisung an den Wärmegestehungskosten deutlich variieren.

6.2.3. Gemittelter spezifischer Wärmemischpreis je m^2_{Wfl} und Jahr

Im Folgenden wird der über 20 Jahre gemittelte jährliche Wärmemischpreise je Quadratmeter Wohnfläche dargestellt.

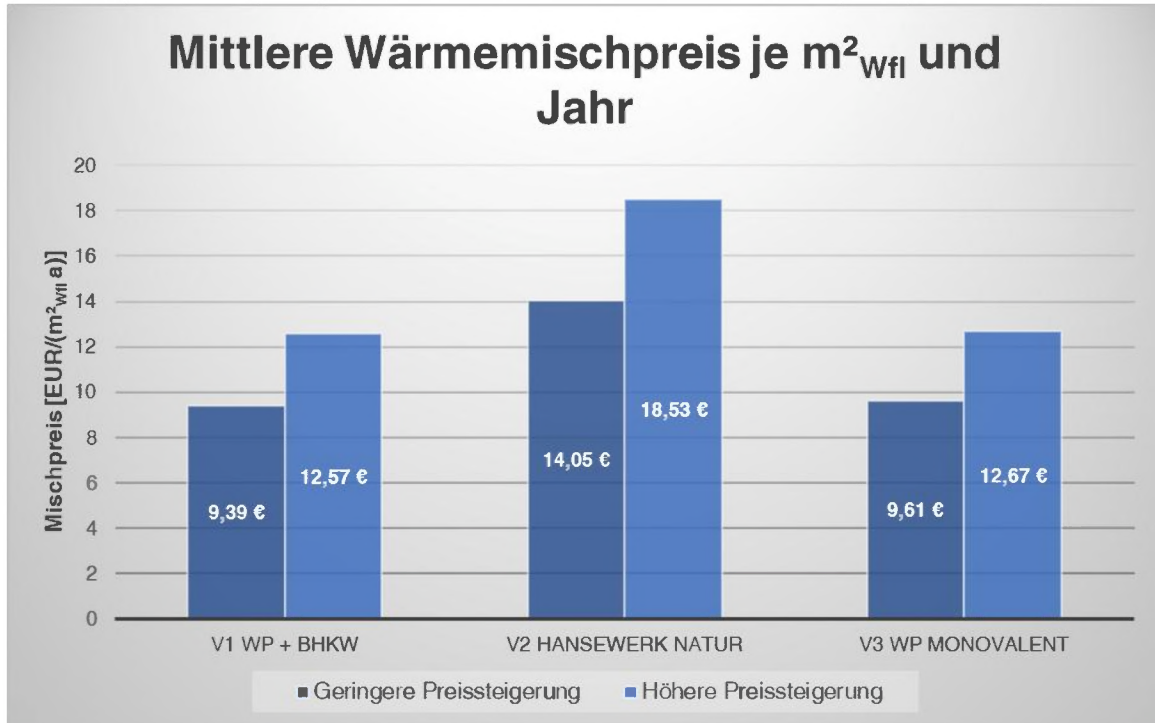


Abbildung 10: Mittlerer jährlicher Wärmemischpreis je Quadratmeter Wohnfläche

6.3. Vergleich Endenergieeinsatz pro Jahr

In der nachfolgenden Graphik werden die Endenergiebedarfe zusammengefasst, der erzeugte PV- oder BHKW-Strom wird als negative Säule dargestellt.

