

Quartier Scholtz-Kaserne Neumünster

Energiekonzept

Stand 26.10.2022



KApplus

ingenieurbüro vollert

Mühlenstraße 29, 24340 Eckernförde

Tel.: 04351 / 88 00-10, Fax: 04351 / 88 00-11

Email: info@kaplus.de, www.kaplus.de

Inhalt

1	Aufgabenstellung	2
2	Zusammenfassung	3
3	Grundlagen/ Zielstellung/ Anforderungen	7
3.1	Grundlagen zur geplanten Quartiersentwicklung	7
3.2	Energetische Zielstellung	7
3.3	Anforderungen zum Energiestandard von Gebäuden	7
4	Städtebaulicher Entwurf / Energie	8
4.1	Energetische Einordnung städtebaulicher Entwurf	8
4.2	Optimierung PV / Besonnung	9
4.3	Mobilität/ Quartiersgarage	11
5	Empfehlungen zu Energiestandards Gebäude	12
5.1	Vorschlag energetische Vorgaben	12
5.2	Mindest-Dämmstandard	13
6	Energiebedarf und Heizleistung	14
6.1	Spezifischer Energiebedarf	14
6.2	Absoluter Energiebedarf	14
6.3	Wärmedichte und Leistung	16
7	Wärmeversorgung	17
7.1	Wärmeversorgung der Zukunft	17
7.2	Wärmequellen für Wärmepumpen	18
7.3	Rücklauf Fernwärme Neumünster	21
7.4	Varianten der Wärmeversorgung	24
7.5	Überschlagsrechnung CO ₂ -Emissionen	27
7.6	Nutzwertanalyse	31
8	Photovoltaik	38
8.1	Potenzialabschätzung	38
8.2	Plusenergie	41
8.3	Klimaneutralität	42
9	Ansätze für Grundstückskaufverträge	43
9.1	Wohnungsbau	43
9.2	Nicht-Wohnungsbau	43
10	Abkürzungsverzeichnis	44

1 Aufgabenstellung

Die Stadt Neumünster beabsichtigt die Entwicklung eines neuen Quartiers im Rahmen des Bebauungsplans Nr. 170 „Entwicklung Scholtz Kaserne“. Das geplante Quartier besteht aus Wohngebäuden, einer Kita und einer Quartiersgarage.

Es soll ein umweltfreundliches Energiekonzept mit Fokus auf Energieeinsparung, Wärmeversorgung und regenerative Stromerzeugung (PV) entwickelt und umgesetzt werden. In den ökologischen Leitlinien der Stadt werden bspw. die „Minimierung des Wärmebedarfs von Gebäuden und die möglichst CO₂-freie/ arme Deckung des verbleibenden Wärmeenergiebedarfs“ genannt. Die Drucksache Nr. 0419/ 2018/ DS gibt zum Beispiel Klimaneutralität 2050 für Neumünster als Ziel vor.

Das Energiekonzept soll folgende **Zielstellung** erfüllen:

- Umweltfreundlichkeit mit Fokus Klimaschutz (Ziel Klimaneutralität)
- Zukunftsfähigkeit mit Blick auf die Energiewende
- Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus
- Kundenzufriedenheit und langfristige Versorgungssicherheit



Abbildung 1: Städtebaulicher Entwurf (Quelle Zastrow + Zastrow Architekten + Stadtplaner PartGmbH)

Nach Klärung der Grundlagen, Anforderungen und Ziele wird ein energetisches Konzept mit folgenden Kernpunkten erstellt.

- Hinweise und Fragestellungen zum städtebaulichen Entwurf aus energetischer Sicht
- Vorschläge für einen Energie- und Dämmstandard für die zukünftigen Gebäude im Scholtz-Quartier
- Abschätzung zukünftiger Energiebedarfe und Leistungen zur Abschätzung der erforderlichen und sinnvoll installierbaren technischen Anlagen
- Entwicklung und Vergleich zukunftsfähiger Energieversorgungsvarianten
- Das Konzept richtet sich in erster Linie an die Fachabteilungen der Stadt Neumünster und die Stadtwerke NMS. Zusätzlich soll der interessierte Leser einen groben Überblick zur energetischen Konzeptfindung erhalten.

Projekt:	Energiekonzept Quartier Scholtz-Kaserne
Projektnummer:	2022-06, Juri Koeppen, Sören Vollert
Projektadresse:	Neumünster – Ehemalige Scholtz Kaserne
Bearbeitung:	KAplus - Ingenieurbüro Vollert, Mühlenstr. 29, 24340 Eckernförde Tel.: 04351 / 88 00 10, Fax: 04351 / 88 00 11, E-Mail: info@kaplus.de
Auftraggeber:	Stadt Neumünster, Abteilung Stadtplanung/ Erschließung Stadthaus Brachenfelder Straße 1-3 24534 Neumünster

2 Zusammenfassung

Grundlagen und Ziele

- Für das geplante Wohnquartier „Scholtz Kaserne“ mit Mehrfamilienhäusern, Reihen- und Doppelhäusern, einer Kita und einer Quartiersgarage wird im Auftrag der Stadt Neumünster ein **Energiekonzept** entwickelt.
- Ziel ist die Umsetzung eines verbesserten **Energiestandards**, mit dem **Klimaschutz, Zukunftsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit** gewährleistet werden.

Städtebau

- Im städtebaulichen Entwurf wurden verschiedene Optimierungen aus energetischer Sicht im Planungsverlauf interdisziplinär erarbeitet. Zielstellungen wie Kompaktheit, Tageslichtversorgung, Grünflächen und Flächen für PV-Kollektoren sind in die Planungsschritte eingeflossen.
- Eine gute Luftdurchströmung des Quartiers und eine Optimierung des Mikroklimas werden durch die Gründächer eine ausreichende Bepflanzung, Gründächer und ggf. durch teilweise begrünte Fassaden (Vorschlag Quartiersgarage) erreicht.
- Das Quartier ist fahrradfreundlich geplant. Mit der Quartiersgarage wird die Freifächensituation deutlich verbessert und die Randbedingungen für Fußgänger und Fahrradfahrer verbessert. Gegenüber Tiefgaragen wird graue Energie eingespart und eine spätere Rückbaubarkeit wird ermöglicht.

Energiestandard

- Mit Blick auf den **Primärenergiebedarf** wird ein **Effizienzhaus 40** als Mindeststandard vorgeschlagen.
- Der **Mindestdämmstandard** wird allerdings leicht reduziert auf **Effizienzhaus 55** Niveau vorgeschlagen, da die ökologischen Vorteile bei weiteren Optimierungen mit Blick auf den Lebenszyklus minimal sind oder ggf. in einen Nachteil umschlagen (leichte Abweichung von Leitlinien Stadt NMS).
- Weiterhin sollten Flächenheizungen als Standard festgeschrieben werden. Vorgeschlagen wird eine Begrenzung der **Vorlauftemperatur auf max. 35°C**.

- Für die Warmwasserversorgung sind ebenfalls Konzepte zu entwickeln, die mit abgesenkter Temperatur einwandfrei funktionieren. Ein Ansatz können Frischwasserstationen sein.
- Es wird vorgeschlagen, die Art der Belüftung nicht vorzugeben, da die Unterschiede verschiedener Systeme mit Blick auf den Klimaschutz bei klimafreundlicher Wärmeversorgung gering sind. Eine Wirtschaftlichkeit mechanischer Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft ist nicht gegeben.

Energiebedarf und Leistung

- In der Summe wird der Energiebedarf auf etwa **1.500 MWh/a Heizenergie, 860 MWh/a für die Warmwasserbereitung und 815 MWh/a Strombedarf** abgeschätzt (Allgemeiner Haushaltsstrom ohne E-Mobilität).
- In der Summe liegt die Gesamtwärmeleistung bei 1.692 kW (vereinfachte Berechnung ohne Gleichzeitigkeit).
- Die Wärmedichte im Bereich der Doppel- und Reihenhäuser ist so gering, dass eine Wärmeversorgung über Fern- oder Nahwärmesysteme aufgrund der Verluste nicht empfohlen wird.

Wärmeversorgung

- Für die Wärmeversorgung wurden vier zukunftsfähige Varianten und eine Vergleichsvariante mit GEG-Standard aufgestellt. Varianten, die mit der Zielstellung nicht vereinbar sind, werden nicht betrachtet (z.B. fossile Kessel oder Blockheizkraftwerke).

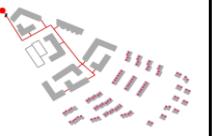
1. KNW	2. DZ-WP	3. KNW + DZ-WP	4. W-FW + DZ-WP	5. GEG WP+GAS
Kalte Nahwärme	Dezentrale Wärmepumpen	Kalte Nahwärme + dezentrale Wärmepumpen	Warme Fernwärme + dezentrale Wärmepumpen	GEG dezentrale Wärmepumpen + Erdgaskessel
				

Abbildung 2: Übersicht Varianten

- Die Variante 1 mit **kalter Nahwärme**, also zentraler Wärmequellenerschließung und dezentralen Wärmepumpen (Betreiber z.B. Stadtwerke), führt zur besten Bewertung. Besondere Vorteile entstehen durch sehr effiziente Wärmequellen und ein optimiertes professionelles Energiemanagement. Das CO₂-Einsparpotential gegenüber dem gesetzlichen Standard liegt im Durchschnitt von heute bis 2050 bei **69%**. In 2050 werden aufgrund des grüner werdenden Stroms sogar **93%** der CO₂-Emissionen gegenüber der GEG-Variante eingespart.

- Variante 4 mit der Nutzung des **Rücklaufs der Fernwärme** für die Mehrfamilienhäuser und dezentralen Wärmepumpen für die Doppel- und Reihenhäuser wird im Bereich Klimaschutz etwas schlechter bewertet (Durchschnittliche Einsparung 55% bzw. 86% 2050). Dafür wird die Wirtschaftlichkeit hier verbessert eingeschätzt.
- Zur ganzheitlichen Bewertung wurde eine Nutzwertanalyse entsprechend der Zielstellung durchgeführt. Das Ergebnis zeigt folgende Grafik.

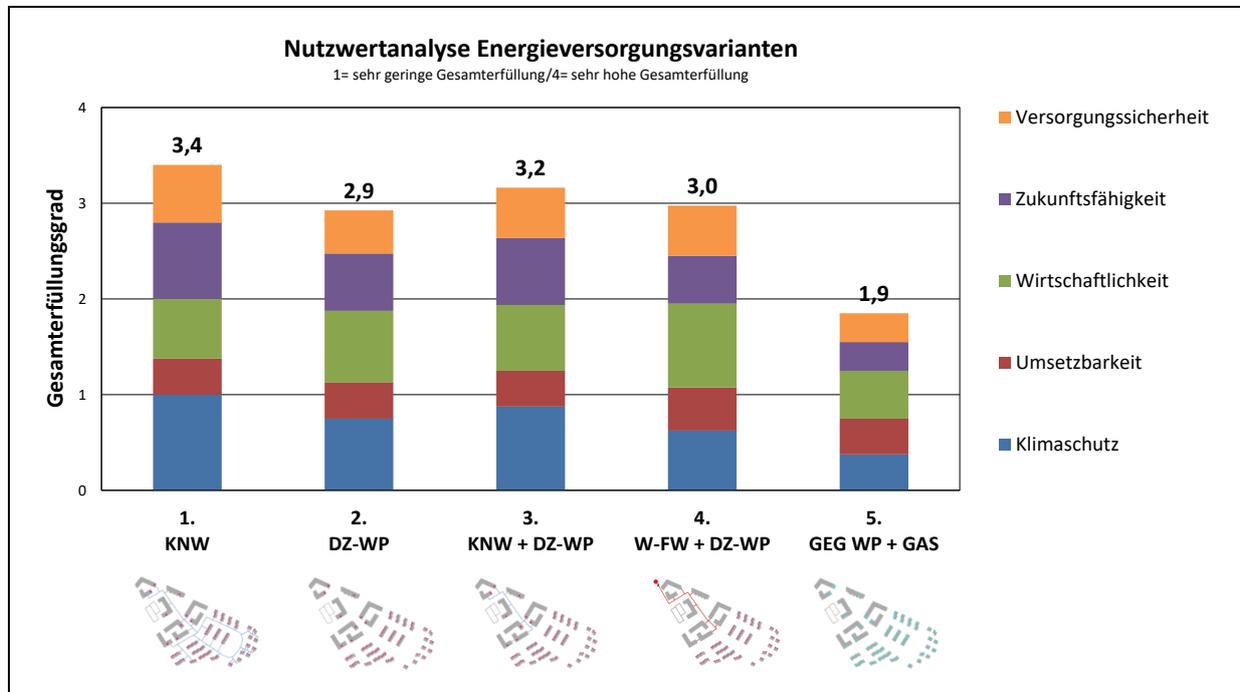


Abbildung 3: Ergebnis Nutzwertanalyse zur ganzheitlichen Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten (4 Punkte = sehr gut / 0 Punkte = sehr schlecht)

Gewichtung: Klimaschutz: 25% / Umsetzbarkeit 15% / Wirtschaftlichkeit 25% / Zukunftsfähigkeit 20% / Versorgungssicherheit: 15%

Ergebnis / Empfehlung

- Mit der hier aufgeführten Gewichtung liegt ein **leichter Vorteil** bei den **kalten Nahwärmesystemen (Variante 1 und 3)**.
- Die Lösung mit **warmer Fernwärme** bei den MFH und dezentralen Wärmepumpen hat **Vorteile im wirtschaftlichen Bereich**.
- Für die Abwägung der Varianten sollte in Betracht gezogen, dass **zusätzliche Gebäude im Bestand** in anderen Stadtgebieten, die bisher fossil versorgt werden vermutlich **einfacher an die warme Fernwärme** angeschlossen werden können als diese auf Wärmepumpen umzustellen. Im Rahmen der Transformationsplanung sollte daher geprüft werden, ob eine alternative Versorgung anderer Bestandsgebäude mit Fernwärme aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoller ist als die Versorgung des neuen Scholtz-Quartiers.

- Aus Sicht des Verfassers ist die Prüfung eines **kalten Nahwärmesystems** durch die Stadtwerke z.B. im Rahmen des Förderprogramms „**Wärmenetze 4.0**“ im Vergleich zur Variante 4 mit der **Rücklaufnutzung der Fernwärme** unter Einbeziehung des Bestandes empfehlenswert.

Photovoltaik und Klimaneutralität

- Mit Blick auf die Zielsetzung ist eine möglichst **umfangreiche Belegung geeigneter Dachflächen mit PV-Modulen** zielführend.
- **Folgende PV Mindestflächen** (Bezug mit Gebäuden überbaute Grundfläche) werden je nach Gebäudetyp als Vorgabe vorgeschlagen:
 - MFH mind. 0,07 kW_p/m²
 - KITA mind. 0,07 kW_p/m²
 - RH mind. 0,05 kW_p/m²
 - DH mind. 0,05 kW_p/m²
 - QG: mind. 0,10 kW_p/m²
- Es wird davon ausgegangen, dass viele Eigentümer aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und des Klimaschutzes größere PV-Anlagen umsetzen. Ggf. können auch die Stadtwerke verschiedene Umsetzungsmodelle anbieten, die zu einer maximalen Belegung und CO₂-Einsparung führen.
- Eine „**Klimaneutralität**“ in der **Jahresbilanz** wird bei diesem Ansatz für die Wärmepumpenvarianten erreicht und für die Fernwärmevariante 4 fast erreicht. Die Wärmepumpenvarianten 1-3 erreichen auch eine Plusenergiebilanz im Jahresmittel.

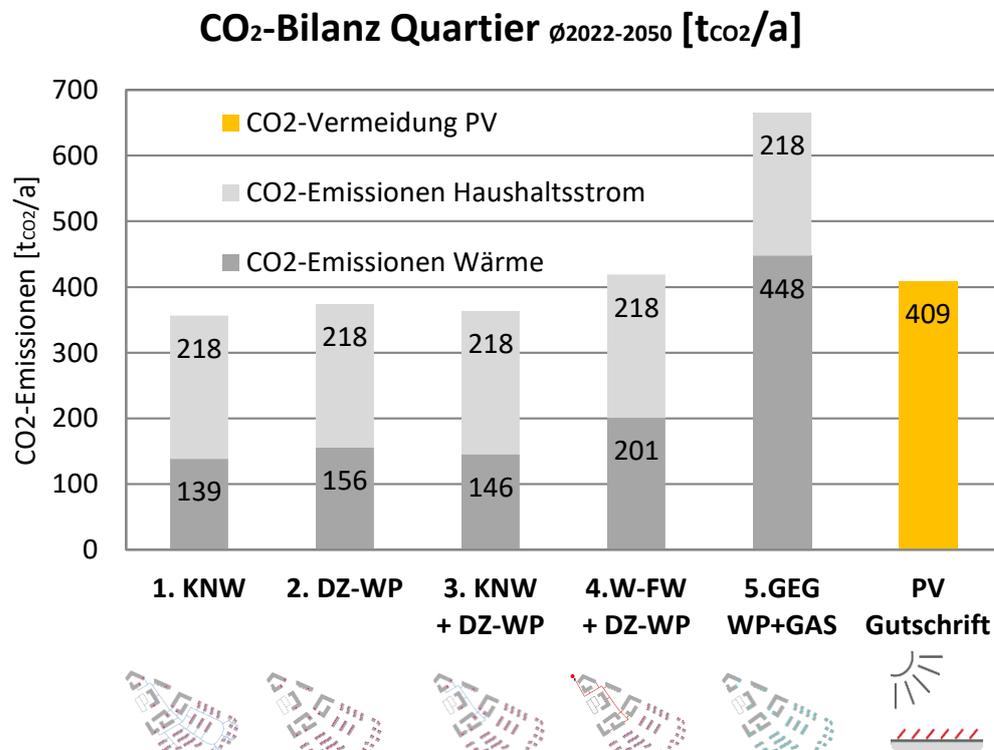


Abbildung 4: Zusammenstellung jährlicher CO₂-Emissionen und Gutschrift für PV

3 Grundlagen/ Zielstellung/ Anforderungen

3.1 Grundlagen zur geplanten Quartiersentwicklung

- Das Quartier besteht aus Mehrfamilienhäusern, Reihenhäusern, Doppelhäusern, einer Kita und einer Quartiersgarage.
- Ein guter Anschluss an städtische Infrastruktur ist gegeben.
- Der Autoverkehr im Quartier soll durch reduzierte Straßenführung, gute Radinfrastruktur und eine vorgelagerte Quartiersgarage reduziert werden.
- Die Flächenansätze und die schematischen Abbildungen basieren auf dem Planstand vom 07.06.2022 (Zastrow + Zastrow Architekten + Stadtplaner PartGmbB). Die Änderungen, die sich mittlerweile durch Anpassungen des Entwurfs ergeben, haben sind für die Betrachtung in dieser Phase vernachlässigbar.

