

# MACHBARKEITSSTUDIE

## ENERGIE- UND WÄRMEVERSORGUNG

Klimafreundliches Neubauquartier  
Nottuln Niederstockumer Weg



Erstellt im Auftrag von: NRW.URBAN



Für: Gemeinde Nottuln





## INHALT

<b>1. Zielbild</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Bedarfsanalyse</b> .....	<b>2</b>
2.1. Strombedarf .....	4
2.2. Wärmebedarf und Wärmeleistung .....	5
<b>3. Stromversorgung</b> .....	<b>6</b>
3.1. Photovoltaik-Potential.....	6
3.2. Netzanschluss und Mieterstrom .....	8
3.2.1. Arealnetz.....	8
3.2.2. Mieterstrom .....	9
3.3. Empfehlung für das Quartier .....	10
<b>4. Wärmeversorgung</b> .....	<b>12</b>
4.1. Wärmequellen .....	12
4.1.1. Abwärme .....	12
4.1.2. Biomasse .....	13
4.1.3. Solarenergie.....	13
4.1.4. Umweltwärme .....	13
4.2. Bewertung der Wärmequellen für das Quartier.....	15
4.3. Exkurs: Wärmepumpen als Wärmeerzeuger .....	16
4.4. Wärmeversorgungssysteme.....	17
4.4.1. Kalte Nahwärme.....	18
4.4.2. Mittelwarme Nahwärme.....	19
4.4.3. Dezentrale Einzel-Luft-Wärmepumpen.....	19
4.5. Geothermische Eignung des Plangebiets.....	20
4.6. Versorgungsvarianten für das Quartier Niederstockumer Weg .....	23
4.7. Bundesförderung für effiziente Wärmenetze .....	25
4.8. Kostenvergleich der Wärmeversorgungsvarianten .....	27
4.9. Gegenüberstellung der Betrachtungsvarianten.....	29
4.10. Variabilität zentraler Versorgungssysteme .....	31
<b>5. Betreibermodell</b> .....	<b>32</b>
<b>6. Sektorenkopplung</b> .....	<b>34</b>
6.1. Strom und Wärme .....	34
6.2. Strom und Mobilität .....	36
6.3. Energiegarage.....	37
<b>7. Anschluss- und Benutzungszwang</b> .....	<b>38</b>
<b>8. Resümee</b> .....	<b>40</b>

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Plangebiet und Nutzungskonzept Niederstockumer Weg.....	1
Abbildung 2: Städtebaulicher Entwurf Niederstockumer Weg, NRW.URBAN .....	2
Abbildung 3: Beispielhafte Südausrichtung (oben) und Ost-West Ausrichtung (unten).....	7
Abbildung 4: Einfluss der Ausrichtung von PV-Anlagen auf den Ertrag .....	7
Abbildung 5: Modelldarstellung eines Arealnetzes.....	9
Abbildung 6: Basismodell zur Mieterstromlieferung des Anlagenbetreibers .....	10
Abbildung 7: Darstellung verschiedener Umweltwärmequellen (überarbeitete Darstellung)..	14
Abbildung 8: Funktionsschema eines Wärmepumpensystems .....	16
Abbildung 9: Vergleich der Wärmepumpensysteme in Bezug auf ihre JAZ.....	17
Abbildung 10: Wärmesystem und Netzaufbau bei kalter Nahwärme.....	18
Abbildung 11: Wärmesystem und Netzaufbau bei mittelwarmer Nahwärme .....	19
Abbildung 12: Beispielhafte Aufstellung von Außeneinheiten bei einem Reihenhaus .....	20
Abbildung 13: Geothermal Response Test im Rahmen eines Projektes im Kreis Wesel.....	20
Abbildung 14: Wärmeentzugsleistung von Erdwärmekollektoren.....	21
Abbildung 15: Wärmeleitfähigkeit Erdwärmesonden 40 m Tiefe (links) und 60 - 100 m Tiefe (rechts).....	21
Abbildung 16: Gefährdungspotentiale des Untergrundes.....	22
Abbildung 17: Ausschnitt des Blattes 4010 - Nottuln, der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen .....	22
Abbildung 18: Sonden- und Verteilnetzsystem bei der Umsetzung eines Nahwärmenetzes.	24
Abbildung 19: Modularer Aufbau der BEW und die individuellen Umsetzungszeiträume .....	26
Abbildung 20: Vollkostenvergleich in Bezug auf die Versorgungsvarianten für ein EFH .....	28
Abbildung 21: Vollkostenvergleich in Bezug auf die Versorgungsvarianten für eine WE im MFH .....	28
Abbildung 22: Vollkostenvergleich in Bezug auf die Versorgungsvarianten für das Gesamtquartier .....	28
Abbildung 23: Schematische Darstellung des Versorgermodells .....	32
Abbildung 24: Schematische Darstellung der Versorgungsgesellschaft (ÖPP).....	32
Abbildung 25: Schematische Darstellung des Contracting-Modells .....	33
Abbildung 26: Eigentumsverhältnisse mittelwarmes Nahwärmenetz .....	35
Abbildung 27: Eigentumsverhältnisse kaltes Nahwärmenetz .....	36
Abbildung 28: Prognose Entwicklung Elektroautos bis 2030 in Deutschland .....	36