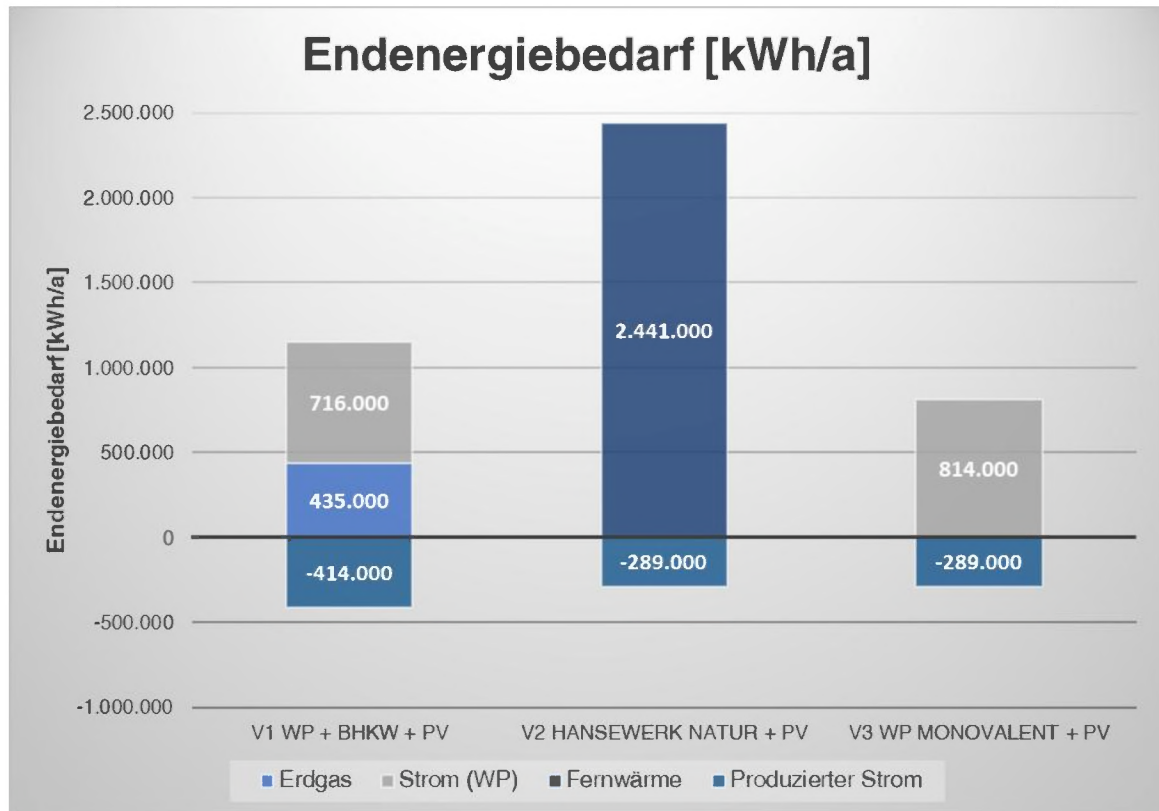


Abbildung 11: Übersicht Endenergiebedarf

Der Endenergiebedarf der Variante 3 – Wärmepumpen monovalent sind am geringsten und in der Variante 2 – HanseWerk Natur am höchsten. Dies hängt damit zusammen, dass die Wärmepumpen zwei Drittel ihrer Energie aus der Umwelt ziehen.

6.4. Vergleich jährliche CO₂-Emissionen

Die folgenden Graphiken stellen die zu erwartenden CO₂-Emissionen je betrachteter Variante bis 2048 dar. Hierbei wird der durch BHKW produzierte Strom mit dem CO₂-Faktor für den Strommix des jeweiligen Jahres gutgeschrieben, unabhängig davon, ob der Strom Vorort genutzt wird oder in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Es wird angenommen, dass das Wärmenetz Verbund Ost von HanseWerk Natur entsprechend der Vorgabe aus dem Klimaschutzgesetz und dem Grundgesetz bis 2045 Klimaneutralität mit einem CO₂-Faktor von 0 g/kWh. Entsprechend dem Hamburger Eckpunktepapier⁶ wird davon ausgegangen, dass der Strommix bereits 2040 klimaneutral ist. Dabei wird eine lineare Entwicklung angesetzt. Der CO₂-Faktor für Erdgas verändert sich nicht und es wird davon ausgegangen, dass keine Umstellung auf Biogas erfolgt. Die Betrachtung beginnt 2028, in diesem Jahr könnten die ersten Gebäude fertig gestellt sein.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Variante 2 – HanseWerk Natur im Jahr 2028 die geringsten CO₂-Emissionen aufweist. Varianten 1 – Wärmepumpe und BHKW und 3 – Wärmepumpen monovalent haben zu Beginn des Betrachtungszeitraums ähnlich hohe CO₂-Emissionen, die etwa 60 % über denen der Variante 2 – HanseWerk Natur liegen. Ab dem Jahr 2036 hat die Variante 3 – Wärmepumpe monovalent geringere CO₂-Emissionen als die Fernwärme-Variante. Durch die Nutzung von Erdgas bleibt auch ab dem Jahr 2040 bei der Variante 1 eine Restsockel von rund 90 t/a.