3.2 Energetische Zielstellung

Folgende Ziele sollen im Rahmen der weiteren Überlegungen zum Energiekonzept beachtet werden:

- **Umwentlastung** durch minimierte CO₂-Emissionen (Klimaschutz) und Beachtung gesamtökologischer Zusammenhänge.
- Beachtung **zukünftiger Entwicklungen** im Energiesektor (Energiewende) und Umsetzung eines zukunftsfähigen Energieversorgungssystems.
- Entwicklung eines **wirtschaftlichen Energieversorgungssystems**, dass durch optimierte Lebenszykluskosten zu einem langfristig bezahlbaren Wohnen beiträgt.
- Akzeptanz, Kundenzufriedenheit und **langfristige Versorgungssicherheit**.

3.3 Anforderungen zum Energiestandard von Gebäuden

- Der gesetzlich vorgeschriebene **Mindeststandard** für das Vorhaben bildet voraussichtlich das **Gebäudeenergiegesetz (GEG)**. Allerdings sollen die gesetzlichen **Standards 2023 verändert** werden. Ob das GEG oder ein anderes Gesetz zum Zeitpunkt der Umsetzung gilt ist derzeit nicht abzusehen. Zukünftig sollen die CO₂-Emissionen aus Betrieb und auch aus der Herstellung der Gebäude in der Bewertung laut Presseberichten ein deutlich höheres Gewicht bekommen. Eine genaue Ausgestaltung ist noch nicht veröffentlicht. Ggf. wird ein „Primärenergie Effizienzhaus 55 Standard“ gefordert“ (ohne Verschärfung der Dämmanforderungen gegenüber dem aktuellen GEG).
- Als Förderung steht derzeit die Bundesförderung effiziente Gebäude (**BEG**) zur Verfügung, die allerdings ebenfalls **2023** mit gleicher Zielstellung (Fokus Klimaschutz und Nachhaltigkeit) **reformiert** werden soll. Auch hier sind bisher keine konkreten Anforderungen für Neubauten veröffentlicht. Aktuell wird ein Neubau ausschließlich als **Effizienzhaus 40 NH** gefördert. Die erforderliche Zertifizierung der Nachhaltigkeit ist für

kleine Gebäude sehr aufwendig, so dass die Förderung in der Praxis für kleine Neubauten derzeit nicht oder kaum genutzt wird (Stand August 2022).

- In den **ökologischen Leitlinien der Stadt Neumünster** vom 18.08.2020 werden verschiedene Anforderungen aufgestellt. Im Teil II (Klimaschutz) wird als **Zielgröße** der Energiestandard genannt, der die jeweils aktuelle **erste Stufe der aktuellen KfW Förderung** erreicht. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Leitlinien war dies der EH 55 Standard. Der aktuell einzige von der KfW geförderte Neubaustandard ist allerdings der höhere **EH 40 NH Standard**. Dieser Energiestandard ist im Wohnungsbau relativ hoch. Die Anforderungen und der Zertifizierungsaufwand sind erheblich. Je nach Material des Dämmstoffes kann im Lebenszyklus ein Vorteil durch die Energieeinsparung oder bei in der Produktion besonders klimaschädlichem Dämmmaterial (z.B. XPS oder PUR) ein Nachteil mit Blick auf Klimaschutzeffekte entstehen. Aus diesen Gründen wird vorgeschlagen den Mindeststandard zu modifizieren. Höhere Standards sind natürlich weiter möglich und bei guter Planung und Umsetzung auch sinnvoll.

Vorschlag Modifizierter Mindeststandard:

Primärenergie EH 40 / Dämmstandard EH 55

4 Städtebaulicher Entwurf / Energie

Folgend werden grobe Ansätze und Ideen aus energetischer Sicht zum städtebaulichen Entwurf angerissen. Die Senkung des Energiebedarfs und die Nutzung von Solarenergie sind Bausteine die folgend betrachtet werden. Die Ideen sind als Diskussionsansatz zu verstehen.

4.1 Energetische Einordnung städtebaulicher Entwurf

- Die Gebäude sind im städtebaulichen Entwurf entsprechend der Nutzung kompakt entwickelt. Die Staffelung führt zwar zu einer geringen Vergrößerung der thermischen Hülle, lockert das Quartiersbild aber aus städtebaulicher und architektonischer Sicht auf. Für die Belichtung und Besonnung ergeben sich leichte Vorteile gegenüber einer noch kompakteren Bauweise.
- Die Gebäudetypen werden tendenziell in Richtung Süden niedriger, wodurch insgesamt mehr Licht und Sonne im Winter ins Quartier einfallen kann.
- Die Flachdächer können in vielen Bereichen mit PV oder PVT-Kollektoren belegt werden. Zur Vergrößerung der nutzbaren Flächen werden im nächsten Abschnitt Vorschläge aufgeführt.
- Eine gute Durchströmung des Quartiers im Sommer ist durch die Weg- und Straßenführung gegeben. Bäume und Grünflächen sorgen für ein gutes Mikroklima und damit zu einer besseren sommerlichen Situation und geringeren Überhitzungen. Ein Baustein für den Verzicht auf eine energieintensive aktive Kühlung.
- Das Quartier ist für Fußgänger und Fahrradfahrer gut zu erschließen. Hinweise zur Mobilität sind im Folgekapitel zu finden.

- Als Potentialflächen für regenerative Energien eignen sich folgende Bereiche:
 - Dächer (PV/ PVT)
 - Quartierspark, Grünflächen, Wege (Erdwärme zentrale Varianten/ kalte Nahwärme).
 - Grundstücksflächen bei dezentralen Wärmepumpenlösungen (auch Sickerflächen)
 Eine Potentialprüfung erfolgt in den Folgekapiteln.

4.2 Optimierung PV / Besonnung

PV-Flächen vergrößern

Folgend werden skizzenhaft Flächen dargestellt, mit der die nutzbare PV-fläche vergrößert werden könnte, ohne den Charakter des Quartiers stark zu verändern (blaue Flächen).

Folgende Ansätze wurden verfolgt:

- Gesamte Dachfläche Quartiersgarage nutzen (auch mit Teilbelegung denkbar)
- Südfassade Quartiersgarage nutzen
- Entwurf Kita entwickeln für eine Vollbelegung. Das könnte eine Anforderung in einem Wettbewerbsverfahren sein.
- Dächer vor Staffelgeschossen verlängern (Nebeneffekt Verschattung im Sommer)

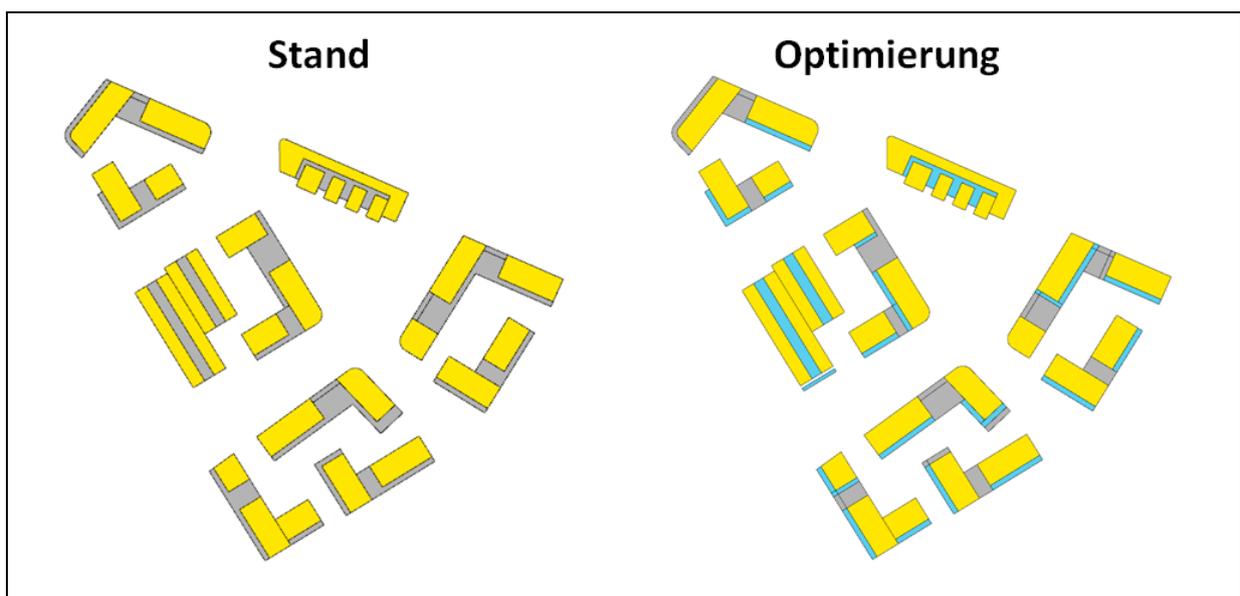


Abbildung 5: Gut nutzbare PV-Flächen (Stand gelbe Flächen/ Optimierungsvorschlag gelb + blau)

Hinweis: Dachflächen können bei Gründächern nur anteilig genutzt werden

Verschattung

Die Verschattungssituation wurde mittels 3-D-Modell im Jahresverlauf grob untersucht. Insgesamt ist die Verschattungssituation gut gelöst. Die Höhen fallen nach Süden ab (von MFH zu RH und DH), wodurch eine insgesamt gute Besonnung erfolgt. Die Abstände und Aufgliederungen der Gebäude sind in einem sinnvollen Maßstab.

Zu einzelnen optimierbaren Punkten werden folgend Hinweise gegeben:

Im Bereich der **Mehrfamilienhäuser** sorgen die Einschnitte (Staffelgeschosse) für einen erhöhten Lichteinfall in den Höfen. Die Situation ist in Abwägung mit Kompaktheit und gewünschter Hofstruktur gut.

- Es wurden verschiedene Varianten untersucht. Der aktuelle Planstand (V1) und die Variante V3 mit einem abgesenkten SW-Block erscheinen beide empfehlenswert.
- Bei einer auf die Wohnfläche optimierten Variante 2 ohne Staffelgeschosse mit erhöhten Geschossen wird der Hof im Winter sehr wenig mit Sonne beschienen.
- Bei einer auf die Verschattung optimierten Variante 4 gehen erhebliche Wohnflächenverluste einher.

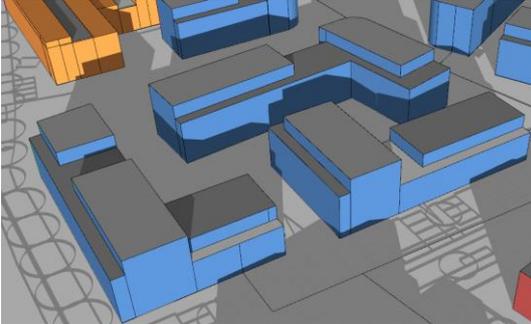
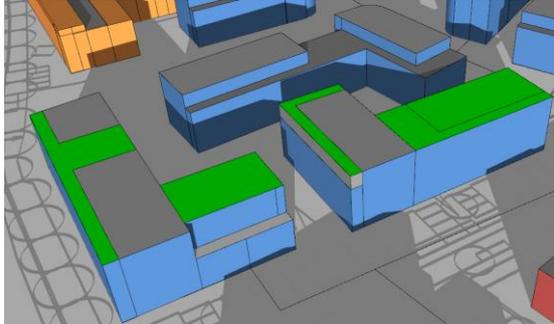
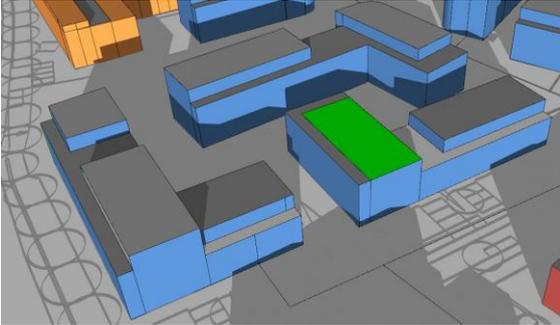
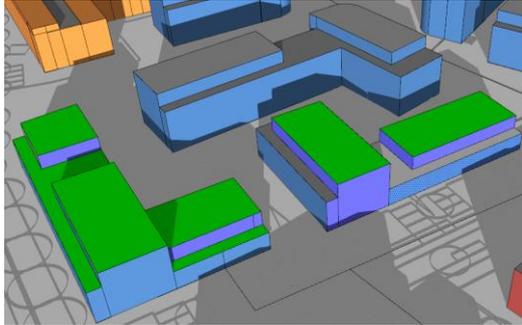
21.12. / 12:00 Beispielhafte Verschattungssituation Winter Hofgebäude	
<p>V1: Grundlage</p>  <p>Im Jahresverlauf gute Besonnung → Empfehlung 1</p>	<p>V2: Grüne Flächen erhöht</p>  <p>Besonnung deutlich eingeschränkt</p>
<p>V3: Grüne Einzelfläche abgesenkt</p>  <p>Optimierte Besonnung Hof, leichter Wohnflächenverlust → Empfehlung 2</p>	<p>V4: Alle grünen Flächen abgesenkt</p>  <p>Optimierte Besonnung Hof sehr viel Wohnflächenverlust</p>

Abbildung 6: Verschattungsanalyse 21.12 / 12:00 Uhr

Bei den **Reihenhauszeilen** wurden zwei Zeilen identifiziert, bei denen eine teilweise reduzierte Geschossigkeit die Winterverschattung in den nördlich orientierten Zeilen verbessern würde. Folgend wird die veränderte Situation bei Absenkung einzelner Reihenhauszeilen (in Absprache mit den Architekten) dargestellt. Nachteilig ist allerdings die schlechtere Eignung der abgesenkten Zwischenblöcke für PV. Eine beidseitige Optimierung

sollte im konkretisierenden Entwurfsprozess angestrebt werden (z.B. vorrangig südseitige Absenkung). Verschiedene Wege sind hier denkbar.

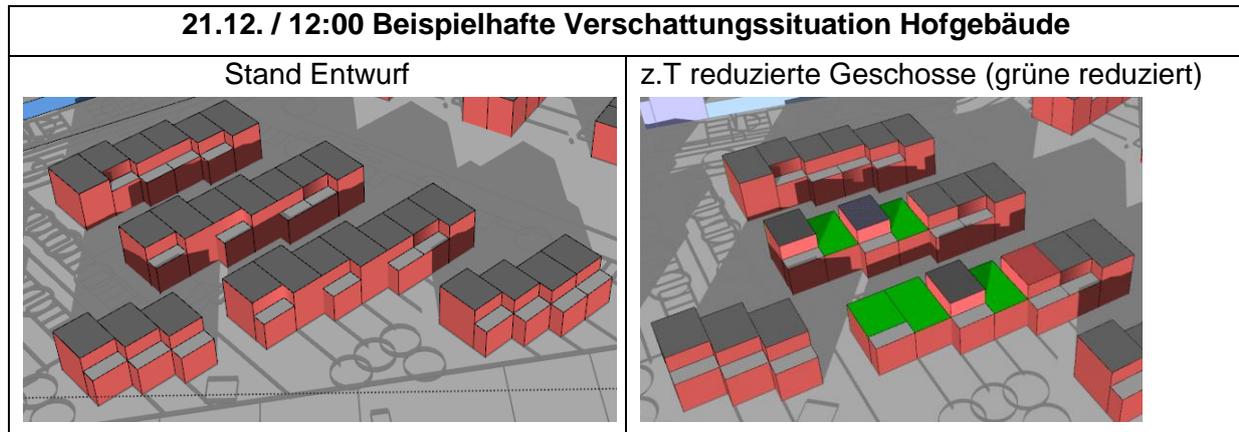


Abbildung 7: Verschattungsanalyse 21.12 / 12:00 Uhr

Bäume und Pflanzen

- Die Baumhöhen sollten auf die geplanten PV-Flächen abgestimmt werden. Verschattungen der PV-Flächen sind langfristig zu vermeiden.
- Für die Bepflanzung sollten Laubbäume mit hoher Transparenz im Winterhalbjahr gewählt werden, um solare Gewinne und gutes Licht zu gewährleisten.
- Die Bepflanzungen sollten abschließend auf die Tiefbautrassen und ggf. auf die Erdwärmeleitungen abgestimmt werden. Hierfür sind allerdings zunächst weitere konkrete Planungen erforderlich.

4.3 Mobilität/ Quartiersgarage

- Der öffentliche Raum soll von Verkehr entlastet werden. Durch die im städtebaulichen Entwurf angedachte **reduzierte Straßenführung** und die **Quartiersgarage** entstehen im Gegensatz zur Unterbringung des ruhenden Verkehrs auf ebenerdigen Stellplätzen freie Freiflächen für die Allgemeinheit.
- Tiefgaragen als Alternative bei den MFH wären bei der Verkehrssituation ebenfalls denkbar. Nachteile ergeben sich allerdings bei folgenden Aspekten:
 - Tiefgaragen weisen einen deutlich höheren Bedarf an Baustoffen und damit höhere graue Emissionen (Betonbauwerke im Erdreich) auf.
 - Die Kosten fallen bei Tiefgaragenkonzepten höher aus.
 - Die Autonutzung gerade für Kurzstrecken ist bei einer Tiefgarage durch den kurzen Weg attraktiv. Eine Quartiersgarage mit hochwertigen Fahrradstellplätzen in der Nähe führt zu reduziertem Autoverkehr.
 - Die (teilweise) Rückbaubarkeit einer Quartiersgarage bei sinkendem Autovorkommen ist im Gegensatz zu einer Tiefgarage möglich.
 - Für Tiefgaragen ergeben sich andere Dimensionierungsparameter der Straßen im Quartier. Dafür kann die Fläche der Quartiersgarage anders genutzt werden.