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vorgaben zur Flächenermittlung innerhalb des Baugebiets .....	3
Tabelle 2: Rahmenbedingungen Gebäude, Wohnfläche und Wohneinheiten .....	3
Tabelle 3: Jährlicher Strombedarf je Gebäudetyp im Quartier .....	4
Tabelle 4: Jährlicher Wärmebedarf und Wärmeleistung nach Gebäudetyp.....	5
Tabelle 5: Zur Verfügung stehende Netto-Dachfläche und PV-Potential für das Quartier .....	8
Tabelle 6: Beurteilung von Wärmequellen zur Wärmeerzeugung im Quartier .....	15
Tabelle 7: Ergebnisse der Flächenbedarfsabschätzung für Erdkollektoren und Erdsonden im Quartier .....	23
Tabelle 8: Beispielrechnung zur Bestimmung der Förderhöhe eines Projektes .....	27
Tabelle 9: Vergleich der Betreibermodelle .....	33
Tabelle 10: Bilanzieller Eigenversorgungsgrad bei Süd- bzw. Ost-West Ausrichtung der PV-Anlagen .....	34
Tabelle 11: Allgemeingültige Berechnungsannahmen .....	41
Tabelle 12: Annahmen für die Variantenbetrachtung .....	41

# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

## Allgemein

BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GD NRW	Geologischer Dienst NRW
JAZ	Jahresarbeitszahl
PV	Photovoltaik

## Hochbau

EH-40	Effizienzhaus-40
EFH	Einfamilienhaus
DH	Doppelhäuser
KiTa	Kindertagesstätte
MFH	Mehrfamilienhaus
RH	Reihenhäuser
WE	Wohneinheit

## Physikalische Größen

kW	Kilowatt (Leistung)
kWh	Kilowattstunde (Arbeit)
kW <sub>p</sub>	Kilowatt Peak (Installierte Leistung)
W/m	Watt je Meter
W/m <sup>2</sup>	Watt je Quadratmeter
W/(m·K)	Watt je Meter und Kelvin

## Rechtliche Grundlagen

BauGB	Baugesetzbuch
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

## 1. ZIELBILD

Die Gemeinde Nottuln möchte zur weiteren wohnbaulichen Entwicklung des Gemeindegebietes die planungsrechtlichen Voraussetzungen zur Realisierung des Wohngebiets „Niederstockumer Weg“ schaffen. Im Rahmen des Landesprogramms „Kooperative Baulandentwicklung“ wurde nun der Aufstellungsbeschluss zum Bebauungsplan Nr. 161 gefasst.

Auf einer Fläche von 5,1 Hektar soll ein Wohngebiet mit circa 200 Wohneinheiten entstehen. Die Gebäude werden voraussichtlich im Effizienzhaus-40 Standard<sup>1</sup> errichtet werden. Eine Kindertagesstätte ist ebenfalls vorgesehen. Gebäude im EH-40 Standard benötigen im Vergleich zu einem Referenzgebäude nach Gebäudeenergiegesetz nur 40 Prozent der Primärenergie. Darüber hinaus liegt der Transmissionswärmeverlust<sup>2</sup> bei nur 55 Prozent. Somit ist der bauliche Wärmeschutz insgesamt um 45 Prozent besser als der des Referenzgebäudes nach GEG.