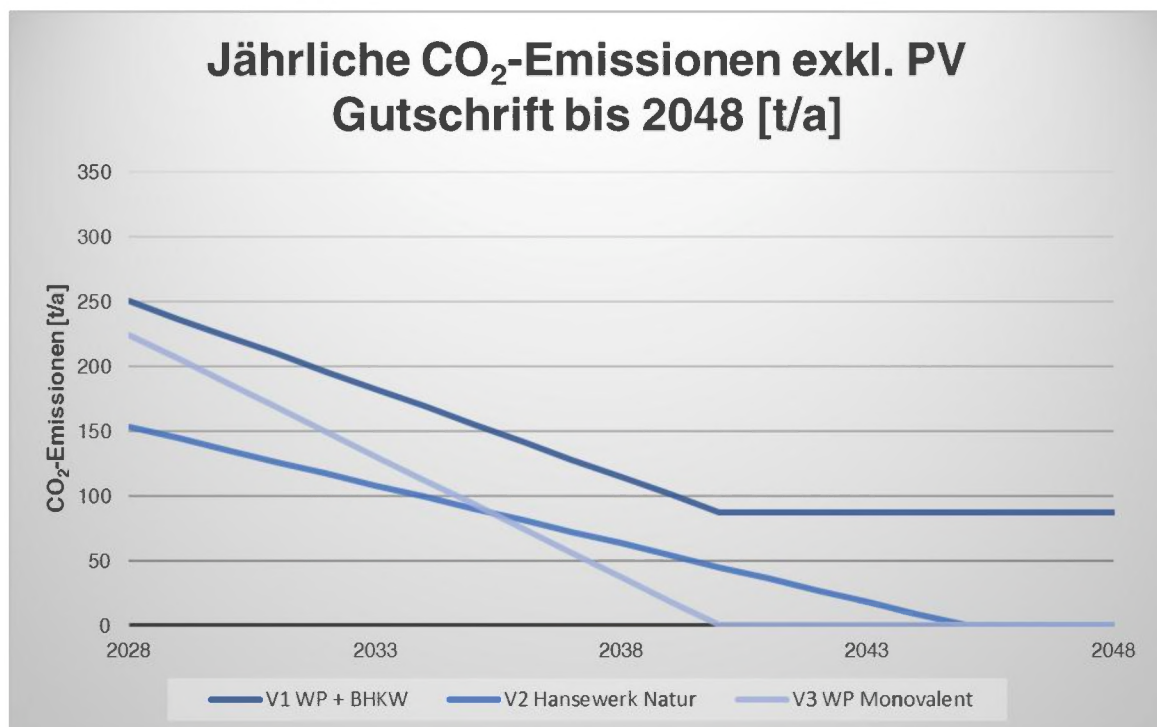


Abbildung 12: Vergleich der CO₂-Emissionen für die Wärmeerzeugung ohne Gutschrift des PV-Stroms bis 2048

⁶ Eckpunktepapier für die zweite Fortschreibung des Hamburger Klimaplanes, Stand 19.12.2022, S. 23
Vorsprung durch Energieeffizienz Seite 24 von 31

Im Anhang werden die CO₂-Emissionen unter Berücksichtigung einer PV-Gutschrift dargestellt.

In der nachfolgenden Graphik werden die CO₂-Emissionen über den Betrachtungszeitraum gemittelt und auf den Wärmebedarf bezogen dargestellt. So ist die V2 – Fernwärme im Mittel mit 28 g/kWh_{th} geringer als V3 – WP monovalent mit 30 g/kWh_{th}. Schlusslicht ist die V1 – Wärmepumpe mit BHKW mit 59 g/kWh_{th}.