- In Quartiersgaragen können auch weitere Nutzungen untergebracht werden, die zu einer verbesserten Situation führen und bereits z.T. angedacht sind:
 - Postdepot, um Lieferverkehr zu reduzieren
 - E-Bike/ Lastenrad Leihstation
 - KFZ Sharing-Angebote
 - Zentralisierte E-Ladestationen
- Aus energetischer Sicht überwiegen die Vorteile einer Quartiersgarage.

5 Empfehlungen zu Energiestandards Gebäude

5.1 Vorschlag energetische Vorgaben

- **Dämmstandard EH 55/ Primärenergie EH 40**

Mit Blick auf die Ziele aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht, wird vorgeschlagen den Dämmstandard an ein **BEG Effizienzhauses 55** anzulehnen. Ein weiter erhöhter Dämmstandard wie z.B. ein Effizienzhaus 40 oder Passivhausstandard kann umgesetzt werden, führt aber zu eher geringen ökologischen Vorteilen (oder z.T. auch Nachteilen) beim Blick auf den Gesamtlebenszyklus (Herstellung und Betrieb) und ist daher nicht entscheidend für effizienten Klima- und Umweltschutz. Mit Blick auf den Primärenergiebedarf wird ein **EH 40 Standard** als Mindeststandard vorgeschlagen, da dieser mit zukunftsfähigen Maßnahmen auf Seiten der Wärmeerzeugung gut erreicht werden kann (Wärmepumpen/ zukunftsfähige Fernwärme).
- **Energieerzeugung**

Die Art der Energieerzeugung wird in den nächsten Kapiteln umfassend betrachtet. Für ein zukunftsfähiges Konzept sind bei diesem Quartier **Wärmepumpenlösungen und/ oder Nahwärmelösungen** sinnvoll.
- **Geringe Systemtemperaturen der Heizung**

Die Systemtemperaturen der Wärmeübergabe sollten möglichst niedrig geplant werden, um eine langfristige effiziente Nutzung regenerativer Energien zu ermöglichen. Ideal sind Flächenheizungen wie Wandheizungen, Fußbodenheizungen oder Deckenstrahlplatten. Dies gilt insbesondere bei Wärmepumpensystemen (Vorschlag Vorlauftemperatur max. 35°C). Aber auch für die Variante der Rücklaufnutzung der Fernwärme sind Flächenheizungen erforderlich. Bei hohen Temperaturen sinkt die Effizienz der Erzeugungssysteme deutlich.
- **Warmwasser:** Für die Warmwassererzeugung sind i.d.R. auf das Objekt optimierte Einzelkonzepte zu entwickeln. Für Wärmepumpensysteme bieten sich Frischwasserstationen z.B. mit Vierleiternetz an, die mit niedrigen Temperaturen hygienisch einwandfrei und effizient arbeiten. Bei weit verzweigten Abnehmern ggf. auch direktelektrische Durchlauferhitzer. Bei Versorgung über warme Fernwärme hängt das System von den Temperaturen ab. Bei ausreichend hoher Temperatur ist eine klassische Erzeugung mit Warmwasserspeicher denkbar (sonst Systeme wie bei Wärmepumpe, z.B. bei Fernwärme-Rücklaufeinbindung).

- **Photovoltaik**

PV-Anlagen sollten aus Klimaschutzgründen möglichst großflächig umgesetzt werden. Um das Mindestinvestment der Bauherren zu begrenzen wird allerdings keine Maximalbelegung der Dächer sondern eine reduzierte **Mindestbelegung PV pro m² überbauter Gebäudefläche** vorgeschlagen (s. Folgekapitel PV). Eine Kombination mit den vorgesehenen Gründächern ist möglich (Substrat z.B. als Auflast nutzbar).

- **Belüftung frei wählbar**

Die Art der Belüftung der Gebäude sollte aus Sicht des Verfassers nicht vorgegeben werden. Die Einsparpotentiale einer mechanischen Lüftung mit Wärmerückgewinnung sind mit Blick auf CO₂-Emissionen bei einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung eher gering. Einschränkende Vorgaben für die Bauherren sollten nur dort gemacht werden, wo ein relevanter Effekt zu erwarten ist.

5.2 Mindest-Dämmstandard

Wie beschrieben, wird vorgeschlagen den Mindest-Dämmstandard grob an ein BEG Effizienzhaus 55 anzulehnen. In grober Abschätzung ergeben sich folgende U-Werte und Dämmstoffstärken. Primärenergetisch wird ein EH 40 als Ziel vorgeschlagen.

	Vergleich GEG Referenzgebäude		Vorschlag Dämmung EH 55	
	U-Wert	Dämmung / WLS	U-Wert	Dämmung /WLS
Außenwand	0,28 W/m ² K	12 cm / WLS 035	ca. 0,18 W/m ² K	18 cm / WLS 032
Flachdach	0,20 W/m ² K	18 cm / WLS 037	ca. 0,14 W/m ² K	24 cm / WLS 035
Sohle/ Wand Erdreich	0,35 W/m ² K	10 cm / WLS 038	ca. 0,24 W/m ² K	15 cm / WLS 038
Fenster	1,30 W/m ² K	Zweifachverglasung	ca. 0,95 W/m ² K	Dreifachverglasung
Wärmebrücken	$\Delta U_{WB}=0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ Gleichwertig Beiblatt 2 DIN 4108 Kat. A		$\Delta U_{WB} \leq 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ Gleichwertig Beiblatt 2 DIN 4108 Kat. B	

Abbildung 8: Bauteil U-Werte und Abschätzung Dämmstärke für Referenzgebäude GEG und Planungsvorschlag ca. EH 55 / Hinweis: Je nach Konstruktion und Dämmstoff sind Abweichungen möglich / Konkretes Ergebnis basiert auf der gebäudespezifischen Energiebilanz

6 Energiebedarf und Heizleistung

6.1 Spezifischer Energiebedarf

Folgend wird der Energiebedarf für das Quartier abgeschätzt. Die Nutzung, das Gebäudeformat und ein Energiestandard im Bereich eines Effizienzhauses 55 oder besser werden hierbei einbezogen. Die Abschätzung im Bereich Wärme und Warmwasser beschreibt die Wärmeenergie an der Gebäudegrenze exkl. Anlagenverluste aber inkl. Verteil- und Zirkulationsverluste im Gebäude (Annahme Warmwasser zentral). Für Strom wird der Haushaltsstrom und Allgemiestrom einbezogen. Strom für die E-Mobilität ist nicht enthalten.

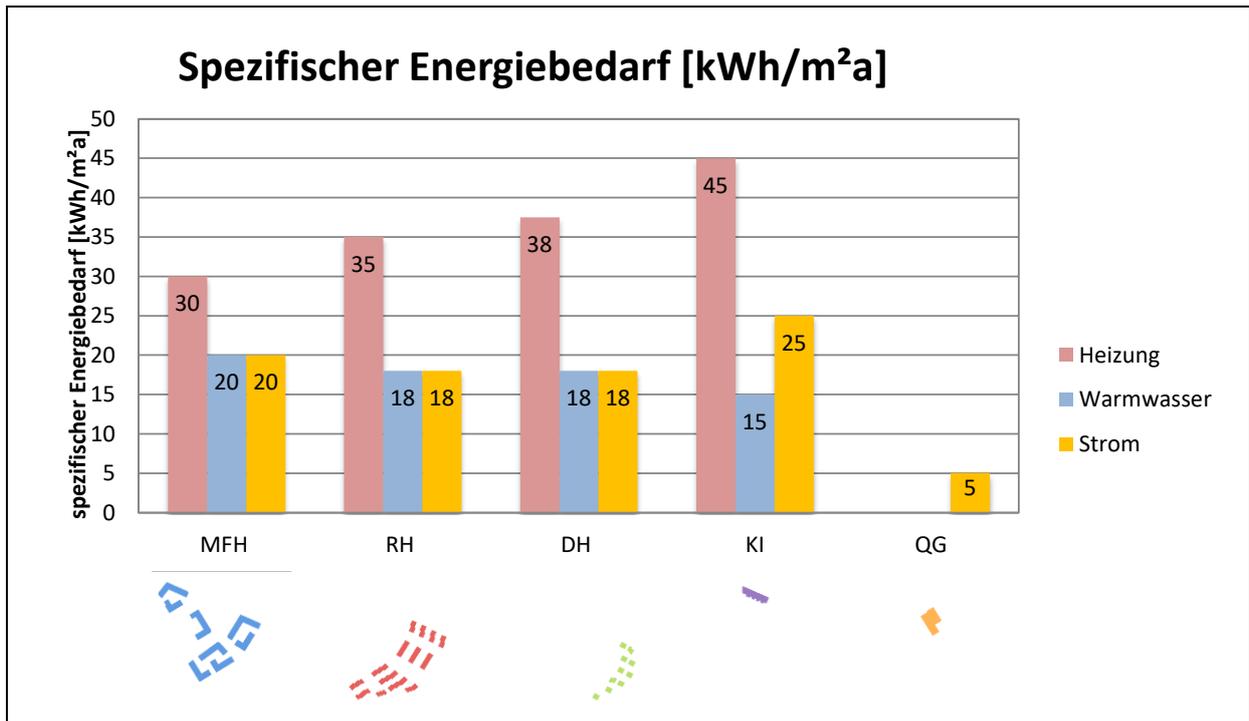


Abbildung 9: Abschätzung spezifische Energiebedarfskennzahlen
 Bezug BGF/ Bilanzgrenze Gebäude/ exkl. Anlagenverluste/ inkl. Verteil- und Zirkulationsverluste im Gebäude

6.2 Absoluter Energiebedarf

Aus den o.g. Ansätzen und Flächen ergeben sich folgende Energiebedarfe.

Kürzel	BGF [m²]	Heizung		Warmwasser		Strom	
		spezifisch kWh/m²a	absolut MWh/a	spezifisch kWh/m²a	absolut MWh/a	spezifisch kWh/m²a	absolut MWh/a
MFH	25.790	30	774	20	516	20	508
RH	13.234	35	463	18	238	18	173
DH	4.140	38	155	18	75	18	58
KI	1.878	45	85	15	28	25	47
QG	5.768	0	0	0	0	5	29
Σ ink. QG	50.810		1.477		857		814
Ø ink. QG		29		17		16	
Σ exk. QG	45.042		1.477		857		785
Ø exk. QG		33		19		17	

Abbildung 10: Abschätzung Energiebedarf Gebäudekomplex (ohne Mobilität)
 -Bezug BGF/ Bilanzgrenze Gebäude/ exkl. Anlagenverluste/ inkl. Verteil- und Zirkulationsverluste im Gebäude

Je nach System der Wärmeerzeugung sind noch Anlagenverluste oder Gewinne aus Umweltwärme bei Wärmepumpen zu berücksichtigen. Dieser Punkt erfolgt in den Folgekapiteln abhängig von der Energieversorgung.

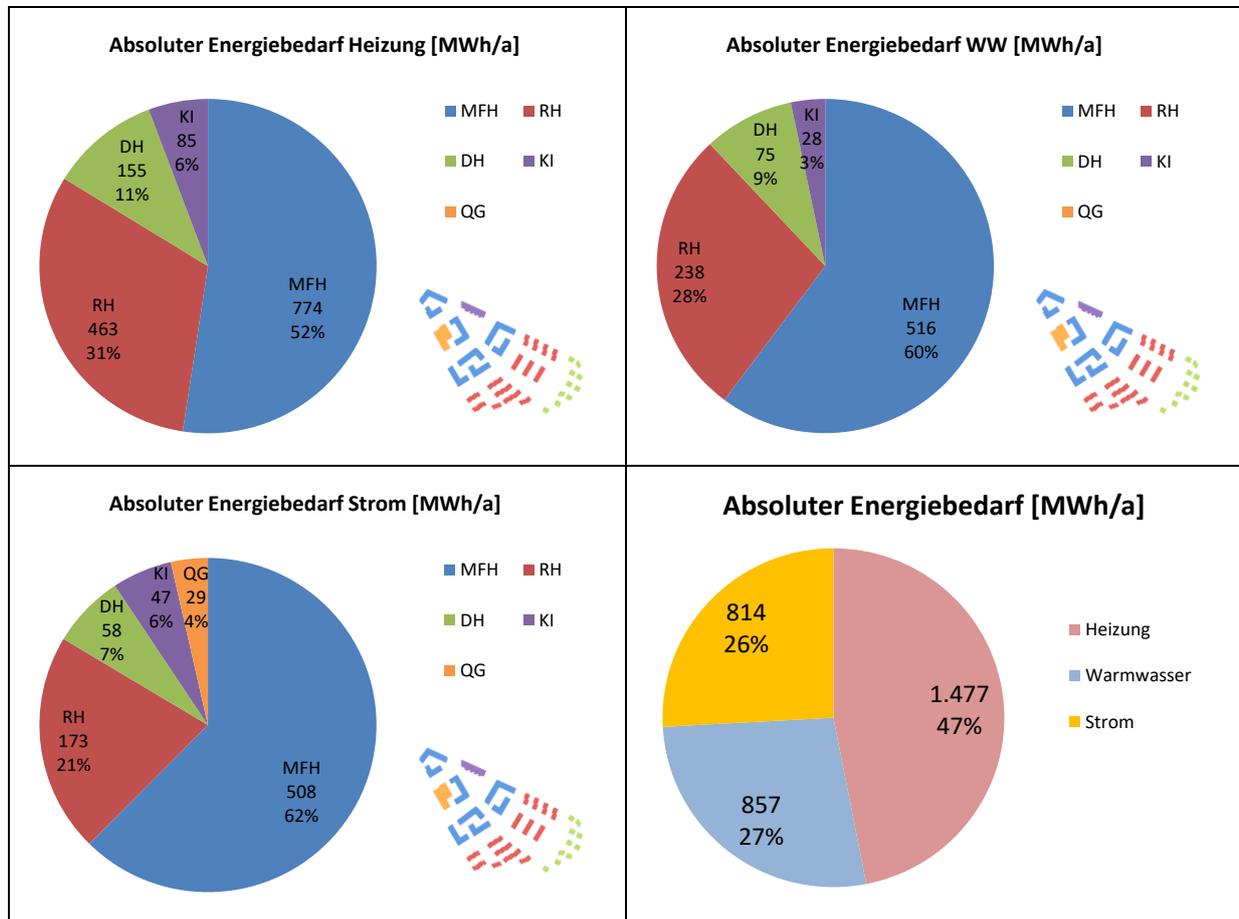


Abbildung 11: Aufteilung Energiebedarf nach **Energieart und Gebäudetyp** (E-Mobilität hier nicht berücksichtigt)

- In der Summe wird der Bedarf des Quartiers auf etwa **1.500 MWh/a Heizenergie**, **860 MWh/a für die Warmwasserbereitung** und **815 MWh/a Strombedarf** abgeschätzt (E-Mobilität nicht erfasst).
- Die Mehrfamilienhäuser machen den mit Abstand größten Anteil des Energiebedarfs im Quartier aus (52-62%). Die Reihenhäuser machen 21-31% der Energiebedarfe aus.
- Auf Heizenergie entfällt ca. 47%, Warmwasser 27% und Strom 26%. Bei dieser Betrachtung ist allerdings zu beachten, dass Strom und Wärme unterschiedlich zu bewerten sind (Strom höherwertig). Durch Einsatz einer Wärmepumpe kann der Heiz- und Warmwasserbedarf beispielsweise um den Faktor 3 - 5 reduziert werden (dann Strom statt Wärme).

6.3 Wärmedichte und Leistung

Folgend werden drei Teilgebiete entsprechend der Wärmedichte unterschieden (Heizungs- und Warmwasserbedarf bezogen auf folgend umrandetes Gebiet, nicht auf Gebäudefläche). Die flächenbezogene Wärmedichte ist ein relevanter Aspekt bei den Überlegungen zur Sinnhaftigkeit von Wärmenetzen. Bei geringen Wärmedichten werden die anteiligen Netzverluste so hoch, dass ein sinnvoller Betrieb schwierig ist. Für die drei unterschiedlichen Gebiete (MFH/ RH/ DH) im Quartier ergeben sich in erster Abschätzung etwa folgende Wärmedichten und Leistungen:

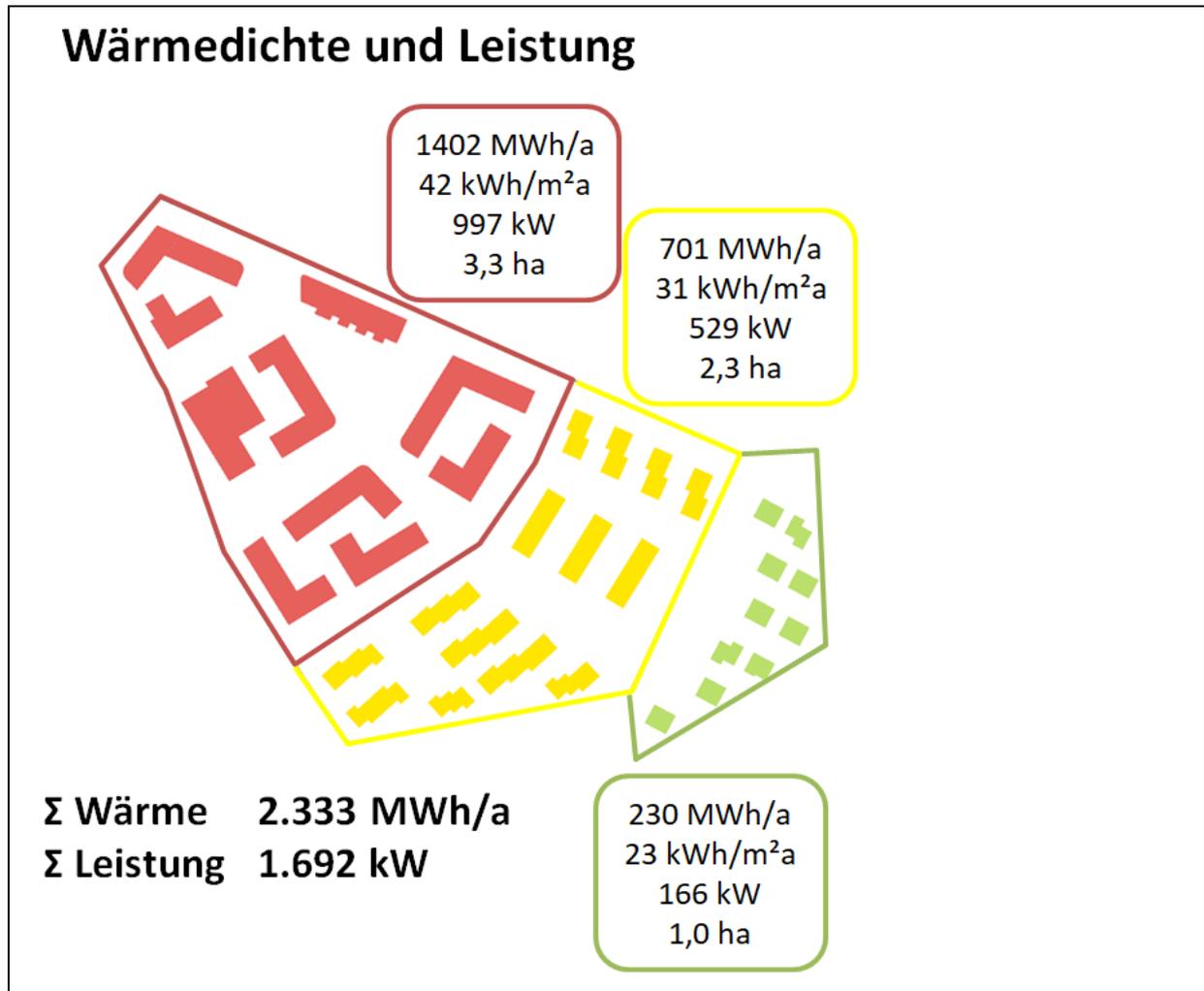


Abbildung 12: Übersicht Wärmedichte und Leistung Teilgebiete

Annahme Leistung pro BGF: MFH 35 kWh/m²a / RH+DH 40 kWh/m²a / KITA 50 kWh/m²a

Vereinfachte Berechnung mit Flächenansatz ohne Gleichzeitigkeit

- Die spezifische Wärmedichte liegt im Bereich der MFH bei 42 kWh/m²a (Bezug rot umrandete Fläche), im Bereich der Reihenhäuser bei 31 kWh/m²a (gelb) und im Bereich der Doppelhausbebauung bei nur noch 23 kWh/m²a (grün).