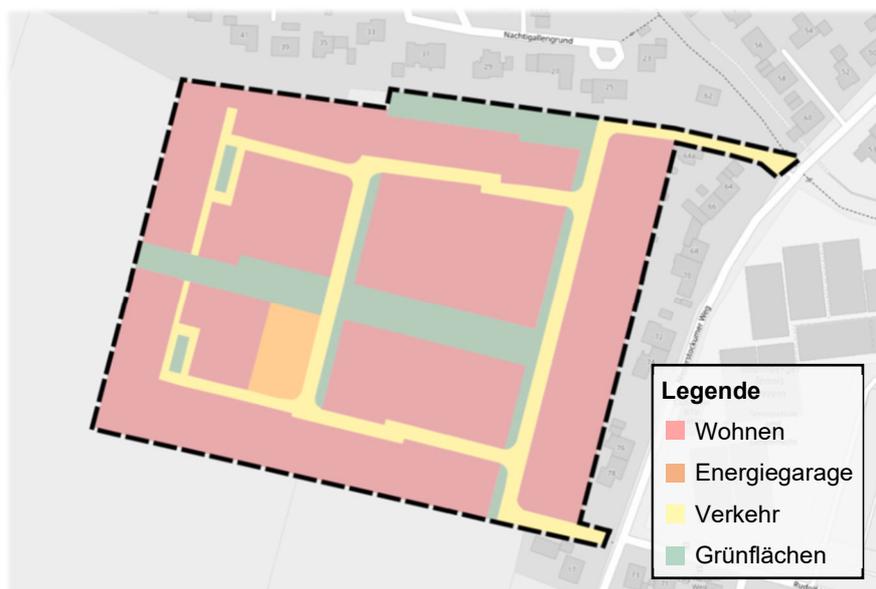


Abbildung 1: Plangebiet und Nutzungskonzept Niederstockumer Weg

Im Vordergrund dieser Studie steht die Erarbeitung potenzieller regenerativer Wärme- und Energieversorgungslösungen unter Betrachtung ihrer Effizienz, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit, um das Gebiet möglichst energieautark zu versorgen. Es werden Hinweise und Empfehlungen gegeben, damit das Potential vor Ort gänzlich ausgeschöpft werden kann.

<sup>1</sup> Oder vergleichbarer Baustandard

<sup>2</sup> Wärmeverluste eines Gebäudes über Dach, Wände, Türen und Fenster

## 2. BEDARFSANALYSE

Der vorliegende städtebauliche Entwurf dient im Rahmen der Machbarkeitsstudie mit der dargestellten Nutzungsstruktur und den zugeordneten Bautypologien als Grundlage für die Ermittlung des Wärme- und Strombedarfs im Quartier.

Innerhalb des Quartiers sollen ca. 80 Wohngebäude in einem Mix aus Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern sowie Geschosswohnungsbau entstehen. Weiterhin ist im südöstlichen Teilgebiet des Quartiers der Bau einer Kindertagesstätte geplant. Im Zentrum des Gebietes sind multifunktionale Grünflächen vorgesehen, die als Retentions- und Spielfläche genutzt werden sollen. Hier können sich gegebenenfalls Synergieeffekte durch die zusätzliche Nutzung als Standort für Wärmeerzeugungsanlagen ergeben. Der städtebauliche Entwurf sieht außerdem eine Energiegarage vor, die als Technikzentrale für die Wärme- und Stromversorgung sowie zur Unterbringung des ruhenden Verkehrs dienen sollen.



Abbildung 2: Städtebaulicher Entwurf Niederstockumer Weg, NRW.URBAN (Stand: 08.11.2023)

Zur Kalkulation der nutzbaren und zu beheizenden Wohnfläche wurde von Seiten des Auftraggebers die in Tabelle 1 dargestellte Datengrundlage zur Verfügung gestellt.

Diese beinhaltet Vorgaben bezüglich der Grundstücksflächen, der Grundflächenzahl (GRZ), der Zahl der Vollgeschosse, der Brutto-Grundfläche (BGF) und der Wohnfläche je Gebäudenutztyp. Für die Berechnung der Wohnfläche wird vorausgesetzt, dass 30 Prozent der BGF für Nebenflächen benötigt wird.

Gebäudetyp	Fläche [m <sup>2</sup> ]	GRZ	Geschosse	BGF [m <sup>2</sup> ]	Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]
Einfamilienhausbebauung	15.415	0,3	2	9.249	6.474
Reihenhausbebauung	6.168	0,4	2	4.934	3.454
Geschosswohnungsbau	12.218	0,4	3	14.662	10.263
<b>Summe</b>	<b>33.801</b>	-	-	<b>28.845</b>	<b>20.192</b>
Kindergarten	2.607	0,3 <sup>3</sup>	2 <sup>4</sup>	1.564	1.095
<b>Summe</b>	<b>36.408</b>	-	-	<b>30.409</b>	<b>21.287</b>

Tabelle 1: Vorgaben zur Flächenermittlung innerhalb des Baugebiets

Die Wohnfläche beläuft sich inklusive der Fläche des Kindergartens auf insgesamt 21.287 m<sup>2</sup>. Sie verteilt sich auf 9.928 m<sup>2</sup> durch die Einfamilienhaus- und Reihenhausbebauung, 10.263 m<sup>2</sup> durch die Mehrfamilienhäuser und 1.095 m<sup>2</sup> durch die Kindertagesstätte.

Um eine gebäudescharfe Darstellung der Wohnflächen aufgeteilt in Einfamilienhäuser (EFH), Doppelhäuser (DH), Reihenhäuser (RH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) zu erhalten, wird die Wohnfläche je Gebäude ermittelt. Die Ergebnisse sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Gebäudetyp	Gebäudeanzahl	Wohneinheiten je Gebäude	Wohnfläche je Gebäude [m <sup>2</sup> ]
EFH	22	1	161,86
DHH	18	1	161,86
RH	29	1	119,11
MFH	12	12,22 <sup>5</sup>	855,25 (70 m <sup>2</sup> pro WE)
<b>Summe (gerundet)</b>	<b>81</b>	<b>216</b>	<b>20.192</b>
Kita	1	1	1.095
<b>Quartier gesamt</b>	<b>82</b>	<b>217</b>	<b>21.287</b>

Tabelle 2: Rahmenbedingungen Gebäude, Wohnfläche und Wohneinheiten

<sup>3</sup> Annahme Grundflächenzahl Kindertagesstätte = 0,3

<sup>4</sup> Annahme Zahl der Vollgeschosse Kindertagesstätte = 2

<sup>5</sup> Errechneter Durchschnittswert (gerundet)

## 2.1. Strombedarf

Der Strombedarf ist von mehreren Faktoren und nicht zuletzt vom individuellen Verbrauchsverhalten abhängig. Zugängliche Durchschnittswerte basieren auf Verbrauchsdaten privater Haushalte. In Deutschland verbraucht ein 2-Personen Haushalt in einem Mehrfamilienhaus durchschnittlich 2.000 kWh pro Jahr bzw. 3.000 kWh im Einfamilienhaus.