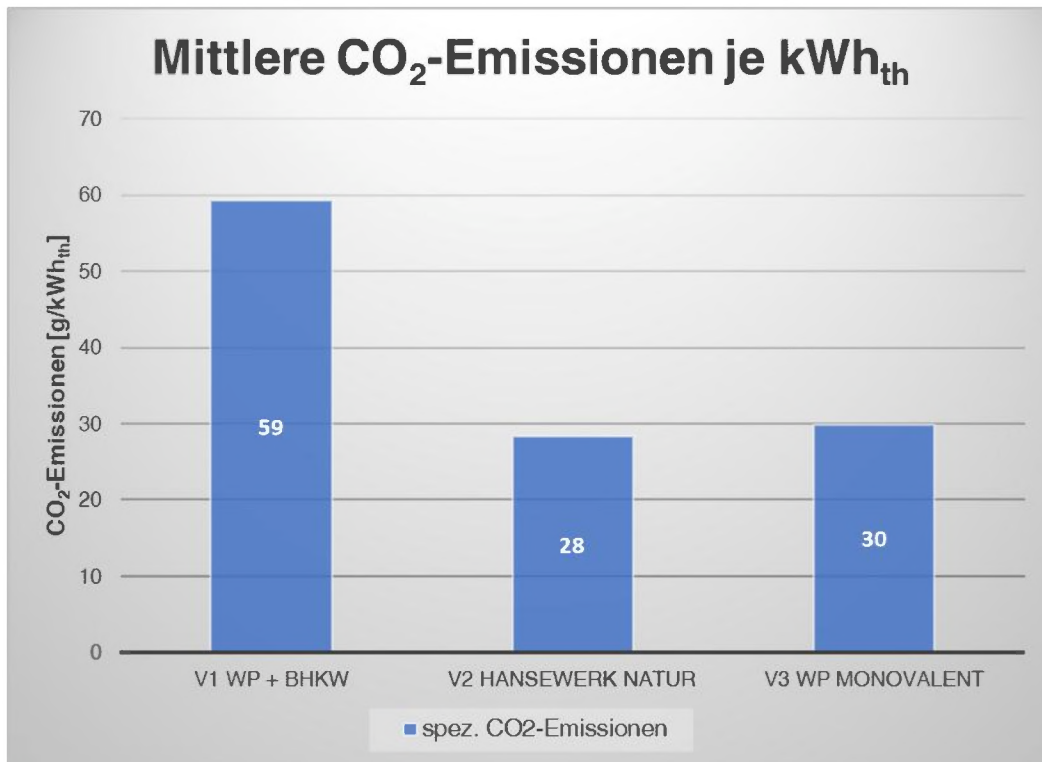


Abbildung 13: Mittlere CO₂-Emissionen über den Betrachtungszeitraum von 2028-2048 je kWh Wärmebedarf

6.5. Variantenübersicht

Es werden die Ergebnisse ohne PV dargestellt. Einige Faktoren werden über den 20-jährigen Betrachtungszeitraum gemittelt dargestellt.

	V1 WP-BHKW Hybrid	V2 HanseWerk Natur	V3 WP monovalent
Investitionskosten	312.000 €	178.000 €	456.000 €
Wärmegestehungskosten, gemittelt			
Geringe Preissteig.	12,36 Cent/kWh	17,24 Cent/kWh	13,25 Cent/kWh
Hohe Preissteig.	17,73 Cent/kWh	22,49 Cent/kWh	16,85 Cent/kWh
Wärmemischpreis je Wohnfl., gemittelt			
Geringe Preissteig.	9,39 €/ (m ² _{Wfl} a)	14,05 €/ (m ² _{Wfl} a)	9,61 €/ (m ² _{Wfl} a)
Hohe Preissteig.	12,57 €/ (m ² _{Wfl} a)	18,53 €/ (m ² _{Wfl} a)	12,67 €/ (m ² _{Wfl} a)
Endenergiebedarf	1.151.000 kWh/a	2.441.000 kWh/a	814.000 kWh/a
Primärenergiefaktor 2028 gem. GEG & DIN V 18599-9	0,56	0,34 ⁷	0,60
Anteil erneuerbarer Energien 2028 gem. GEG & DIN V 18599-9	59 % ⁸	67 % ⁹	67 %
CO₂-Emissionen 2028	103 g/kWh	63 g/kWh	92 g/kWh
CO₂-Emissionen 2048	36 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh
CO₂-Emissionen, gemittelt	59 g/kWh	28 g/kWh	30 g/kWh
Platzbedarf für Wärmeerzeuger und Speicher je Block	Mittel Wenn WPs auf dem Dach platziert werden, Konkurrenz zu PV und Lüftungsanlage. Pufferspeicher und weitere Anlagentechnik im Keller	Am geringsten Im Keller, keine Konkurrenz auf dem Dach	Am höchsten Wenn WPs auf dem Dach platziert werden, Konkurrenz zu PV und Lüftungsanlage. Pufferspeicher und weitere Anlagentechnik im Keller.