- Folgend werden die zusätzlichen Netzverluste (nur Netz im Quartier) grob abgeschätzt und auf die BGF bezogen. Es wird von einer effizienten Umsetzung mit 200-300 kWh/ma ausgegangen.
 - MFH: ca. 3-6 kWh/m²_{BGFa} (10-13% zusätzliche Verluste)
 - RH: ca. 10-15 kWh/m²a (20-30% zusätzliche Verluste)
 - DH ca. 20-30 kWh/m²a (40-50% zusätzliche Verluste)
- Das Bestandsnetz der Fernwärme in NMS hat abgeschätzt derzeit deutlich höhere Verluste pro m Trasse (schlechterer Dämmstandard i.M. und höhere Temperatur). Die Entfernung vom Heizkraftwerk zum Quartier beträgt ca. 2 km. Die Länge des neuen Netzes im Quartier wurde auf ca. 1,4 km abgeschätzt. Die zusätzlichen Verluste über das Bestandsnetz würden zu einer starken Erhöhung der o.g. Verluste führen. Um diesen zu vermeiden, wird für den Fall einer warmen Fernwärmeversorgung vorgeschlagen den **Rücklauf des Fernwärmenetzes** zu nutzen. Die zusätzlichen Netzverluste über das Bestandsnetz durch den zusätzlichen Wärmetransport würden dann reduziert bzw. vermieden. Bei Nutzung des Vorlaufs wären die anteiligen Gesamtverluste zu hoch.
- Bei den **Mehrfamilienhäusern** ist ein **Anschluss** mit Blick auf die Netzverluste **denkbar**.
- Für die **Reihenhäuser** wird eine zentrale warme Fernwärme aufgrund der Verlusthöhe **kritisch** gesehen.
- Für die **Doppelhäuser** wird von einer **warmen Fernwärmeversorgung** mit Blick auf die Netzverluste **abgeraten**.

7 Wärmeversorgung

7.1 Wärmeversorgung der Zukunft

- Der Energiemarkt unterliegt einem starken Wandel. Die Bundesregierung hat das Ziel aufgestellt, 2030 einen Anteil Erneuerbarer Energien von 80% im Stromsektor zu erreichen.
- Effektiver Klimaschutz, Versorgungssicherheit, Unabhängigkeit von Energieimporten und eine langfristig bezahlbare Energieversorgung werden als wesentliche Ziele gesehen.
- Elektrisch betriebene **Wärmepumpen** müssen mit Blick auf die Zielstellung mittelfristig fossile Erzeuger als **Hauptwärmeerzeuger** ablösen. Diese können dezentral in privater Hand oder zentral als kalte Nahwärmesysteme umgesetzt werden. Beide Systeme werden in die Varianten aufgenommen.
- Neben Wärmepumpen wird auch **ein Teil der warmen Fernwärme in Deutschland als Lösung** angesehen. Hier ist allerdings zu unterscheiden zwischen **zukunftsfähigen Systemen** und Systemen, die ein Problem in einem regenerativen Energiesystem darstellen. Hier sind beispielsweise fossil befeuerte Kraft-Wärme-Kopplungen zu nennen, die zunehmend grünen Strom verdrängen. Die **Fernwärme Neumünster** wird folgend näher analysiert und aufgrund der Wärmedichte für eine Versorgung der Mehrfamilienhäuser in die Varianten aufgenommen.

- Versorgungslösungen, die auf biogenen Brennstoffen (z.B. Pellets oder Biogas) basieren, sind aufgrund der gesamtökologisch begrenzten Verfügbarkeit nur dort einzusetzen, wo Wärmepumpen oder zukunftsfähige Fernwärme nicht möglich sind (z.B. Denkmäler mit hohen Systemtemperaturen). Für Neubauten wird der Einsatz aufgrund der verfügbaren Alternativen kritisch gesehen.
- Wasserstoffbasierte Versorgungssysteme sind aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit ebenfalls nur für Sonderfälle anzuwenden. Der derzeit verfügbare Wasserstoff basiert außerdem im Wesentlichen auf Erdgas und nicht auf Elektrolyse unter Verwendung erneuerbarer Energie und ist damit bisher noch kein Beitrag zum Klimaschutz. Ein Einsatz für Neubaugebiete wird nicht als sinnvoll angesehen.
- Die folgende Betrachtung fokussiert sich daher auf verschiedene **Wärmepumpensysteme** und die **warme Fernwärme (Nutzung des Rücklaufs!)** der Stadtwerke Neumünster.

7.2 Wärmequellen für Wärmepumpen

Für die Analyse der Wärmequellen für Wärmepumpensysteme müssen im nächsten Schritt weitere Detailanalysen durchgeführt werden. Eine detaillierte Untersuchung ist z.B. über das Förderprogramm **Wärmenetze 4.0** mit Zuschüssen für die Planung und Umsetzung möglich. In diesem Rahmen sollen zunächst die Möglichkeiten für das Quartier aufgezeigt werden

- **Erdsonden**
Das Gebiet der Scholtzkaserne befindet sich laut Übersichtskarte des Landes (Umweltatlas SH) außerhalb des Trinkwasserschutzgebietes Neumünster. Voraussichtlich sollte eine **Nutzung von Erdwärme möglich** sein (auch nach erster Rücksprache mit der unteren Wasserbehörde). Die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds wird im Bereich von 1,6-1,8 W/mK angegeben. Eine Entzugsleistung im Bereich von **40 W/m** wird als erste Abschätzung abgeleitet (durchschnittliche Größenordnung für SH). Werden Erdsonden zusätzlich im Sommer zur effizienten passiven Kühlung genutzt, kann gekühlt und gleichzeitig das Erdreich regeneriert werden (weniger Erdsonden erforderlich oder höhere Effizienz).
- **Erdsonden mit Überschuss-Fernwärme**
Eine weitere zu prüfende Option zur Regeneration von Erdsondenfeldern könnte eine Einspeisung von Überschusswärme in die Erdsondenfelder aus der Fernwärme sein (falls Überschusswärme vorhanden ist). Mit einem Ring-in-Ringsystem könnte bei passender geologischer Situation das Erdreich mit geringen Verlusten erwärmt werden und als Saisonspeicher dienen (innerer Sondenring wird regeneriert). Eine Betrachtung der Gesamtenergieströme mit Blick auf die Zielstellung ist erforderlich.

- **Erdkollektor (z.B. unter Rigolen)**

Im Bereich der Innenhöfe könnten bei dezentralen Lösungen ggf. Flächenkollektoren installiert werden. Unter Versickerungsrigolen würde eine erhöhte Regeneration über das Sickerwasser erfolgen. Insbesondere im Sommerhalbjahr kann eine hohe Effizienz erreicht werden für die Warmwasserbereitung. Aufgrund der begrenzten Flächen ist dieses System nur als Ergänzung denkbar. Ein kaltes Nahwärmenetz fungiert ebenfalls selbst als Kollektor. Eine Verlegung der Netzleitungen im Bereich der Sickermulden wäre denkbar (bessere Regeneration, gut erreichbar).
- **PVT-Kollektoren**

Auf den Dächern der Gebäude könnten statt einfacher PV-Kollektoren kombinierte PVT-Kollektoren installiert werden, die neben PV-Strom auch Wärme über Absorber generieren und als effiziente Wärmequelle für Wärmepumpen dienen können. Dies gilt insbesondere in Kombination mit Erdsonden (Erdsonden hohe Effizienz Heizen Winter/ PVT hohe Effizienz Warmwasser Sommerhalbjahr und Heizen Übergangszeit).
- **Grundwasser-Wärmepumpe**

Nach erster Rücksprache mit der unteren Wasserbehörde wäre bei zentraler kalter Nahwärme auch eine Nutzung des Grundwassers als Wärmequellen denkbar. Weitere Prüfungen sind erforderlich. Vorteilhaft wäre die sehr hohe mögliche Effizienz des Systems. Ein professioneller Betreiber ist erforderlich.
- **Abwasser**

Abwasser als Wärmequelle kann bei sehr großen Hauptleitungen und zentraler Wärmequellenerschließung (kalte Nahwärme) eine interessante Wärmequelle sein, da ganzjährig hohe Temperaturen vorliegen. Es sollte jedoch eine nutzbare Hauptleitung vorhanden sein, da ein ständiger Durchfluss für eine sinnvolle Nutzbarkeit vorteilhaft ist. Die Machbarkeit bzw. die Potentiale sind in den nächsten Planungsschritten zu prüfen.
- **Luftwärmepumpen**

Auch Luft-Wasser-Wärmepumpen sind eine Möglichkeit, um die Gebäude mit regenerativer Wärme zu versorgen. Hierbei ist aber mit einer geringeren Effizienz als bei den zuvor genannten Wärmequellen zu rechnen. Außerdem sind die Schallemissionen beachten.
- **Eisspeicher**

Eisspeicher sind eher als Ergänzung zu sehen, die bei zu geringen anderen Wärmequellenpotentialen eingesetzt werden kann. Die Regeneration des Eisspeichers kann z.B. über Solarabsorber und das Erdreich erfolgen. Bei relevantem Kältebedarf und zu geringen Flächen für Wärmequellen sind Eisspeicher eine sinnvolle Möglichkeit Wärmepumpensysteme erfolgreich einzusetzen.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick zu möglichen Wärmequellen im Quartier.

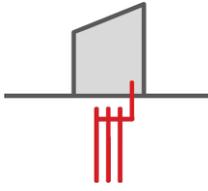
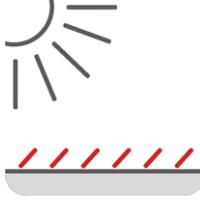
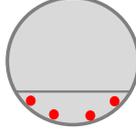
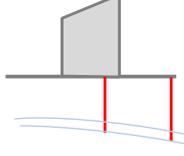
Energiequelle	Bild	Anmerkungen
Erdreich -z.B.: Kollektor, Sonden, Körbe		-Für Flächensysteme zu wenig freie Fläche. Ggf. Teilflächen als Kombination nutzbar (Vorteile für Warmwasser). -Erdsonden voraussichtlich möglich und empfehlenswert als effiziente Wärmequelle Empfohlen zur Prüfung
Luft -z.B. Außenluft- oder - Abluftwärmepumpe		-Lärmschutz bei enger Bebauung prüfen -gestalterische Einschränkung bei Außenaufstellung -Effizienz Heizung im Kernwinter mittel Empfohlen zur Prüfung
Solarwärme -PVT-Kollektoren		-Solarwärme als ergänzendes Wärmequellensystem -bei PVT-System Strom und Wärmeerzeugung über ein System mit höherem Flächenertrag möglich Empfehlung zur Prüfung
Abwasser -z.B. Wärmetauscher in Hauptleitungen integrieren		-Gleichbleibende Energiequelle, sehr hohe Effizienz -Abstimmung erforderlich (große Querschnitte Abwasserleitung) Empfehlung zur Prüfung bei kalter NW
Grundwasser -z.B. Förder- und Schluckbrunnen		-Sehr hohe Effizienz -Prüfbare Option nach erster Rücksprache mit der Wasserbehörde -Hohe Anforderungen an Planung, Ausführung und Betrieb Empfehlung zur Prüfung bei kalter NW
Abwärmennutzung -Überschusswärme Fernwärme / Industrie		-Überschussabwärme Fernwärme als Ergänzung bzw. Regeneration denkbar -Nur falls wirklich Überschuss im Sommer bei Müllverbrennung vorhanden ist -ggf. weitere Abwärmeequellen in der Umgebung prüfen Empfehlung zur Prüfung bei kalter NW
Eisspeicher' -z.B. bei Heiz- und Kühlbedarf und begrenzter Fläche		-Vorteile bei Kältebedarf und Platzmangel -Regeneration über z.B. Solarwärme und Erdwärme Prüfung bei zu geringem sonstigen Quellenpotential

Abbildung 13: Übersicht möglicher Umweltwärmequellen für die Wärmepumpen

Die **Potentiale der Erdsonden** zur Bereitstellung der erforderlichen Leistung werden folgend grob überschlagen. Es geht nicht um eine konkrete Auslegung, sondern um eine Grobprüfung der vorhandenen Flächenpotentiale.

Quellenpotentiale kalte Nahwärme

Bei **kalter Nahwärme** werden die öffentlichen Flächen genutzt. In einem 6 m Raster könnten grob **300 Erdsonden** in öffentlichen Bereichen untergebracht werden. Bei 140 m Tiefe der Erdsonden und 40 W/m spezifischer Entzugsleistung könnte die erforderliche Leistung von ca. 1.700 kW für das Quartier bereits geliefert werden. Zusätzlich kann das kalte Nahwärmenetz selbst weitere Umweltwärme liefern.

Außerdem sind die oben genannten weiteren Wärmequellen zu prüfen, um den Aufwand für die Bohrungen der Erdsonden zu reduzieren (z.B. PVT und Abwärme). Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass eine **kalte Nahwärme** mit Blick auf das **Quellenpotential gut umsetzbar** ist.

Quellenpotentiale dezentrale Wärmepumpen

Bei dezentraler Versorgung können die Doppelhäuser und die Reihenhäuser mit Erdsonden, Luftwärmepumpen und/ oder PVT-Anlagen als Quelle versorgt werden.

Abstandsanforderungen an Erdsonden und Schallanforderungen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen sind im Rahmen einer vertiefenden Analyse zu überprüfen. Ggf. müssen Bohrungen bei den Reihenhäusern versetzt angeordnet werden und bei Luft-Wasser-Wärmepumpen schalloptimierte Systeme eingesetzt werden. Insbesondere für die Mehrfamilienhäuser bieten sich Kombinationssysteme aus Erdsonden und PVT-Kollektoren oder Luft-Wasser- bzw. Abluftwärmepumpen z.B. für Warmwasser an.

7.3 Rücklauf Fernwärme Neumünster

Sinnvolle Anschlussmöglichkeiten

Entsprechend der vorherigen Überlegungen zu Wärmedichte, Netzverlusten und Wärmequellen werden für die Nutzung der warmen Fernwärme im Quartier folgende Optionen gesehen:

- **Nur** Anschluss der **Mehrfamilienhäuser** und ggf. der Kita (Reihenhäuser und Doppelhäuser aufgrund hoher Netzverluste dann dezentral mit Wärmepumpen versorgen).
- Nutzung des **Rücklaufs der Fernwärme**, um zusätzliche Netzverluste zu reduzieren (Systemtemperaturen im Gebäude sind abzustimmen mit SWN).
- Bei Umsetzung einer kalten Nahwärme **ggf. Regeneration der Wärmequelle** mit Überschusswärme der warmen Fernwärme im Sommer.