Für die nachfolgende Berechnung wurde für die Einfamilienhäuser eine durchschnittliche Belegung mit 4 Personen, für die Doppelhäuser 3,5 Personen, Reihenhäuser 3 Personen und für die Mehrfamilienhäuser mit 2,5 Personen pro Wohneinheit angenommen.<sup>6</sup> In der folgenden Tabelle wird der Bedarf für Haushaltsstrom dargestellt. Der Strombedarf für die Wärmegewinnung wird in Kapitel 6 ergänzt.

Gebäudetyp	Anzahl WE	Strombedarf [kWh/WE]	Strombedarf [kWh]
EFH	22	3.900	85.800
DHH	18	3.700	66.600
RH	29	3.500	101.500
MFH	147	2.250	330.750
<b>Summe</b>	<b>216</b>	-	<b>584.650</b>
KiTa	1	12.000 <sup>7</sup>	12.000
<b>Quartier gesamt</b>	<b>217</b>	-	<b>596.650</b>

Tabelle 3: Jährlicher Strombedarf je Gebäudetyp im Quartier<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Eigene Schätzung

<sup>7</sup> Eigene Schätzung

<sup>8</sup> Stromspiegel Deutschland; Belegung EFH: 4 Pers DHH 3,5 RH 3 Pers. MFH 2,5 Pers. Mittlerer Verbrauch (Klasse C)

## 2.2. Wärmebedarf und Wärmeleistung

Für die Berechnung der Wärmebedarfe und -leistungen der Wohngebäude wurde gemäß den geplanten baulichen Vorgaben der EH-40 Standard angesetzt. Um die bau- und verbraucherspezifischen Einflüsse der verschiedenen Wohnbebauungen zu berücksichtigen, ist der Wärmebedarf je Gebäudetyp ermittelt worden. Eine Übersicht der Rechenergebnisse ist in Tabelle 4 dargelegt.

Gebäudetyp	Heizwärme [kWh]	Trinkwarmwasser [kWh]	Gesamtwärmebedarf [kWh]	Leistung [kW]
EFH	121.069	79.200	200.269	111
DH	93.230	56.700	149.930	83
RH	107.076	78.300	185.376	103
MFH	287.367	330.750	618.117	294
KiTa	37.228	16.424	53.652	36
<b>Quartier gesamt</b>	<b>645.970</b>	<b>561.374</b>	<b>1.207.344</b>	<b>627</b>

*Tabelle 4: Jährlicher Wärmebedarf und Wärmeleistung nach Gebäudetyp*

Insgesamt werden somit ca. 645.000 kWh bzw. 645 MWh Heizwärme und 561 MWh Trinkwarmwasser benötigt. In Summe entspricht dies einem Gesamtwärmebedarf von ca. 1.200 MWh. Die erforderliche Wärmeleistung beläuft sich auf 627 kW.

## 3. STROMVERSORGUNG

Die Größe von PV-Anlagen auf Dächern kann grundsätzlich durch zwei unterschiedliche Herangehensweisen bestimmt werden. Zum einen kann die Anlagengröße anhand des Stromverbrauchs im Gebäude optimiert werden, zum anderen kann die maximal zur Verfügung stehende Dachfläche mit PV-Modulen belegt werden. Nach Norden ausgerichtete Dachflächen z.B. von Satteldächern werden aufgrund ihrer geringen Sonneneinstrahlung nicht berücksichtigt.

Eine von der Verbraucherzentrale NRW beauftragte Studie aus dem Jahr 2019 kommt zu dem Ergebnis, dass die Größe einer PV-Anlage nicht allein nach der Höhe des Eigenverbrauchs zu dimensionieren ist. Vielmehr zeigten die Berechnungen der Hochschule für Technik Berlin, dass es empfehlenswert ist, die Dachfläche größtmöglich auszunutzen.<sup>9</sup> Es wurde festgehalten, dass sich die spezifischen Investitionskosten mit zunehmender Anlagengröße deutlich reduzieren. Die zum Zeitpunkt der Studie geltende EEG-Umlage, die zu einer höheren Belastung des Eigenverbrauchs bei Anlagen größer 10 kW<sub>p</sub> führte, ist seit dem Wegfall im Juli 2022 auch kein Kriterium mehr gegen größere PV-Dachanlagen. Im Hinblick auf den Klimaschutz sowie den voranschreitenden Ausbau der Elektromobilität und damit höheren Strombedarf ist die Installation größerer PV-Anlagen empfehlenswert.