⁷ Laut Netzbetreiber, berechnet nach finnischer Methode

⁸ Die Wärmepumpen werden so ausgelegt, dass pauschal §71h GEG erfüllt wird und somit die 65 % erneuerbare Energien eingehalten werden, unabhängig von dem Ergebnis nach DIN V 18599

⁹ „Unsere Strategie zum klimaneutralen Um- und Ausbau des Hamburger Fernwärmenetzes Verbund Ost, HanseWerk Natur, 06.05.2025

7. Förderprogramme

Es werden im Folgenden die aktuellen Förderprogramme des Bundes und der Stadt Hamburg vorgestellt.

7.1. KfW Programm 297 – Klimafreundlicher Neubau (KFN)

Beim Bau eines Klimafreundlichen Neubaus (KFN) kann ein zinsgünstiger Kredit bei der KfW in Anspruch genommen werden. Beim KFN handelt es sich um ein Effizienzhaus 40 mit einer Lebenszyklus-Bewertung (LCA – Bewertung der CO₂-Emissionen im Lebenszyklus von 50 Jahren des Gebäudes, inkl. der Berücksichtigung des Nutzerstroms und des Energieeinsatzes für die Gebäudehülle).

Die Kredithöhe beträgt 100.000 Euro je Wohneinheit.

Es gibt die Option, den KFN zusätzlich mit dem „Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude“ (kurz QNG) zertifizieren zu lassen. Auf die Energiebilanz hat das QNG in der Regel keinen Einfluss.

Die maximale Kredithöhe steigt mit QNG auf 150.000 Euro je Wohneinheit.

7.2. KfW Programm 296 – Klimafreundlicher Neubau im Niedrigpreissegment (KNN)

In diesem Förderprogramm wird der Bau eines Effizienzhaus 55 mit Anforderungen an den CO₂-Ausstoß im Lebenszyklus (Nachweis mit LCA) mit einem zinsgünstigen Kredit gefördert. Zusätzlich gibt es Anforderungen an die Anzahl der Wohnräume in Abhängigkeit von der Wohnfläche.

Die maximale Kredithöhe liegt bei 100.000 Euro je Wohneinheit

7.3. IFB Mietwohnungsneubau

Die Hamburger Investitions- und Förderbank IFB fördert den Neubau von Mietwohnungen mit einem Darlehen und Zuschuss. Hierbei gibt es unterschiedliche Programme, die wiederum modular aufgebaut sind. Neben Anforderungen an den energetischen Standard gibt es Anforderungen an die Gestaltung der Wohnungen und die Höhe der Mietpreise. Die IFB berät hierzu gerne.

8. Anlagen

8.1. Energiebedarfe Bestand

Für die Bestandsgebäude „August-Krogmann-Straße“ liegen die EnEV-Berechnungen nach DIN 4108-6 und DIN 4701-10 vor. Aus diesen Berechnungsunterlagen werden die Kennwerte für die Nutzenergie Heizung und Warmwasser herausgezogen und mittlere spezifische Kennwerte ermittelt, die die Grundlage für die durchgeführten Berechnungen bilden.

Tabelle 4: Nutzenergiebedarf aus EnEV-Berechnungen aus den Bestandsgebäuden

Gebäude	Wohneinheiten	AN [m ²]	spez. Nutzenergiebedarf Heizung [kWh/(m ² a)]	spez. Nutzenergiebedarf Warmwasser [kWh/(m ² a)]
Haus A+B	38	3.736,3	21,4	12,5
Haus C	20	1.997,4	24,4	12,5
Haus D+E	38	3.690,8	22,6	12,5
Haus F+G	28	3.653,1	19,4	12,5
Haus H+J+K	43	3.987,9	21,3	12,5
Haus L+M	32	3.243,1	23,4	12,5
Haus N+O+P	52	4.131,3	23,9	12,5
Haus Q+R	52	3.418,8	22,3	12,5
Haus S+T+U	72	4.977,9	21,9	12,5
Mittelwert			22,3	12,5

8.2. Wohnflächenübersicht - Neubau

Zusammenfassung der Wohnflächenübersichten (50_02_000_MBW_BLOCK_NO_UEBERSICHT_WOHNFL_20231017.pdf, so wie Pendants für die Blöcke NW und Süd), Stand 17.10.2023, zur Verfügung gestellt von PGH, erweitert durch Angaben zur energetischen Nutzfläche und Dachfläche der Staffelgeschosse. Letztere wurden auf Basis des Lageplans – Dachaufsicht (zur Abstimmung) vom 13.06.2024 ermittelt.