CO₂-Emissionen Fernwärme

Die Bewertung von CO₂-Emissionen von Fernwärmesystemen wird in der Fachwelt kontrovers diskutiert. Zwischen aktuell gültiger Bewertung nach GEG und einer Bewertung, die zukünftig grüner werdenden Strom einbezieht sowie bei der Bewertung von Müll als Brennstoff, bestehen verschiedene Meinungen auf die folgend eingegangen wird:

- Aktuell werden die CO₂-Emissionen der Fernwärme NMS sehr niedrig angegeben mit 0,024 t_{CO2}/MWh_{th}. Dieser Kennwert basiert allerdings auf dem aktuell gültigem GEG und den dort angegebenen Faktoren, die fachlich kritisch gesehen werden. Der Strom, der über Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird, wird im GEG mit einem sehr hohen Verdrängungsstrommix) verrechnet, der auf der Vergangenheit beruht (0,860 t_{CO2}/MWh = Verdrängung Kohlestrom).
- Bei wärmegeführten Systemen ist in einem zukünftig immer grüner werdendem Stromsystem aber gerade in SH mit hohem EE-Anteil mit zunehmender Verdrängung von grünem Strom zu rechnen. Die CO₂-Gutschrift müsste deutlich geringer ausfallen. Bereits für 2021 wurde vom UBA ein CO₂-Strommix Deutschland von 0,485 t_{CO2}/MWh angegeben. Spätestens 2050 wird mit einem quasi CO₂-neutralen Strommix gerechnet (Ansatz 2050 = 0,050 t_{CO2}/MWh). In der folgenden Bewertung fließt diese Entwicklung in Form eines einfachen Mittelwerts ein (**StromØ = (0,485+0,050)/2 = 0,268 t_{CO2}/MWh**). Ein gesonderter SH-Faktor wird hier nicht angewendet, da optimistisch angenommen wird, dass ein schneller Netzausbau erfolgt und mittelfristig eine Verteilung des Erneuerbaren Stroms aus SH in Deutschland und Europa effizient erfolgt.
- Unterschiedlich diskutiert wird auch der Ersatzbrennstoff, der aus Müll gewonnen wird. Dieser wird bislang als Abwärme quasi CO₂-neutral angenommen (Ansatz 0,020 t_{CO2}/MWh), obwohl das Heizkraftwerk real auch fossile Abfälle verbrennt und damit bisher gebundenes CO₂ emittiert. Bei Ansatz eines CO₂-Faktors für Müll, der die realen Emissionen widerspiegelt, würde sich der CO₂-Faktor der Fernwärme deutlich erhöhen. Allerdings würde das Nichtnutzen der Abwärme zu zusätzlichen CO₂-Emissionen führen, da die Wärme anderweitig erzeugt werden muss und die Emissionen aus der Müllverbrennung trotzdem entstehen. Eine gesamtökologische Bewertung der Müllverbrennung und des Ansatzes einer CO₂-neutralen Bewertung von Abwärme aus CO₂-intensiven Prozessen kann an dieser Stelle nicht geleistet werden. Vertiefende Überlegungen hierzu wären im Rahmen von Studien sinnvoll. In dieser Analyse wird der Ersatzbrennstoff wie aktuell üblich quasi CO₂-neutral bewertet.
- Folgende wird ein möglicher Ansatz zur Abschätzung des CO₂-Emissionsfaktors für die aktuelle Situation und die Zukunft aufgestellt. Basis sind die Energie- und Energieträgermengen von 2018-2020 (Quelle SWN). Es wird ein Wandel von den fossilen Energieträgern (Kohle, Erdgas, Öl) hin zu erneuerbaren Energien angesetzt. Für 2050 wird von komplett fossilfreier Erzeugung (außer EBS) ausgegangen. Kohle, Erdgas und Öl werden dann z.B. durch Tiefengeothermie oder Großwärmepumpen ersetzt (Ansatz Effizienz 300%, Betrieb mit Erneuerbarem Strom). Zur Bewertung auf Quartiersebene wird ein Mittelwert aus aktuellem und zukünftigem Kennwert gebildet.
- Aufgrund der vorgeschlagenen Rücklaufnutzung werden die vorgelagerten Netzverluste nicht einbezogen. Der Bezug wird daher auf die Wärmeerzeugung und nicht die Wärmeabgabe gelegt. Bei Bezug auf die Wärmeabgabe würden die CO₂-Faktoren um ca. 30% durch die Netzverluste steigen. Die Verluste im Quartiersnetz selbst werden in den folgenden Betrachtungen aber einbezogen (Ansatz 15% Verluste, effizientes Netz, reduzierte Temperatur).

- Die Stadtwerke NMS arbeiten derzeit an einem Transformationsplan für die Fernwärme. Tiefengeothermie, Saisonalspeicher und Großwärmepumpen sollen relevante Bausteine der Umstellung sein. Sobald ein konkreter Transformationsplan vorliegt, können die CO₂-Faktoren für weitere Berechnungen angepasst werden. Diese Betrachtung kann nur als grobe Abschätzung verstanden werden. Auch andere Ansätze mit niedrigeren Faktoren (z.B. GEG) oder höheren Faktoren (inkl. CO₂-Emissionen EBS) werden in der Fachwelt diskutiert. Der hier aufgeführte Ansatz ist aus Sicht des Verfassers ein vereinfachter Mittelweg der Beurteilung.

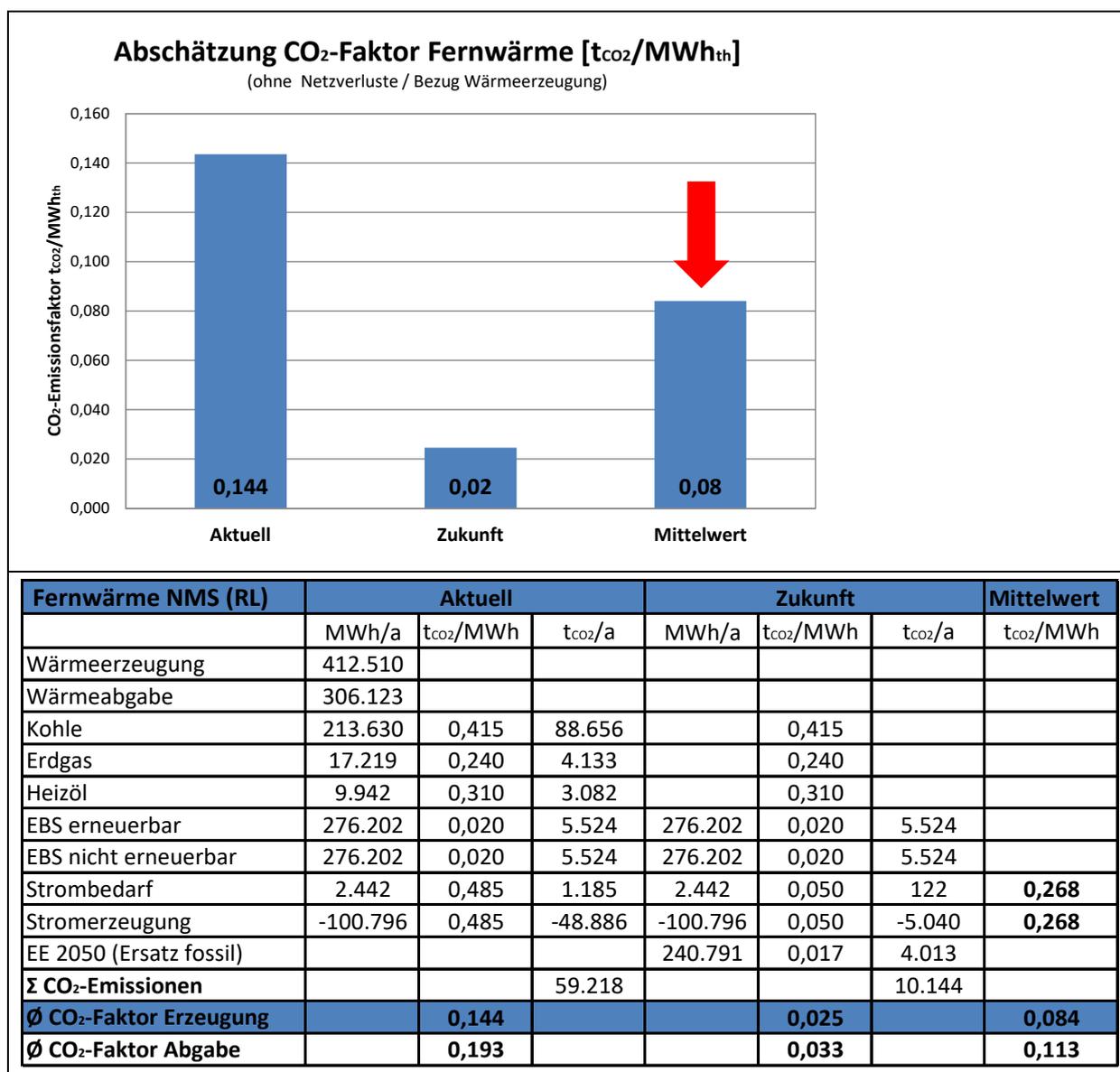


Abbildung 14: CO₂-Emissionsfaktoren Stadtwerke Neumünster mit verschiedenen Emissionsansätzen/ Energiemengen gemäß SWN 2018-2020 /

CO₂ Faktoren gemäß GEG bzw. Überschlagsrechnung oben:

Kohle: GEG Mittelwert Stein/Braunkohle / Erdgas: GEG / Heizöl: GEG / EBS: angelehnt an GEG (Wärme Siedlungsabfall) / Strom_{ØAktuell-Zukunft} = (0,485+0,050)/2 = 0,268 t_{CO2}/MWh / EE 2050 = Strom 2050/3 (Ansatz 300% Effizienz z.B. Großwärmepumpe)

Erzeugungsansatz gewählt, da Rücklaufnutzung geplant (Hauptverluste im vorgelagerten Netz entfallen), Quartiersnetzverluste werden zusätzlich in folgenden Berechnungen aufgenommen

- Die **Fernwärme Neumünster** wird insgesamt als **zukunftsfähiges System** angesehen. Grundvoraussetzung ist, dass langfristig ausreichend Ersatzbrennstoff zur Verfügung steht (nach Aussage SWN der Fall) und die Verbrennung gegenüber einem Recycling oder einer anderweitigen Verwertung sinnvoll ist. Die Pläne zur Tiefengeothermie, für Saisonalspeicher und zum Wärmepumpeneinsatz sind zukunftsweisende Ansätze in einem sich wandelnden Energiemarkt. Der CO₂-Kennwert wird trotzdem höher als bei einem Wärmepumpensystem eingeschätzt (s. Folgekapitel). Die Kosten dafür eher geringer.
- Viele **Bestandsgebäude in Neumünster** sind noch nicht an die Fernwärme angeschlossen. Eine Umstellung auf eine zukunftsfähige Wärmeversorgung mit Wärmepumpen ist oft eher schwierig, da der Dämmstandard und die installierten Wärmeübergaben (i.d.R. Heizkörper) einen effizienten Wärmepumpeneinsatz erschweren oder aufwendig machen (Dämmung und Vergrößerung Heizflächen erforderlich). Bei dem Neubaugebiet kann eine Wärmepumpenversorgung hingegen einfach realisiert werden. Da auch die Wärmemenge der Fernwärme trotz zukünftig abnehmendem Wärmebedarf vermutlich begrenzt ist, sollte geprüft werden, ob es sinnvoller ist Bestandsgebäude statt eines Neubaugebiets anzuschließen. Da die Wärmedichte i.d.R. höher ist, fallen Netzverluste auch weniger ins Gewicht. Mit Blick auf eine CO₂-Einsparung durch die Substitution eines Bestandsgaskessels könnte so in der Summe eine erhöhte Menge CO₂ eingespart werden.

7.4 Varianten der Wärmeversorgung

Folgend werden 4 auf die Zielstellung abgestimmte Wärmeversorgungsvarianten aufgestellt und verglichen. Nicht zukunftsfähige Varianten werden als Lösungsvariante nicht aufgenommen. Als Vergleichsgröße wird zusätzlich eine GEG-konforme Variante mit 50% Erdgaskessel und 50% Wärmepumpen sowie 15% höherem Wärmebedarf aufgestellt (Variante 5).

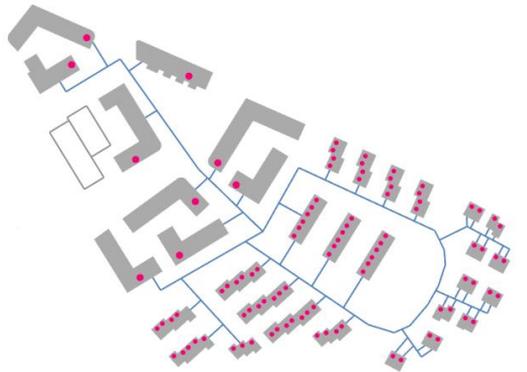
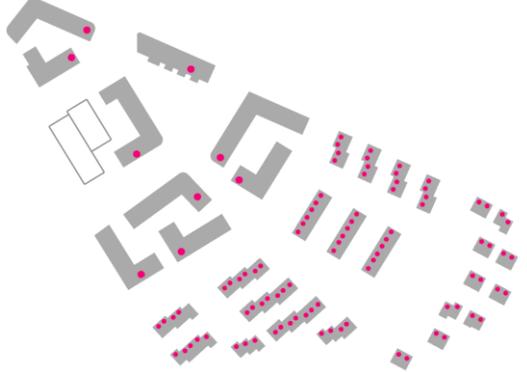
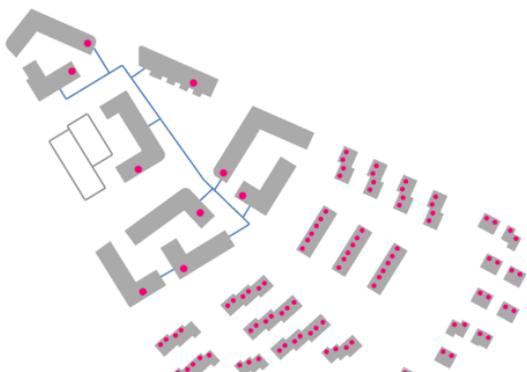
Variante/ Pikto	Systembeschreibung
<p>1. Kalte Nahwärme</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Dezentrale Wärmepumpen je Gebäude -Zentrale Erschließung der Wärmequellen (z.B.Erdreich, Abwasser, Wasser, Solar, Kombinationen) -Passive Kühlung oder Fernwärme ggf. als Regeneration -Kaltes Nahwärmenetz ohne Verluste -Betrieb, Realisierung und Regelung z.B. durch Stadtwerke. -Verschiebung Energiemengen bei schwankendem Stromangebot oder PV-Überschüssen nutzbar
<p>2: Dezentrale Wärmepumpen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Dezentrale Wärmepumpen je Gebäude -Erschließung Wärmequelle je WP gebäudenah (i.d.R. Erdreich, Luft, Solar) -Passive Kühlung bei Erdreich möglich -Erhöhte Nutzung PV-Strom bei eigener Anlage möglich
<p>3: Kalte Nahwärme MFH / Dezentrale WP RH+DH</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Mischvariante aus 1 und 2 -Einzeleigentümer RH + DH können Eigene Anlage realisieren (Mehr Selbstbestimmung) -Investoren für MFH schließen an zentrale kalte Nahwärme an
<p> Warmes Fernwärmnetz</p>	<p> Wärmepumpe</p>
<p> Kaltes Wärmequellennetz</p>	<p> Wärmepumpe + Erdgaskessel</p>

Abbildung 15: Übersicht und Systembeschreibung Varianten

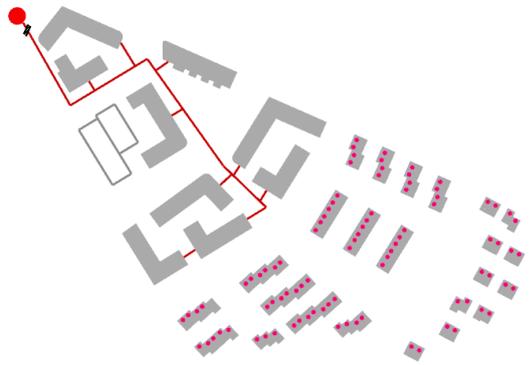
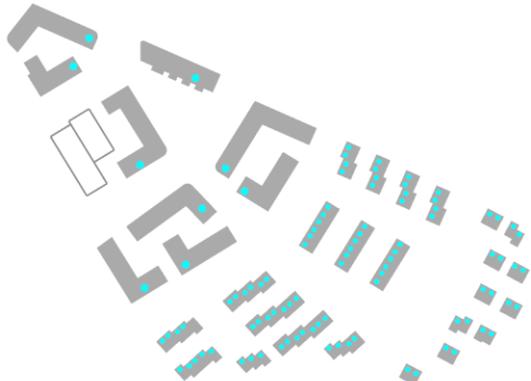
Variante/ Picto	Systembeschreibung
<p>4: Warme Nahwärme Rücklauf für MFH / Dezentrale Wärmepumpen RH +DH</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Fernwärmeanschluss für MFH mit Betrieb und Realisierung durch Stadtwerke -DH und RH dezentral mit Wärmepumpen versorgt (zu geringe Wärmedichte für Fernwärme) -Warmes Nahwärmenetz mit Verlusten (allerdings im Rahmen aufgrund erhöhter Wärmedichte MFH) -Rücklaufnutzung um vorgelagerte Netzverluste zu vermeiden
<p>5: GEG Standard dezentral (+15% Wärmebedarf) 50% Erdgas/ 50% Wärmepumpe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> -Theoretische Vergleichsvariante zur Ermittlung der Einsparung ggü. GEG -Erhöhter Wärmebedarf (GEG Standard statt EH 55) -Gasnetz und Abgasführung erforderlich -Erdgaskessel und Wärmepumpe in jedem Gebäude (Hybridsystem)
<p> Warmes Fernwärmenetz</p>	<p> Wärmepumpe</p>
<p> Kaltes Wärmequellennetz</p>	<p> Wärmepumpe + Erdgaskessel</p>

Abbildung 16: Übersicht und Systembeschreibung Varianten

7.5 Überschlagsrechnung CO₂-Emissionen

Eine der Hauptbewertungsgrößen für die Variantenbewertung ist der **Klimaschutz**. Zur Bewertung werden im Folgenden die Energieträgermengen und die resultierenden CO₂-Emissionen der Varianten grob überschlagen.