### 3.1. Photovoltaik-Potential

Die Ausrichtung der Dächer und deren Formen stehen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht fest. Hinsichtlich der Dachformen werden folgende Annahmen getroffen:

Die Mehrfamilienhäuser, die Energiegarage und die KiTa werden mit Flachdächern ausgeführt. Für die übrigen Bauformen (EFH, DH, RH) wird eine Durchmischung von 50 Prozent Satteldächern und 50 Prozent Flach- bzw. Pultdächern (bis 10 Grad Neigung) angesetzt. Der Ertrag von Flach- und Pultdächern ist nahezu identisch, daher wird hier von einer Unterscheidung abgesehen. Für die Satteldächer wird eine Dachneigung von 30 Grad angenommen. Es wird unterstellt, dass eine Seite der Satteldächer nach Norden und die andere nach Süden ausgerichtet ist. Nur die Südseite der Satteldächer wird mit PV-Modulen ausgelegt.

Für die Flach- bzw. Pultdächer wird in der folgenden Betrachtung zwischen einer ausschließlichen Südausrichtung der PV-Module sowie einer gleichzeitigen Ost-West Ausrichtung unterschieden. Die Südausrichtung ist die klassische Wahl der Aufständigung, da diese im Vergleich den höchsten spezifischen Stromertrag<sup>10</sup> über das Jahr liefert. Dies führt oftmals zu einer besseren Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage. Auf Flachdächern benötigen die nach Süden ausgerichteten Module allerdings große Abstände zwischen den einzelnen Reihen, damit keine Verschattung der Module untereinander entsteht.

---

<sup>9</sup> HTW Berlin, Sinnvolle Dimensionierung von Photovoltaikanlagen für Prosumer, März 2019

<sup>10</sup> Erzeugte Strommenge pro kW installierter Leistung und Jahr (kWh/kW<sub>p</sub>)



Abbildung 3: Beispielhafte Südausrichtung (oben)<sup>11</sup> und Ost-West Ausrichtung (unten)<sup>12</sup>

Wird für ein Flachdach eine Ost-West Ausrichtung gewählt, können eine höhere Anzahl von Modulen auf der gleichen Dachfläche installiert werden. Durch die doppelseitige Aufständigung mit niedrigem Neigungswinkel von 10 bis 15 Grad können die Module näher aneinanderrücken, wodurch die Dachfläche effizienter genutzt werden kann. Im Gegensatz zur Südausrichtung wird allerdings ein geringerer spezifischer Ertrag erzielt, was sich nachteilig auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt.

Die Leistungskurve der Ost-West Ausrichtung ist dafür gleichmäßiger über den Tagesverlauf verteilt. Die Ertragszeit ist länger als die der Südausrichtung, so dass morgens und abends mehr Solarstrom produziert werden kann, wodurch der Eigenverbrauchsanteil höher ausfällt.

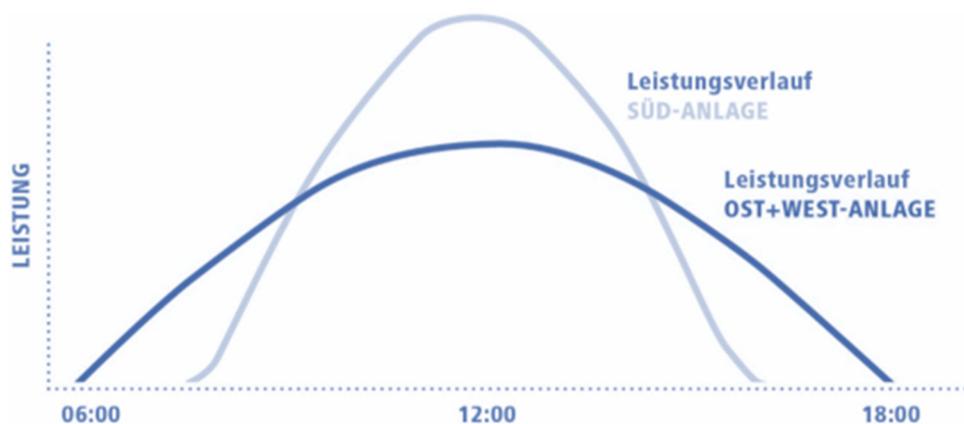


Abbildung 4: Einfluss der Ausrichtung von PV-Anlagen auf den Ertrag

<sup>11</sup> <https://www.pvo.energy/industriewirtschaft>

<sup>12</sup> <https://www.solarwatt.de/ratgeber/solaranlagen>

In Tabelle 5 ist das PV-Dachflächenpotential dargestellt. Der spezifische Ertrag ist pro kW installierter Leistung angegeben und bezieht sich wie der Ertrag auf ein Jahr.