Tabelle 5: Übersicht der zugrunde liegenden Gebäudedaten

Block	Haus	Wohneinheiten	Wohnfläche [m ²]	A _N aus Wfl [m ²]	STG-Dachfläche [m ²]
NW	1	22	1.264	1.517	161
NW	2	14	947	1.136	170
NW	3	14	840	1.008	173
NW	4	18	1.242	1.490	217
NW	5	22	1.264	1.517	161
NW	6	18	1.242	1.490	216
NW	7	14	840	1.008	174
NW	8	14	947	1.136	170
NO	1	17	1.045	1.254	155
NO	2	17	1.375	1.650	216
NO	3	22	1.650	1.980	262
NO	4	17	925	1.110	160
NO	5	17	925	1.110	159
NO	6	27	1.700	2.040	256
NO	7	14	820	984	150
NO	8	18	1.234	1.481	218
S	1	18	1.242	1.490	219
S	2	18	1.242	1.490	217
S	3	17	970	1.164	153
S	4	17	925	1.110	159
S	5	17	925	1.110	160
S	6	27	1.680	2.016	269
S	7	17	1.025	1.230	174
S	8	22	1.390	1.668	234
S	9	17	945	1.134	152
Summe		455	28.604	34.325	4.757

8.3. Mittlere Wärmegestehungskosten über 20 Jahre inklusive PV-Anlage

Die Investitionskosten für die PV-Anlage werden angesetzt und es wird angenommen, dass ein Teil des vor Ort produzierten PV-Stroms für die Wärmepumpen eingesetzt werden kann und somit weniger Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden muss. Umso teurer der Strom ist, desto lukrativer wird der Einsatz der PV-Anlage.

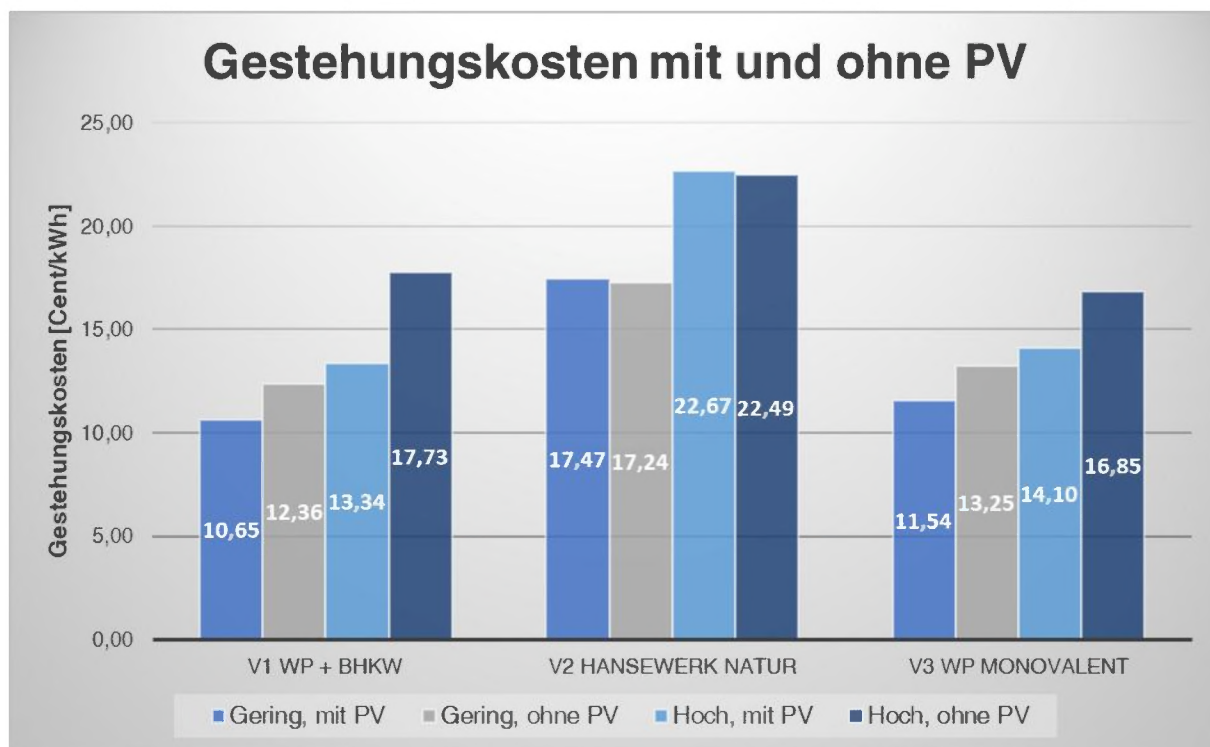


Abbildung 14: Wärmegestehungskosten mit und ohne PV-Anlage sowohl mit geringen und höheren Preissteigerungen

Da ein Teil des teureren Netzstroms durch den PV-Strom ersetzt wird, sind die Gestehungskosten in den Wärmepumpenvarianten mit PV günstiger als ohne PV.