Für die CO₂-Emissionsfaktoren von Strom und Fernwärme werden die zuvor bestimmten Mittelwerte (ØAktuell-Zukunft) angesetzt. Folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Ansätzen und Ergebnissen der Berechnung:

		1. KNW	2. DZ-WP	3. KNW + DZ-WP	4.W-FW + DZ-WP	5.GEG WP+GAS
		Kalte Nahwärme	Dezentrale Wärmepumpen	Kalte Nahwärme + dezentrale Wärmepumpen	Warme Fernwärme + dezentrale Wärmepumpen	GEG dezentrale Wärmepumpen + Erdgaskessel
						
Abs. Wärme MFH+KITA	MWh/a	1.402	1.402	1.402	1.402	1.613
Abs. Wärme DH+RH	MWh/a	931	931	931	931	1.071
Effizienz WP MFH+KITA	%	450%	400%	450%		400%
Effizienz WP DH+RH	%	450%	400%	400%	400%	400%
Effizienz Gaskessel	%					90%
Effizienz FW (Netz)	%				85%	
Strom	MWh/a	519	583	544	233	335
Fernwärme	MWh/a	0	0	0	1.650	0
Gas	MWh/a	0	0	0		1.491
CO₂-Faktor Strom	t _{CO2} /MWh	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268
CO₂-Faktor Fernwärme	t _{CO2} /MWh	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084
CO₂-Faktor Erdgas	t _{CO2} /MWh	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
Σ CO₂-Emissionen Ø	t_{CO2}/a	139	156	146	201	448
Einsparung zu GEG	%	69%	65%	67%	55%	0%
Einsparung zu GEG	t _{CO2} /a	309	291	302	247	0
CO₂-Faktor Strom₂₀₅₀	t _{CO2} /MWh	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
CO₂-Faktor FW₂₀₅₀	t _{CO2} /MWh	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
CO₂-Faktor Erdgas₂₀₅₀	t _{CO2} /MWh	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
Σ CO₂-Emissionen₂₀₅₀	t_{CO2}/a	26	29	27	52	375
Einsparung zu GEG	%	93%	92%	93%	86%	0%
Einsparung zu GEG	t _{CO2} /a	422	418	420	395	73

Abbildung 17: Überschlagsrechnung Energiemengen und CO₂-Emissionen

-CO₂-Faktoren Erstbewertung: Ansatz der Mittelwerte aus aktuellem (2022) und Zukunftswert (2050), um Klimawirkung in der kommenden Betriebszeit abzubilden.

-CO₂-Faktoren Zweitbewertung: Ansatz der zukünftigen Emissionsfaktoren, um Klimawirkung in der Zukunft abzubilden und Langfristziel zu betrachten.

-Berechnungsansätze zu CO₂-Faktoren s. Abb. 14

-Berechnungsbeispiel V1:

$(1.402 \text{ MWh/a} + 931 \text{ MWh/a}) / 4,5 = 519 \text{ MWh/a}$ (Strom)

$519 \text{ MWh/a} \times 0,268 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{MWh} = 139 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$ (Ø CO₂-Emissionen 2022-2050)

$100\% - (139 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a} / 448 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}) = 69\%$ Einsparpotential CO₂Ø gegenüber Variante 5.GEG

$519 \text{ MWh/a} \times 0,050 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{MWh} = 26 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}$ (Ø CO₂-Emissionen 2022-2050)

$100\% - (26 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a} / 375 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{a}) = 93\%$ Einsparpotential CO₂2050 gegenüber Variante 5.GEG

- Die Varianten 1-3 weisen vergleichbare sehr geringe Energiemengen durch die hohe Wärmepumpeneffizienz auf. Allerdings handelt es sich um Strom und damit hochwertige Energie. Für die kalte Nahwärme wurde die geringste Energiemenge ermittelt. Es wurde angenommen, dass hier besonders effiziente Wärmequellen (z.B. Abwasser, Grundwasser, tiefe Erdsonden, PVT) eingesetzt werden und der professionelle Betrieb durch z.B. die Stadtwerke zu Vorteilen führt.
- Die Energiemenge der warmen Fernwärme ist durch die Verluste (überwiegend Netz) erhöht. Die dezentralen Wärmepumpen machen nur einen geringen Anteil der Energiemenge aus.
- Die Vergleichs-GEG Variante weist zusätzlich 15% Wärmebedarf durch einen geringeren Dämmstandard auf. Der Gasanteil ist mit Blick auf die Endenergiemengen der Hauptanteil.

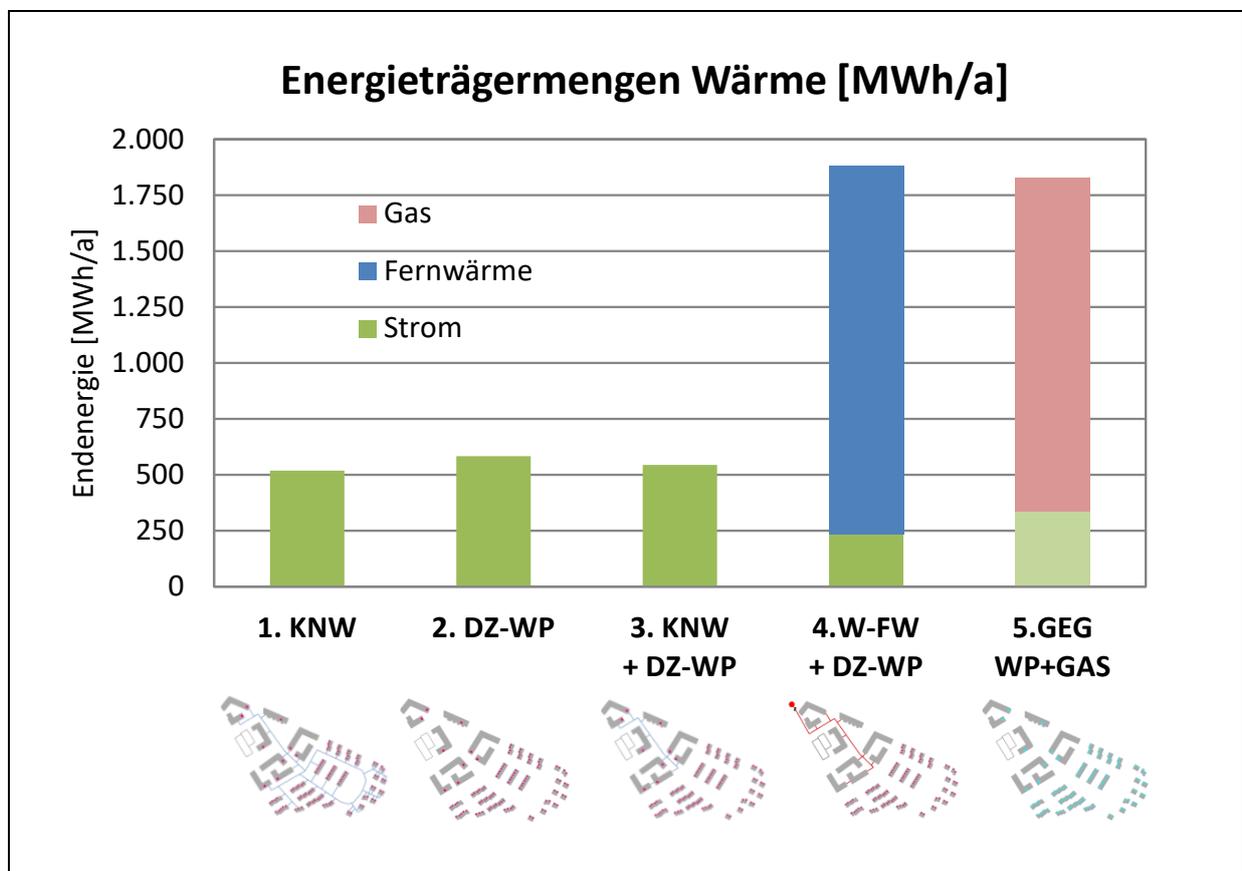
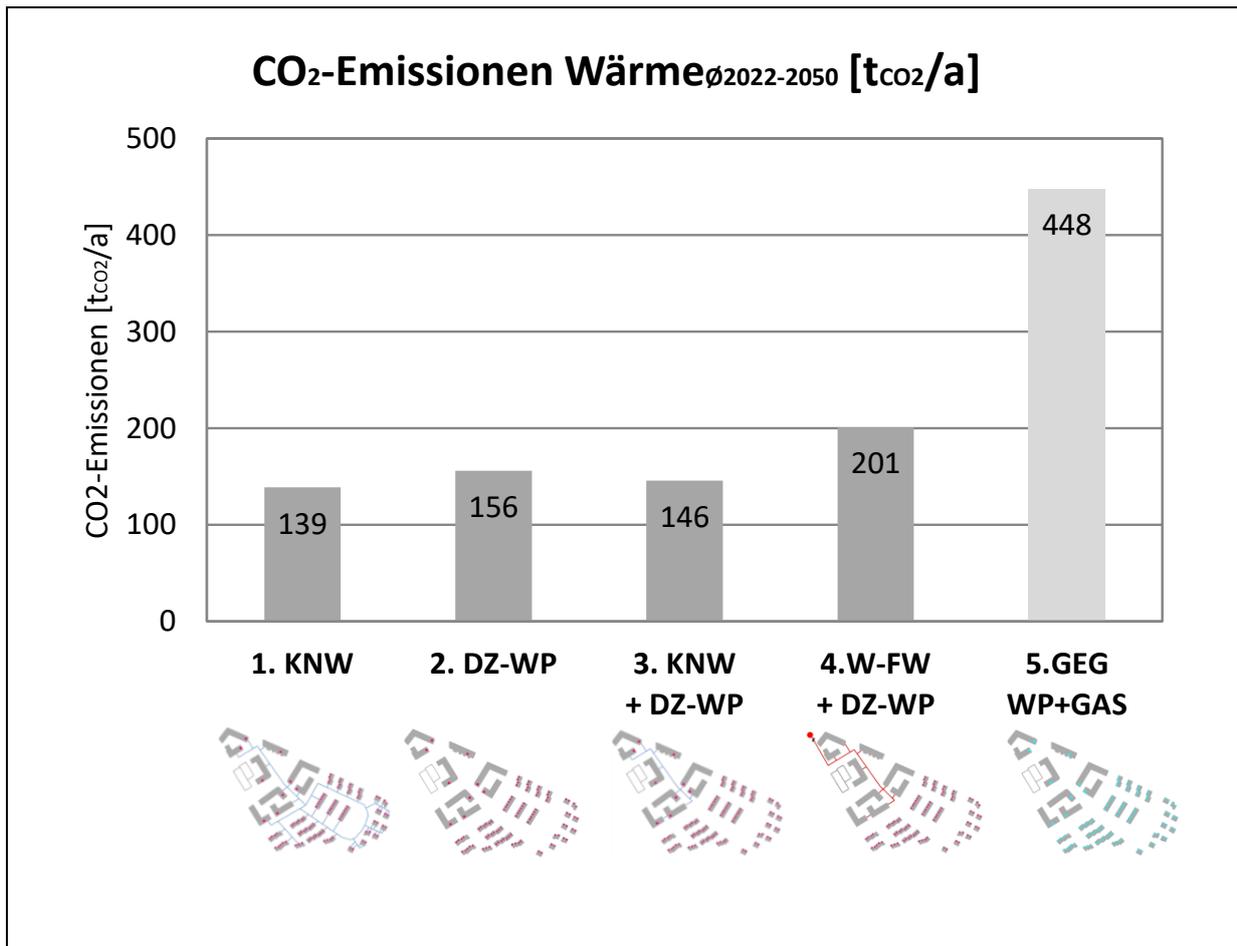


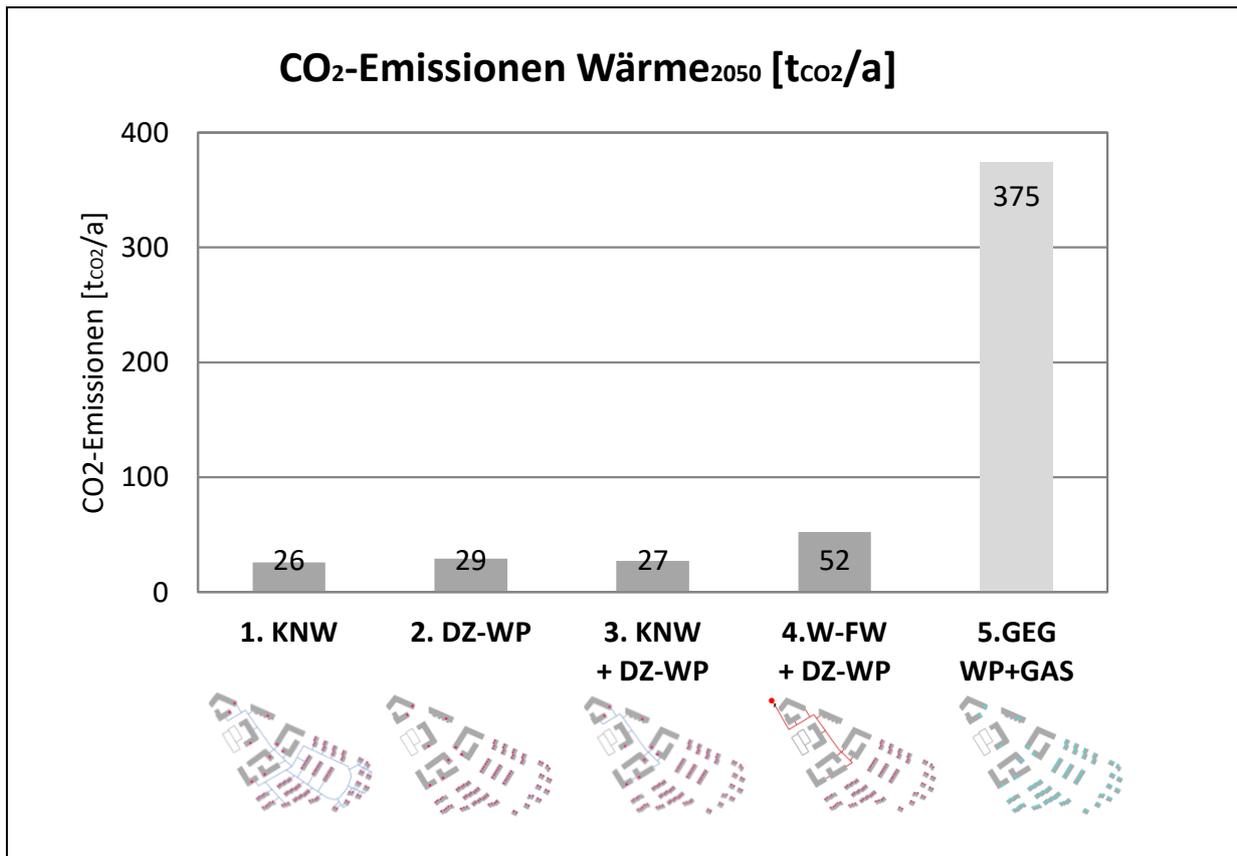
Abbildung 18: Variantenvergleich Energieträgermengen

Mittel Jahr 2022 bis 2050

Abbildung 19: Variantenvergleich CO₂-Emissionen Wärme (CO₂-Emissionsfaktoren als Mittelwerte 2022-2050)

- Beim Blick auf die CO₂-Emissionen, die aufgrund der vorherigen Faktorenbildung für Strom und Fernwärme einen Mittelwert für den Zeitraum 2022-2050 widerspiegeln, wird der zukünftige Vorteil von Wärmepumpensystemen deutlich. Die **Wärmepumpenvarianten** liegen entsprechend des Strombedarfs auf ähnlichem niedrigem Niveau. Gegenüber der GEG-Vergleichsvariante liegt das **Einsparpotential fast bei 65-69%** über den betrachteten Zeitraum.
- Die Variante 4 mit **wärmer Fernwärme** weist ein etwas reduziertes **CO₂-Einsparpotential von 55%** gegenüber der GEG-Variante auf. Hat aber trotzdem erhebliche Vorteile gegenüber dem Standard.

Jahr 2050

Abbildung 20: Variantenvergleich CO₂-Emissionen Wärme (CO₂-Emissionsfaktoren für 2050)

- Noch deutlicher wird der Vorteil der Vorzugsvarianten 1-4 gegenüber dem gesetzlichen Standard mit Blick auf den **Zeitpunkt 2050** (Ansatz Strom 2050 = 0,050 tCO₂/MWh_{Strom}, Ansatz Fernwärme 2050 = 0,025 tCO₂/MWh_{thermisch}). Dann liegt das **Einsparpotential** der reinen Wärmepumpenvarianten 1-3 bei **92-93%** und bei der Variante 4 mit Fernwärme und dezentralen Wärmepumpen bei **86 %**.
- Die **Varianten 1-4** werden alle als **zukunfts-fähig mit Blick auf den Klimaschutz** eingeordnet. Ein **leichter Vorteil** ist bei den **Wärmepumpenvarianten** zu sehen. Bei der kalten Nahwärme ist noch höhere Einsparung durch sehr effiziente Wärmequellen und eine netzdienliche Verschiebung von Energiemengen denkbar.

7.6 Nutzwertanalyse

Die Varianten werden folgend qualitativ mithilfe einer Nutzwertanalyse verglichen. Ziel ist es die Vor- und Nachteile der Systeme projektspezifisch einzuschätzen, mit Blick auf ausgewählte Kriterien zu bewerten, die Kriterien zu gewichten und eine gesamtheitliche Einordnung für die weitere Diskussion zu geben.

Kriterien

Folgende Kriterien werden für die Bewertung herangezogen. Die prozentuale Gewichtung und die Auswahl der Kriterien sind als Vorschlag zu verstehen.