Für die Abschätzung des PV-Potentials werden von der maximal zur Verfügung stehenden Dachfläche 20 Prozent abgezogen, da diese durch mögliche Dachaufbauten oder Abstandsflächen nicht mit PV-Modulen belegt werden können.

Gebäudetyp	Dachfläche Pult-/Flachdach [m <sup>2</sup> ]	Dachfläche Satteldach [m <sup>2</sup> ]	Ausrichtung Ost-West [kW <sub>p</sub> ]	Ausrichtung Süd [kW <sub>p</sub> ]
EFH + DH	1.850	1.300	371	309
RH	987	797	213	180
MFH	3910	-	391	261
KiTa	626	-	63	42
Energiegarage	560	-	56	37
<b>Spez. Ertrag [kWh/kW<sub>p</sub>]</b>	-	-	<b>877</b>	<b>950</b>
<b>Installierte Leistung [kW]</b>	-	-	<b>1.093</b>	<b>829</b>
<b>Ertrag [kWh]</b>	-	-	<b>958.561</b>	<b>787.550</b>

Tabelle 5: Zur Verfügung stehende Netto-Dachfläche und PV-Potential für das Quartier

Die Kosten für PV-Anlagen im Bereich zwischen 5 und 10 kW<sub>p</sub> installierter Leistung belaufen sich aktuell auf circa 1.500 Euro/kW<sub>p</sub>. Somit ergeben sich als gesamte Investitionskosten für die PV-Anlagen bei einer Ost-West Ausrichtung 1.639.500 Euro und 1.243.500 Euro bei einer Südausrichtung.

## 3.2. Netzanschluss und Mieterstrom

Für die Stromverteilung im Quartier gibt es zwei grundsätzliche Varianten. Das gesamte Quartier wird über einen zentralen Netzanschlusspunkt an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Das Quartier betreibt vereinfacht gesagt sein eigenes Stromnetz hinter dem Netzanschlusspunkt (Arealnetz).

Bei einem konventionellen Netzanschluss wird jedes Gebäude an das öffentliche Stromnetz angeschlossen.

### 3.2.1. Arealnetz

Ein Arealnetz ist ein nicht öffentliches Verteilnetz, das innerhalb von Quartieren den lokal produzierten Strom an die Verbraucher transportiert. Auf diese Weise kann der lokal in den PV-Anlagen erzeugte Strom an die Letztverbraucher geliefert, aber auch für die zentrale Wärmegewinnung und die Ladesäulen verwendet werden. Überschüssiger Strom von den Dächern der Einfamilienhäuser kann so z.B. in den Mehrfamilienhäusern, deren Bedarf tendenziell das Angebot aus der eigenen Stromproduktion übersteigt, geliefert werden. Um die Versorgung sicherzustellen, wird das Quartier über eine Trafostation an das öffentliche

Stromnetz angeschlossen. Der Vorteil eines Arealnetzes besteht darin, dass der im Arealnetz erzeugte Strom maximal lokal genutzt werden kann. Für den lokal erzeugten und gleichzeitig verbrauchten Strom fallen keine Netzentgelte und Stromsteuer an.

Nachteilig sind jedoch der hohe Aufwand und die Kosten für die Errichtung und den Betrieb des Arealnetzes. So muss der Reststrom, der aus dem öffentlichen Netz bezogen wird, zentral beschafft und gegenüber den Letztverbrauchern korrekt abgerechnet werden. Ebenso muss der Arealnetzbetreiber den Betreibern einer PV-Anlage den überschüssigen Strom abkaufen bzw. verrechnen. Ein Anschluss- und Benutzungszwang ist bei Arealnetzen nicht zulässig. Daher steht jedem Verbraucher die Wahl seines Stromversorgers frei. Dies muss der Betreiber des Arealnetzes über seinen Netzanschlusspunkt zulassen und ebenfalls korrekt verrechnen.