Bei der Fernwärme wird angenommen, dass der PV-Strom vollständig ins Netz eingespeist wird. Die Einspeisevergütung reicht nicht aus, um die Investitionskosten komplett auszugleichen und die Wärmegestehungskosten der Varianten ohne PV-Anlage sind geringfügig günstiger als mit PV.

8.4. CO₂-Emissionen mit PV

Für den Vorort produzierten PV-Strom wird der im jeweiligen Jahr angesetzte CO₂-Emissionsfaktor für Strom aus dem öffentlichen Netz angesetzt und den Gesamt-Emissionen des Quartiers gutgeschrieben.

Da die PV-Gutschrift in diesem Ansatz über die Jahre sinkt, ändert sich das Jahr der CO₂-Neutralität nicht. Die Emissionen im Startjahr sind gut 100 t/a geringer.

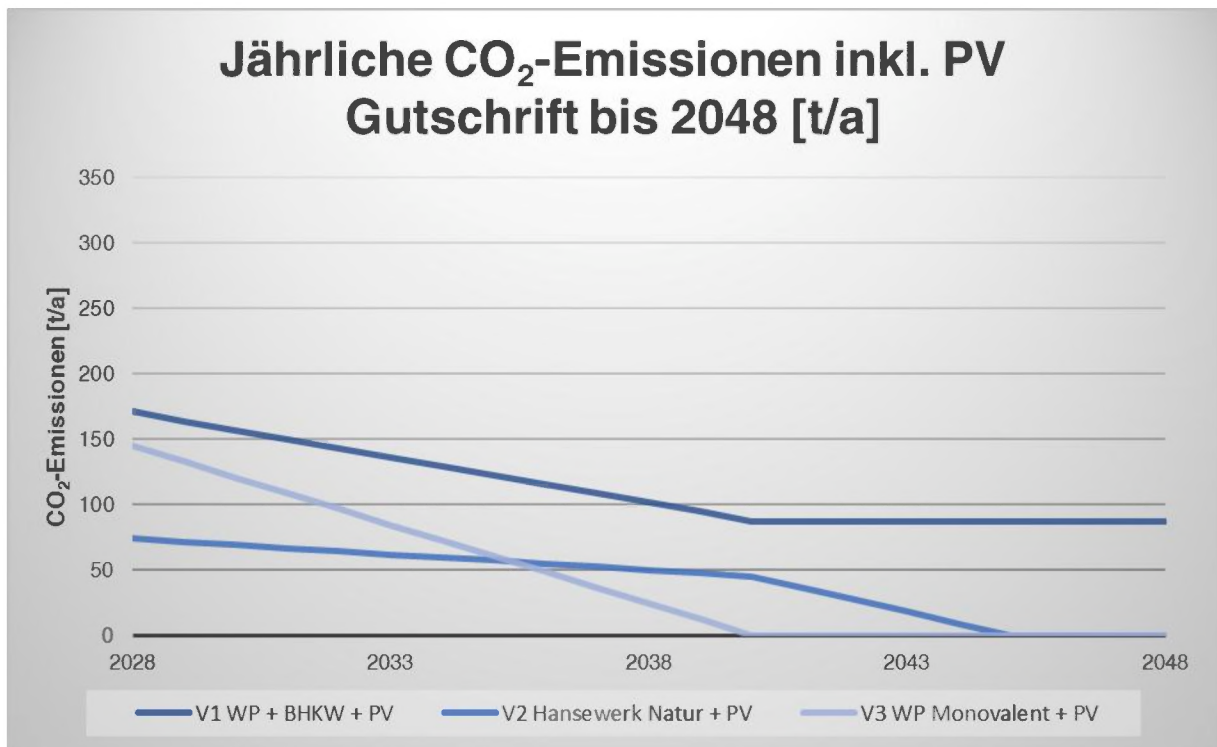


Abbildung 15: Jährliche CO₂-Emissionen inkl. PV-Gutschrift