- **Klimaschutz**
 - Bewertung der Energiemengen und der CO₂-Emissionen aus der Wärmebereitstellung
 - Bewertung der resultierenden CO₂-Emissionen im zukünftigen Betrieb
- **Umsetzbarkeit**
 - Bewertung der projektspezifische Umsetzbarkeit vor Ort (z.B. Umsetzung durch Stadtwerke, Nutzung Wärmequellen, Einfluss Eigentümerstruktur)
- **Wirtschaftlichkeit**
 - Vollkosten im Lebenszyklus (Erfahrungswerte)
 - Beachtung zukünftiger Entwicklungen (z.B. durch CO₂-Steuern)
 - Betrachtung aus Sicht der zukünftigen Bewohner
- **Zukunftsfähigkeit:**
 - Beachtung der zu erwartenden Entwicklungen am Energiemarkt der Zukunft
 - Beachtung der zukünftigen CO₂-Emissionen (2050)
 - Beachtung der Netzdienlichkeit in einem zukünftigen Stromsystem
- **Versorgungssicherheit**
 - Bewertung der Versorgungssicherheit mit Blick auf das Wärmeversorgungssystem und auf die Energieträger

Gewichtung

Die genannten Kriterien werden im ersten Schritt wie folgt gewichtet:

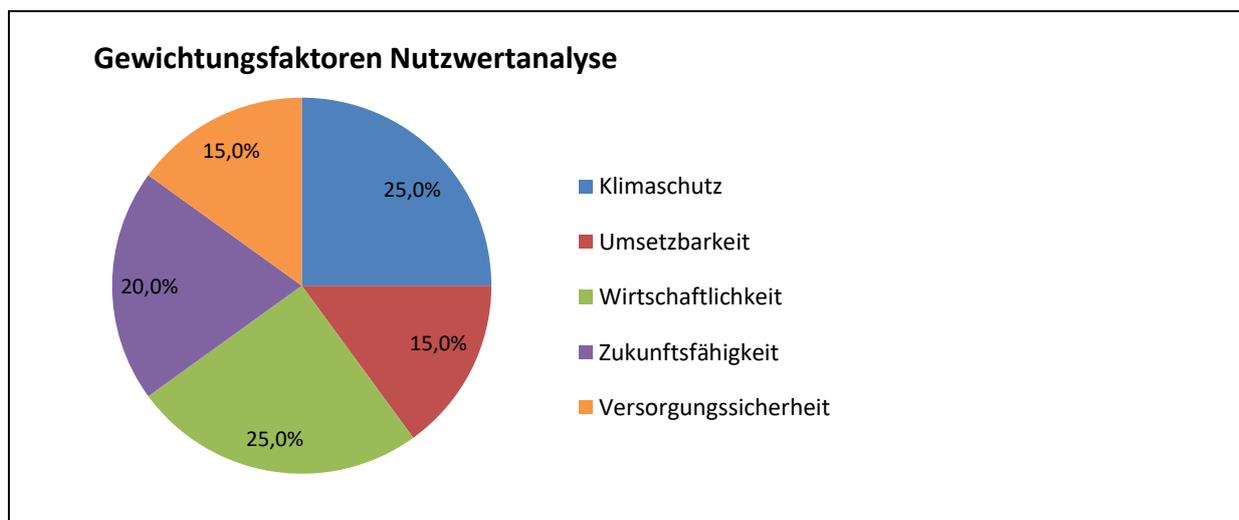


Abbildung 21: Vorschlag zur Gewichtung der Bewertungskriterien

Klimaschutz und die Wirtschaftlichkeit erhalten mit 25% die höchste Gewichtung und werden damit gleich gewichtet.

Erläuterung zur Punktevergabe

Die folgende Nutzwertanalyse ist als grobe Erstbewertung zu verstehen. 1 Punkt steht für eine sehr geringe Erfüllung des Kriteriums (schlecht), 4 Punkte stehen für eine sehr hohe Erfüllung des Kriteriums (gut).

Folgende Tabelle gibt einen groben Überblick zu den Überlegungen der Punktevergabe:

Klimaschutz		PKT
1-KNW Kalte Nahwärme	<ul style="list-style-type: none"> -CO₂ Emissionen sehr gering -Sehr hohe Effizienz durch Wärmequellenkombination möglich -Keine Netzverluste (Netz=Erdsollektor) -Passives Kühlen möglich -Zentrales Energiemanagement zur Netzstabilisierung möglich -Bei Betrieb von PV durch FW-Betreiber weitere Vorteile durch optimierte PV-Stromnutzung 	4,0
2-DZ-WP Dezentrale Wärmepumpen	<ul style="list-style-type: none"> -CO₂-Emissionen gering -Effizienz bei Erdsonden hoch, bei Luftwärmepumpen mittel -Passives Kühlen nur bei Erdsonden möglich -Umsetzungsqualität bei Privatumsetzung z.T. schwieriger (reale Effizienz häufig unter Planungswerten) 	3,0
3-KNW+DZ-WP Kalte Nahwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Mittlere Bewertung aus Variante 1 und 2 	3,5
4-W-FW+DZ-WP Warme Fernwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -CO₂-Emissionen gering bis mittel -Mittel- und langfristige Bewertung abhängig von Transformationsplan FW (Unsicherheit vorhanden) -Netzverluste durch Rücklaufnutzung deutlich reduziert -Bewertung dezentrale WP s. Variante 2 -Hochtemperaturwärme aus dem Fernwärmenetz im NMS-Bestand vermutlich besser einsetzbar (höheres CO₂-Einsparpotential) 	2,5
5-GEG WP + GAS Dezentrale Kombination aus Wärmepumpen und Gaskessel (Anteil Wärmearbeit 50%/ 50%)	<ul style="list-style-type: none"> -CO₂-Emissionen hoch -Wärmebedarf durch abgeminderten Dämmstandard erhöht -Erdgasanteil führt zu langfristig hohen Emissionen -Wärmepumpenanteil sinnvoll aber nicht ausreichend 	1,5

Abbildung 22: Überlegungen zur Punktevergabe Klimaschutz

DZ=Dezentral / WP=Wärmepumpe / MFH=Mehrfamilienhaus/ RH=Reihenhaus / DH=Doppelhaus

Umsetzbarkeit		PKT
1-KNW Kalte Nahwärme	<ul style="list-style-type: none"> -Durch möglichen Wärmequellenmix ausreichend Quellenpotential (sehr hohe Effizienz z.B. bei Grundwasser) -Netz kann mit anderen Tiefbauarbeiten erstellt werden -Einbindung PV Strom und ggf. Kraftwerkstrom Überschuss zentral denkbar -Relativ neues System mit erhöhtem Planungsaufwand 	2,5
2-DZ-WP Dezentrale Wärmepumpen	<ul style="list-style-type: none"> -Dezentral erschließbare Wärmequellen möglich -Quellenpotentiale müssen gebäudeweise geprüft und geplant werden (geringe Abstände RH/ DH). Ggf. versetzte Anordnung -Luftwärmepumpen gestalterisch einschränkend 	2,5
3-KNW+DZ-WP Kalte Nahwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Mittlere Bewertung aus Variante 1 und 2 	2,5
4-W-FW+DZ-WP Warme Fernwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Fernwärmeleitung in der Nähe vorhanden -Leistung vorhanden -Wärmedichte MFH ausreichend -Netz kann mit anderen Tiefbauarbeiten erstellt werden -Bewertung dezentrale WP s. Variante 2 	3,0
5-GEG WP + GAS Dezentrale Kombination aus Wärmepumpen und Gaskessel (Anteil Wärmearbeit 50%/ 50%)	Vergleichsvariante (kein Vorschlag) <ul style="list-style-type: none"> -Umsetzung theoretisch denkbar -Zusätzliches Gasnetz erforderlich 	2,5

Abbildung 23: Überlegungen zur Punktevergabe Umsetzbarkeit

DZ=Dezentral / WP=Wärmepumpe / MFH=Mehrfamilienhaus/ RH=Reihenhaus / DH=Doppelhaus

Wirtschaftlichkeit		PKT
1-KNW Kalte Nahwärme	<ul style="list-style-type: none"> -Investitionskosten hoch (Quellenerschließung, dezentrale WP + Speicher, kaltes Netz) -Energiekosten gering bis mittel (bei PV und Überschussstrom reduziert) -Betriebskosten mittel (WP wartungsarm, dafür dezentral + Energiemanagement) -Verlust Wohnfläche mittel (WP + Speicher) -Wärmeabnahmedichte unproblematisch (Netz=Quelle) -Chance Energiemanagement (Wärme / Kälte / Strom / PV) 	2,5
2-DZ-WP Dezentrale Wärmepumpen	<ul style="list-style-type: none"> -Investitionskosten hoch (WP + Quelle) -Energiekosten mittel (bei PV reduziert) -Betriebskosten gering (WP wartungsarm) -Verlust Wohnfläche mittel 	3,0
3-KNW+DZ-WP Kalte Nahwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Mittlere Bewertung aus Variante 1 und 2 	2,75
4-W-FW+DZ-WP Warme Fernwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Investitionskosten eher gering (Nahwärmenetz/ Übergabestationen) -Energiekosten zunächst gering (langfristige Energiekosten abhängig von Transformation, Annahme Erhöhung) -Verlust Wohnfläche minimal (Übergabestation) -Bewertung dezentrale WP s. Variante 2 	3,5
5-GEG WP + GAS Dezentrale Kombination aus Wärmepumpen und Gaskessel (Anteil Wärmearbeit 50%/ 50%)	<ul style="list-style-type: none"> -Investitionskosten eher hoch (doppeltes System) -Energiekosten hoch (Erdgassituation/ CO2-Steuer) -Verlust Wohnfläche mittel bis hoch -Betriebskosten mittel bis hoch (Wartung, Schornsteinfeger) -Flexibilität durch duale Energieträger 	2,0

Abbildung 24: Überlegungen zur Punktevergabe Wirtschaftlichkeit

DZ=Dezentral / WP=Wärmepumpe / MFH=Mehrfamilienhaus/ RH=Reihenhaus / DH=Doppelhaus

Zukunftsfähigkeit		PKT
1-KNW Kalte Nahwärme	<ul style="list-style-type: none"> -Aufgrund zukünftig grünem Strom ökologisch vorteilhaft -Netz-Dienlichkeit hoch (Verlagerung von Angebot und Nachfrage über zentral angesteuerte Speichersysteme im Quartier möglich) -Aufgrund hoher Effizienz reduzierte Winterspitze im Strombereich -Wirtschaftliche Entwicklungschancen bei optimierten zentralen Energiemanagement und flexiblen Strompreisen -Passive Kühlung zukünftig relevanter (Klimawandel) 	4,0
2-DZ-WP Dezentrale Wärmepumpen	<ul style="list-style-type: none"> -Aufgrund zukünftig grünem Strom ökologisch vorteilhaft -Langfristig sinnvoll betreibbares System -Netz-Dienlichkeit mittel. Durch dezentrale Speicherung und PV-Nutzung mit Lastenverschiebung ggf. etwas optimierbar 	3,0
3-KNW+DZ-WP Kalte Nahwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Mittlere Bewertung aus Variante 1 und 2 	3,5
4-W-FW+DZ-WP Warme Fernwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	<ul style="list-style-type: none"> -Zukunftsfähigkeit abhängig vom Transformationsplan (bislang noch nicht konkret bewertbar) -Zukünftiges Müllaufkommen und Emissionen aus EBS schwer bewertbar (ggf. CO₂-Abscheidung denkbar) -Hochtemperaturwärme aus dem Fernwärmenetz im Bestand ggf. besser einsetzbar (höheres CO₂-Einsparpotential) 	2,5
5-GEG WP + GAS Dezentrale Kombination aus Wärmepumpen und Gaskessel (Anteil Wärmearbeit 50%/ 50%)	<ul style="list-style-type: none"> -Erdgas als fossiler Energieträger nicht langfristig sinnvoll nutzbar (Klimaschutz, Knappheit, politische Abhängigkeit) -Umstellung auf Biogas/ H₂ denkbar aber aufgrund Knappheit nicht sinnvoll -Im nächsten Erneuerungszyklus auf alleinige WP-System umstellbar / Gasnetz dann überflüssig 	1,5

Abbildung 25: Überlegungen zur Punktevergabe Zukunftsfähigkeit

DZ=Dezentral / WP=Wärmepumpe / MFH=Mehrfamilienhaus/ RH=Reihenhaus / DH=Doppelhaus

Versorgungssicherheit		PKT
1-KNW Kalte Nahwärme	-Sehr hohe Betriebssicherheit durch professionellen Betrieb -Wärmepumpen i.d.R. zuverlässig -Strom zukünftig regenerativ / Abhängigkeiten gering	4,0
2-DZ-WP Dezentrale Wärmepumpen	-Etwas reduzierte Betriebssicherheit durch Eigenbetrieb -Wärmepumpen i.d.R. zuverlässig -Strom zukünftig regenerativ / Abhängigkeiten gering	3,0
3-KNW+DZ-WP Kalte Nahwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	-Mittlere Bewertung aus Variante 1 und 2	3,5
4-W-FW+DZ-WP Warme Fernwärme MFH/ Kita +Dezentrale Wärmepumpen RH/DH	-Hohe Betriebssicherheit durch professionellen Betrieb -Versorgungssicherheit der Energieträger je nach Transformationsplan eher hoch (Energieträgermix) -Müllaufkommen zukünftig abnehmend (Kreislaufwirtschaft)	3,5
5-GEG WP + GAS Dezentrale Kombination aus Wärmepumpen und Gaskessel (Anteil Wärmearbeit 50%/ 50%)	-Betriebssicherheit eher hoch (bivalentes System) -Abhängigkeit von Erdgas hoch (derzeit sehr unsichere Versorgungslage)	2,0

Abbildung 26: Überlegungen zur Punktevergabe Versorgungssicherheit
DZ=Dezentral / WP=Wärmepumpe / MFH=Mehrfamilienhaus/ RH=Reihenhaus / DH=Doppelhaus

Ergebnis Nutzwertanalyse

Gemäß dieser Ersteinschätzung ergibt sich als erste Diskussionsgrundlage folgendes Ergebnis:

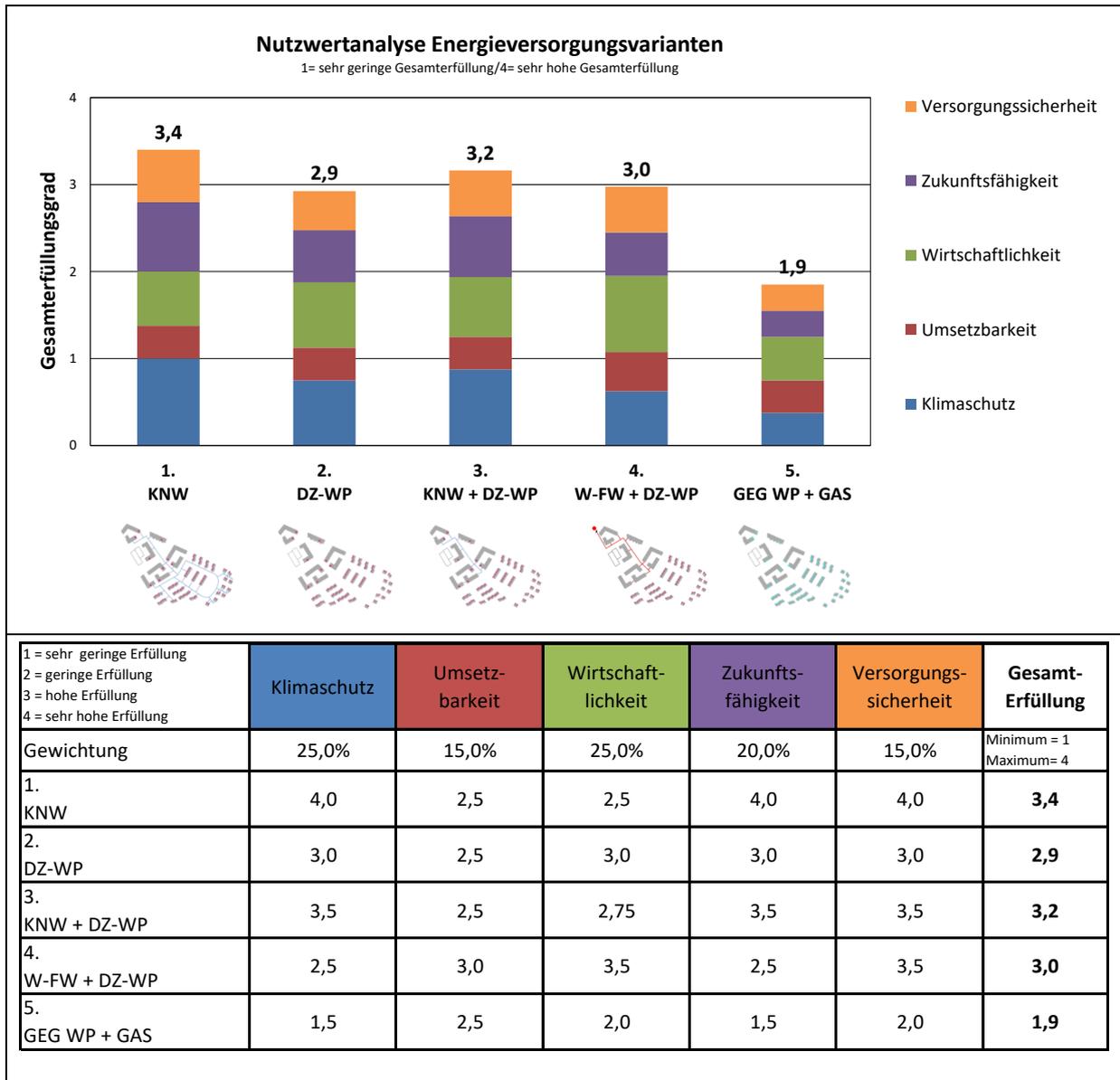


Abbildung 27: Ergebnis Nutzwertanalyse zur ganzheitlichen Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten KNW Kalte Nahwärme, DZ-WP Wärmepumpe dezentral, W-FW Warme Fernwärme, GEG WP + GAS Erfüllung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG): Wärmepumpenanteil 50% + Erdgaskessel 50%

Empfehlung

- Es gibt keine Variante, die alle Kriterien ideal abdeckt. Je nach Gewichtung und Bewertung der Kriterien verschiebt sich das Gesamtergebnis.
- Die vorgeschlagenen **Varianten 1-4 passen** grundsätzlich alle **zur Zielstellung**. Der Vergleich zur GEG-Standardvariante macht die gesamtheitlichen Vorteile der entwickelten Systeme gegenüber dem Standard deutlich.

- Mit der hier aufgeführten Gewichtung liegt ein **leichter Vorteil** bei den **kalten Nahwärmesystemen (Variante 1 und 3)**. Hier sind vor allem die hohe mögliche Effizienz und das Potential zur Netzstabilisierung durch intelligentes Energiemanagement hervorzuheben.
- Die Lösung mit **warmer Fernwärme** bei den MFH und dezentralen Wärmepumpen hat **Vorteile im wirtschaftlichen Bereich** also bei den Energiepreisen für die Bewohner. Bei höherer Gewichtung der Wirtschaftlichkeit ergäbe sich hier ein Vorteil.
- Für die Abwägung der Varianten sollte in Betracht gezogen werden, dass **zusätzliche Gebäude im Bestand** in anderen Stadtgebieten, die bisher fossil versorgt werden, vermutlich **einfacher an die warme Fernwärme** angeschlossen werden können. Im Rahmen der Transformationsplanung sollte daher geprüft werden, ob eine alternative Versorgung anderer Bestandsgebäuden mit Fernwärme aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoller ist als die Versorgung des neuen Scholtz-Quartiers.