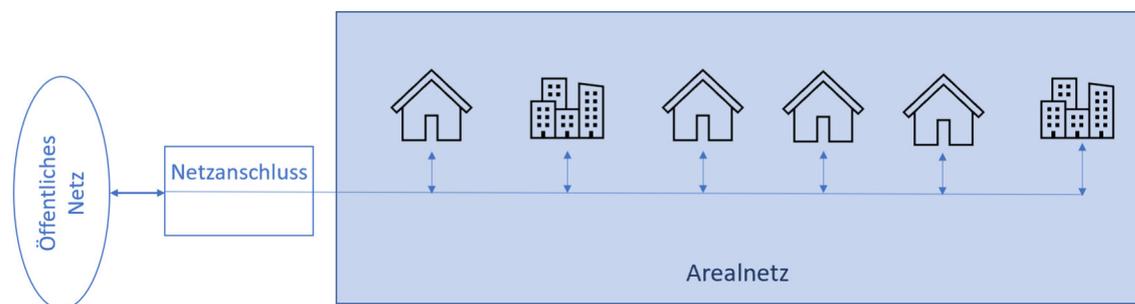


Abbildung 5: Modelldarstellung eines Arealnetzes

### 3.2.2. Mieterstrom

Als Mieterstrom wird Strom bezeichnet, der von Solaranlagen auf dem Dach eines Wohngebäudes erzeugt und dort direkt, d.h. ohne, dass der Strom durch das öffentliche Netz transportiert wird, an Letztverbraucher in diesem Gebäude geliefert und verbraucht wird. Da der Strom aus der PV-Anlage nicht zu jeder Zeit ausreicht, um den Bedarf des Hauses zu decken, muss der Mieterstromanbieter den Reststrom zukaufen. Für die Abrechnung des selbsterzeugten und des zugekauften Stroms benötigt der Mieterstromanbieter detaillierte Messeinrichtungen. Aufgrund des hohen administrativen Aufwands ist der Gebäudeeigentümer oftmals nicht der Anbieter von Mieterstrom, sondern lässt die Anlage von einem Dienstleister betreiben. Wenn nicht alle Mieter den Mieterstrom beziehen möchten, wird die Abrechnung umso komplexer.

Auf der anderen Seite kann sich der Mieterstromanbieter diesen erhöhten Verwaltungsaufwand durch den Mieterstromzuschlag fördern lassen. Sofern er den Mietern den gesamten benötigten Strom liefert, bekommt er vom Netzbetreiber einen Mieterstromzuschlag. Für Anlagen, die bis zum 31.01.2024 in Betrieb gehen, erhält der Betreiber einen Mieterstromzuschlag in Höhe von 2,67 ct für jede produzierte kWh für Anlagen bis 10 kW<sub>p</sub>. Für Anlagen bis 40 kW<sub>p</sub> beträgt der Zuschlag 2,48 ct/kWh.

Durch das Modell des Mieterstroms soll auch Mietern von Wohnungen in Mehrfamilienhäuser ermöglicht werden, Strom, der kostengünstig auf dem eigenen Dach produziert wird, nutzbar zu machen. Dieses Privileg konnten zuvor nur Hauseigentümer für sich beanspruchen. Preislich darf geförderter Mieterstrom 90 Prozent des im jeweiligen Netz geltenden Grundversorgungstarifs nicht überschreiten. Dem Mieter steht es frei, den Mieterstrom nicht zu beziehen. Er kann seinen Stromversorger jederzeit selbst aussuchen.

Mieterstrom-Modelle bieten einige Vorteile für Mieter und Vermieter. Mieter können von einem kostengünstigeren Stromtarif im Vergleich zur lokalen Grundversorgung profitieren. Vermieter hingegen können zusätzliche staatliche Förderungen in Anspruch nehmen, die höher ausfallen als die Vergütung für die Einspeisung des selbst erzeugten Stroms ins öffentliche Netz.

Dadurch eröffnen sich für Vermieter Möglichkeiten für zusätzliche Einnahmen. Es wird erwartet, dass zukünftige Novellierungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Quellen weiter erleichtern werden.

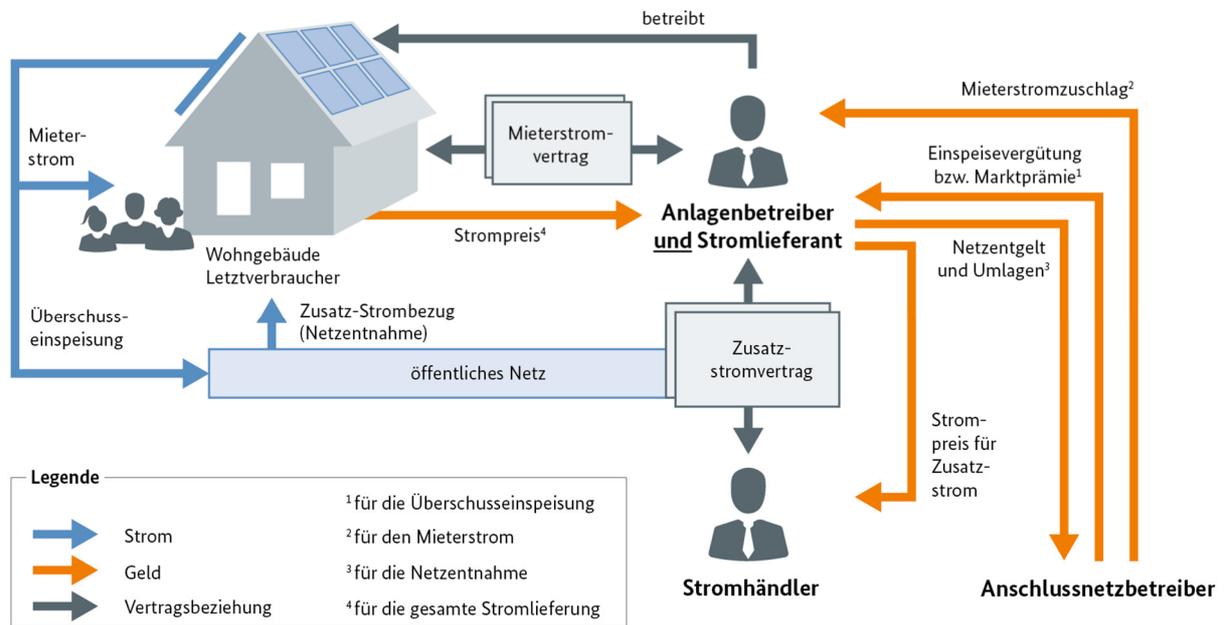


Abbildung 6: Basismodell zur Mieterstromlieferung des Anlagenbetreibers <sup>13</sup>