8 Photovoltaik

8.1 Potenzialabschätzung

Allgemeine Hinweise

- Mit Blick auf die Zielsetzung ist eine **umfangreiche Belegung geeigneter Dachflächen mit PV-Modulen** zielführend.
- Bei Gründächern sind verschiedene Systeme denkbar. Teilweise wird die Auflast durch das Gründach selbst geleistet (s.u.). Solche Systeme sollten von Beginn an installiert werden, da eine Nachrüstung schwierig ist. Systeme mit zusätzlicher Auflast sind ggf. auch möglich.



Abbildung 28: Umsetzungsbeispiel PV auf Gründach (Quelle: bauder.de)

- Aus gestalterischer Sicht wäre eine möglichst gleichmäßige Gestaltung der PV-Flächen auf den Dächern wünschenswert (ggf. durch Umsetzungsmodell lenkbar.).
- Verschiedene **Umsetzungsmodelle** sind denkbar. Die Stadtwerke Tübingen haben verschiedene Modelle umgesetzt, die z.T. auch ohne zusätzliche Investition des Eigentümers funktionieren und eine Wahlfreiheit der Modelle ermöglichen. Mögliche Ansätze könnten sein:
 - Mieterstrommodelle (Betreiber baut PV-Anlage auf Quartiersdächern und versorgt Mieter mit vergünstigtem PV-Strom)

- Pacht Dachfläche (Betreiber pachtet Dachfläche von Gebäudeeigentümer)
 - Pacht PV-Anlage (Eigentümer pachtet PV-Anlage von Betreiber)
 - Kauf PV-Anlage von Betreiber (Eigentümer kauft PV-Anlage von Betreiber und nutzt Strom selbst, Vorteil einheitliche Module und Großabnehmerpreise)
 - Unabhängiger Kauf PV-Anlage: Eigentümer kauft und betreibt PV-Anlage in Eigenregie
- Alle genannten Ansätze sind als erste Ideen zu verstehen. Eine rechtliche und technische Prüfung der Machbarkeit ist erforderlich.
- Bei der Quartiersgarage könnte sowohl das **Dach** als auch eine geeignete **Südfassade** mit **PV** belegt werden. Auf nichtgeeigneten Fassaden wäre eine Fassadenbegrünung denkbar, die den Charakter des Quartiers unterstreichen würde.

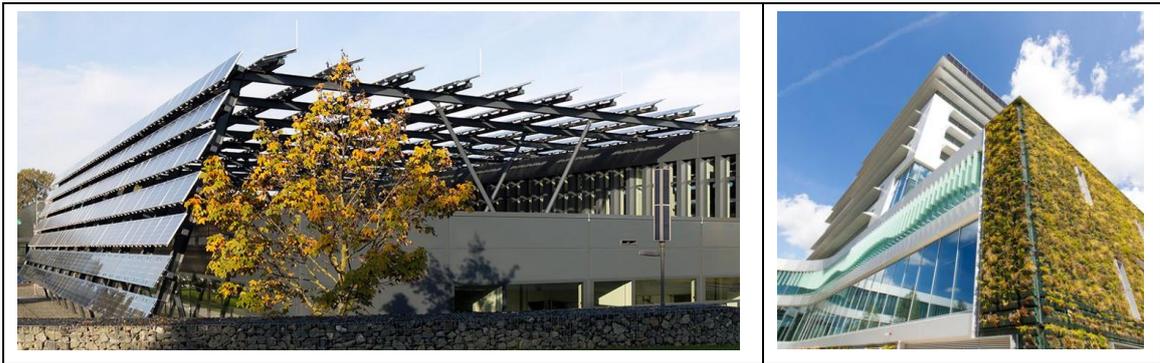


Abbildung 29: Umsetzungsbeispiel PV-Fassade und Dach (Quelle: hhs.ag) und begrünte Fassade (c2cvenlo.nl)

- Mit Blick auf die Wärmequellen für Wärmepumpensysteme sollte der (zusätzliche) Einsatz von **PVT-Modulen** geprüft werden.
- **Energiemanagement:** Bei einem zentralen Betreiber können Energiemengen netzdienlich und wirtschaftlich verschoben werden. Bei kalter Nahwärme können die PV- Erträge für die Wärme- und Kälteversorgung (mit Wasserspeichern), die E-Mobilität und Mieterstrom verwendet werden.

Überschlag PV

Folgend werden die Mengen regenerativen Stroms, die über PV erzeugt werden können, grob überschlagen. Es wird außerdem ein Vorschlag für eine Mindestbelegung der Dachflächen mit PV aufgestellt. Der Kennwert ist als Mindestgröße zur Begrenzung der erforderlichen Investition zu verstehen. Mit Blick auf den Klimaschutz und oft auch mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit ist eine Vollbelegung der Dachflächen, insbesondere bei Gründächern, bei denen eine spätere Erweiterung schwierig ist, zielführend.

Für Sondersituationen (Verschattung o.Ä.) sollten Ausnahmen möglich sein. Folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den gewählten Ansätzen:

		QG	MFH	KITA	RH	DH	Σ
Dachfläche	m ²	1.442	7.523	939	5.003	1.483	16.391
Belegung min	%	50%	40%	40%	30%	30%	
Belegung Ø	%	70%	60%	60%	50%	50%	
Effizienz PV-Module	m ² /kWp	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	
PV-Leistung min	kWp	150	547	68	273	81	1.119
Vorgabe PV min	kWP/m²_{dach}	0,10	0,07	0,07	0,05	0,05	
PV-Leistung Ø	kWp	209	821	102	455	135	1.722
PV-spez. Ertrag	kWh/kWpa	800	900	900	900	900	
PV-abs. Ø	MWh/a	168	739	92	409	121	1.529
CO ₂ -Faktor PV-Gutschrift	t _{co2} /MWh	0,268	0,268	0,268	0,268	0,268	
CO₂-Einsparung	t_{co2}/a	45	198	25	110	32	409

Abbildung 30: Ansätze zur Abschätzung der Mindestflächen PV und der angenommenen Durchschnittsflächen zur Prüfung der Erreichbarkeit der Klimaneutralität

Hinweis PV-Fläche QG: Bei der Quartiersgarage wurde davon ausgegangen, dass zusätzlich zur Dachfläche von 1442 m² eine Südfassade mit 204 m² für PV genutzt und mit PV-Paneeelen belegt werden kann (s. auch Bilder oben).

Es wird davon ausgegangen, dass im Durchschnitt deutlich mehr als die Mindestflächen mit PV belegt werden und so in der Summe **1.529 MWh/a regenerativer Strom** über die PV-Anlagen produziert werden können.

Die prozentualen Flächenansätze basieren auf Erfahrungswerten. Anhand der PV-Flächenanalyse (Kapitel 4.2) wurde die Machbarkeit der Ansätze überprüft.

Es werden effiziente Kollektoren zugrunde gelegt (5,5 m²/kWp).

Für die CO₂-Gutschrift wird mit dem zuvor ermittelten mittleren CO₂-Faktor für Strom gerechnet (Ø2022-2050).

8.2 Plusenergie

Folgende Abbildung zeigt die Bilanz der jährlichen Endenergiemengen, die für die Wärmeerzeugung (auch Wärmepumpenstrom) und allgemeinen Haushaltsstrom benötigt werden. Zusätzlich wird die produzierte PV-Strommenge aufgeführt (gelb).

Die Berechnung dieser Werte wurde in den vorangegangenen Kapiteln erläutert.

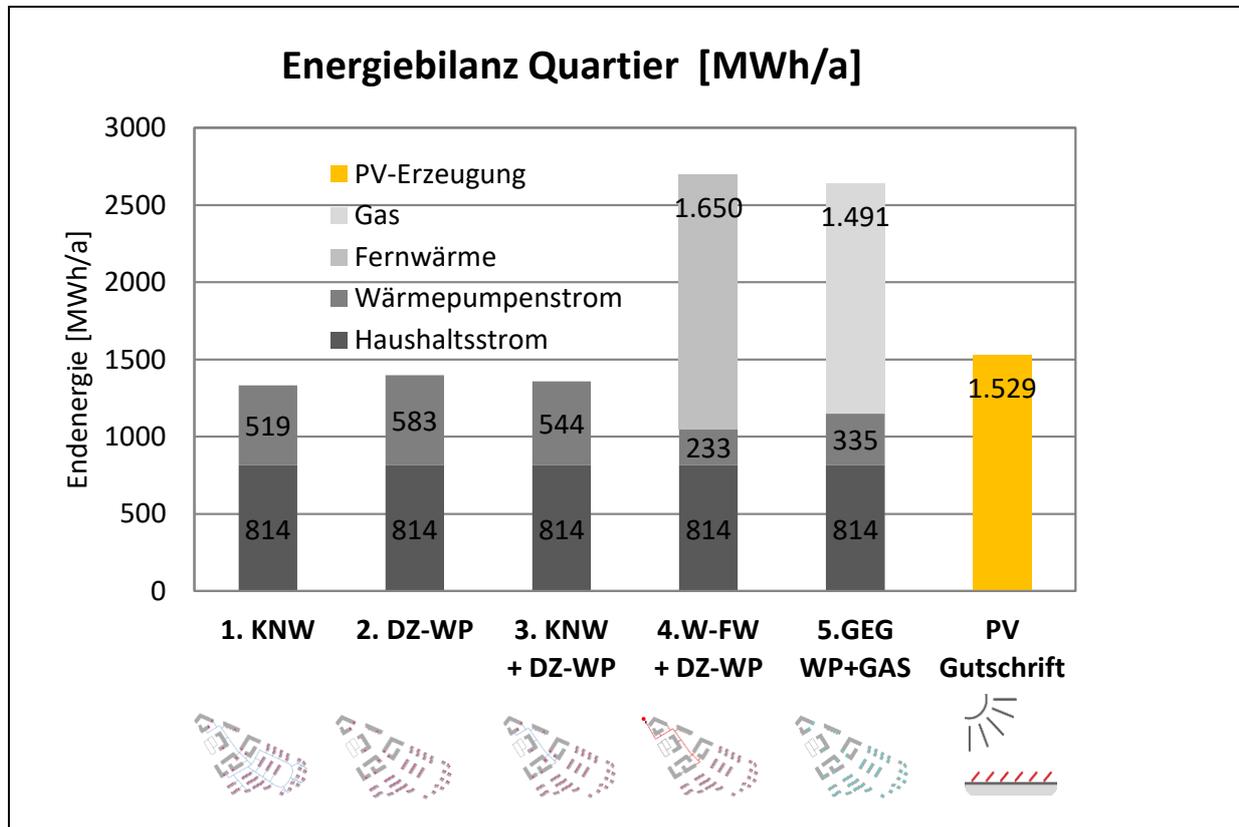


Abbildung 31: Bilanzierung jährlicher Energiemengen

Für die **Varianten 1-3** wird durch die PV-Erzeugung ein **Plusenergiequartier** erreicht. Der Energiebedarf der Varianten 4 und 5 ist aufgrund der geringeren Effizienz bei der Wärmebereitstellung hingegen deutlich höher als die PV-Energiemenge.

8.3 Klimaneutralität

Folgende Abbildung zeigt die Bilanz der jährlichen CO₂-Mengen für Wärme, sonstigen Strom und die PV-Gutschrift entsprechend der zuvor beschriebenen Berechnungen im Vergleich.

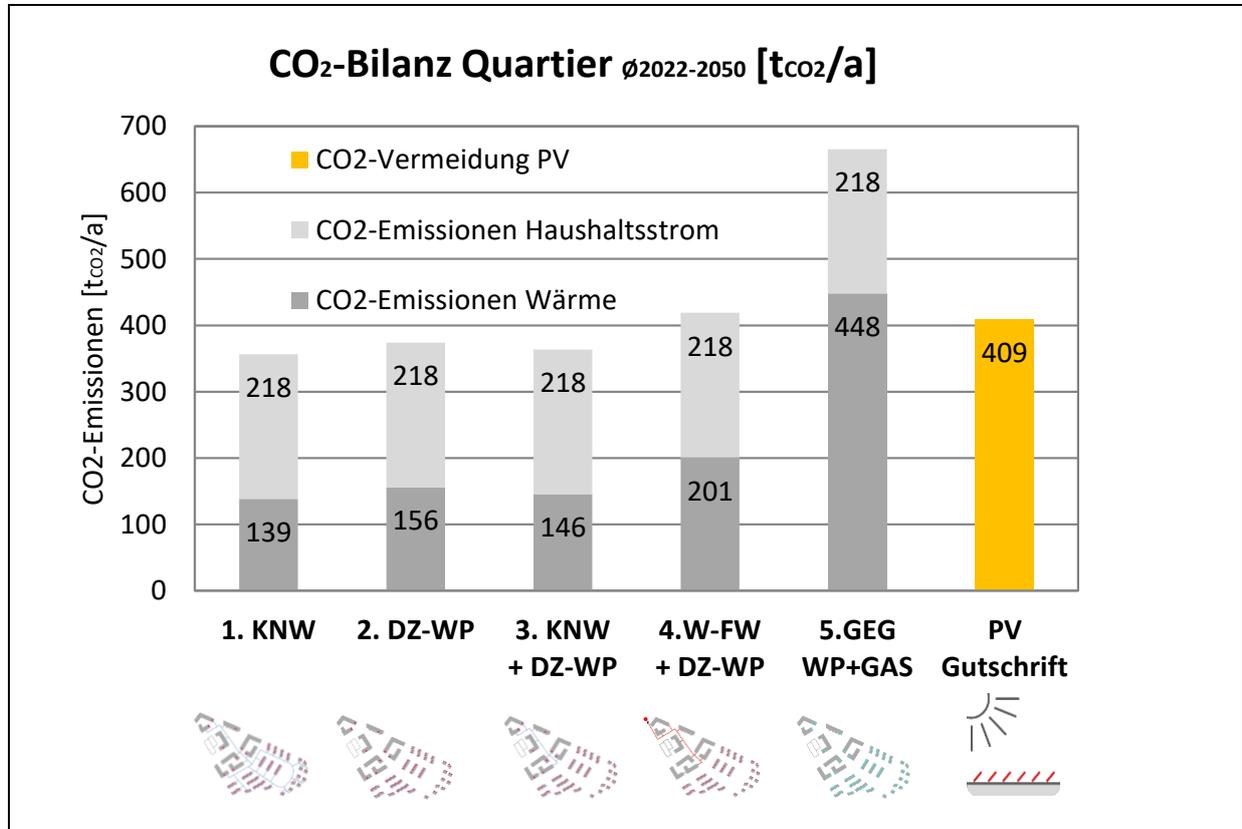


Abbildung 32: Zusammenstellung jährlicher CO₂-Emissionen und Gutschrift für PV Strom und Fernwärme mit Mittelwerten CO₂ 2022-2050 berechnet

Klimaneutralität wird bei den Wärmepumpenvarianten 1-3 im Jahresmittel erreicht. Bei Variante 4 mit warmer Fernwärme wird hingegen etwas mehr CO₂ emittiert als erzeugt. Gegenüber der GEG Variante ist das Einsparpotential aber auch hier erheblich.

9 Ansätze für Grundstückskaufverträge

Folgend werden mögliche Ansätze für die Vorgaben in den Grundstückskaufverträgen entsprechend der vorherigen Überlegungen zusammengestellt. Hinweis: Die Vorschläge sind mit dem Fortschritt der Planung zu prüfen und ggf. anzupassen.

9.1 Wohnungsbau

- **Primärenergie** mind. **Effizienzhaus 40**
- **Dämmstandard** mind. **Effizienzhaus 55**
- Der oben genannte Standard wird definiert durch die Richtlinien der Bundesförderung effiziente Gebäude, gültig ab dem 01.07.2021, in Verbindung mit den dazugehörigen Merkblättern.
- Bei Wärmepumpensystemen (kalte Nahwärme oder dezentral) **Jahresarbeitszahl $\geq 4,5$** gemäß VDI 4650 (z.B. über JAZ-Rechner des Bundesverband Wärmepumpe e.V.: <https://www.waermepumpe.de/jazrechner/>)
- **Vorlauftemperaturen** Heizung $\leq 35^{\circ}\text{C}$. Falls ein übergeordnetes Nahwärmesystem zur Verfügung steht, ist das Gebäude anzuschließen.
- **PV Mindestflächen** (Bezug mit Gebäuden überbaute Grundfläche)
 - MFH mind. $0,07 \text{ kW}_p/\text{m}^2$
 - RH mind. $0,05 \text{ kW}_p/\text{m}^2$
 - DH mind. $0,05 \text{ kW}_p/\text{m}^2$
- In begründeten Fällen (wie einer baulichen Verschattung) sind Ausnahmen möglich.

9.2 Nicht-Wohnungsbau

- **Primärenergie und Dämmstandard** mind. **Effizienzgebäude 40**
- Der oben genannte Standard wird definiert durch die Richtlinien der Bundesförderung effiziente Gebäude, gültig ab dem 01.07.2021, in Verbindung mit den dazugehörigen Merkblättern.
- Bei Wärmepumpensystemen (kalte Nahwärme oder dezentral) **Jahresarbeitszahl $\geq 4,5$** gemäß VDI 4650 (z.B. über JAZ-Rechner des Bundesverband Wärmepumpe e.V.: <https://www.waermepumpe.de/jazrechner/>)
- **Vorlauftemperaturen** Heizung $\leq 35^{\circ}\text{C}$. Falls ein übergeordnetes Nahwärmesystem zur Verfügung steht, ist das Gebäude anzuschließen.
- **PV Mindestflächen** (Bezug mit Gebäuden überbaute Grundfläche)
 - z.B. KITA mind. $0,07 \text{ kW}_p/\text{m}^2$
 - QG: mind. $0,10 \text{ kW}_p/\text{m}^2$
- In begründeten Fällen (wie einer baulichen Verschattung) sind Ausnahmen möglich.

10 Abkürzungsverzeichnis

BGF	Bruttogrundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
DH	Doppelhaus
DZ	Dezentral
EBS	Ersatzbrennstoff
EE	Erneuerbare Energien
EFH	Einfamilienhaus
EH	Effizienzhaus
GEG	Gebäudeenergiegesetz
JAZ	Jahresarbeitszahl
KI	KITA
KNW	Kalte Nahwärme
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaik mit kombinierten thermischen Kollektor
QG	Quartiersgarage
SH	Schleswig-Holstein
UBA	Umweltbundesamt
W-FW	Warme Fernwärme
WP	Wärmepumpe
WW	Warmwasser