### 3.3. Empfehlung für das Quartier

Die Stromversorgung über ein Arealnetz zu realisieren ist eine komplexe Herausforderung. Aufgrund der bestehenden Regulatorik ist der Betrieb eines eigenen „Quartierstromnetzes“ die einzige Möglichkeit, lokal im Quartier erzeugten Strom auch dort nutzbar zu machen. Auch die Einbindung eines zentralen Batteriespeichers ist aktuell nur in einem Arealnetz umsetzbar. Nachteilig sind die aufwändige Betriebsführung und die damit verbundenen Kosten. Aufgrund der überschaubaren Größe des Plangebietes mit ca. 200 Wohneinheiten ist ein wirtschaftlicher Betrieb eines Arealnetzes kaum möglich.

Da ein zentraler Quartierspeicher unter den aktuellen Rahmenbedingungen ebenfalls nicht wirtschaftlich zu betreiben ist, kann vor diesem Hintergrund auf die Errichtung eines Arealnetzes verzichtet werden.

Aus ökologischer Sicht stiftet eine Arealnetz keinen zusätzlichen Nutzen. Strom geht im Netz immer den Weg des geringsten Widerstandes und wird physikalisch gesehen ohnehin so viel wie möglich im Quartier verbraucht. Lediglich die energiewirtschaftliche korrekte Abwicklung bewertet die Stromproduktion, die nicht im selben Gebäude verbraucht bzw. gespeichert werden kann als Einspeisung in das öffentliche Netz. Im Sinne des Klimaschutzes wäre die maximale Auslegung der geeigneten Dachflächen deutlich wertvoller als die Errichtung eines Arealnetzes.

Wir empfehlen daher den konventionellen Anschluss der Gebäude an das öffentliche Stromnetz. Über eine PV-Pflicht, die im Bebauungsplan festgesetzt werden könnte, würde der voraussichtliche Bedarf an Haushaltsstrom des Quartiers bilanziell auf Jahressicht gedeckt

<sup>13</sup>

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEGAufsicht/Mieterstrom/start.html>

und sogar ein Stromüberschuss erzielt werden. Dieser könnte für die zunehmende Anzahl von E-Fahrzeugen perspektivisch genutzt werden. Der PV-Ausbaupflicht kann der Bauherr eigenständig nachkommen oder er überlässt seine Dachfläche gegen eine Pacht einem Dienstleister, der die PV-Anlage baut und betreibt.

Die Dächer der Mehrfamilienhäuser sollten ebenfalls mit PV-Anlagen bestückt werden. Die gewonnene elektrische Energie sollte den Bewohnern als Mieterstrom zur Verfügung gestellt werden. Auch beim Thema Mieterstrom ist der bürokratische Aufwand wie oben beschrieben hoch, das oftmals dazu führt, dass kein Mieterstromkonzept umgesetzt wird. Auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 hat die Bundesregierung ehrgeizige Ausbauziele bei den erneuerbaren Energiequellen formuliert. Der Stromsektor soll bereits bis 2035 weitgehend ohne Treibhausgas-Emissionen auskommen. Ein Baustein ist die Errichtung von PV-Anlagen auf bisher ungenutzten Dachflächen. Um dieses Potential zu heben, sind Erleichterungen und Entbürokratisierungen der bisherigen Vorschriften zu erwarten. In Sachen Mieterstrom konkretisiert sich dies aktuell durch das sogenannte „Solarpaket I“, das die Bundesregierung im Entwurf im August 2023 vorgelegt hat. Die „Gemeinschaftliche Gebäudeversorgung“, soll die Weitergabe von Solarstrom innerhalb eines Gebäudes an mehrere Stromverbraucher attraktiver und unkomplizierter gestalten. Damit werden Vermieter und Betreiber von Solaranlagen von der Pflicht entlastet, sich um die vollständige Stromversorgung der Mieter kümmern zu müssen, indem sie einen Stromvertrag über den Bezug von Reststrom für ihre Mieter abschließen und abrechnen müssen, wie es etwa beim geförderten Mieterstrom verlangt wird. Der Solarstrom soll zukünftig barrierearm an Mieter und Mitbewohner über einen Gebäudestromnutzungsvertrag geliefert werden können, sofern er gerade verfügbar ist. Den zusätzlich benötigten Strom können die Verbraucher eigenständig von einem selbst gewählten Versorger beziehen. Der Anwendungsbereich ist auf eine Versorgung mit dem durch die Gebäudestromanlage erzeugten Strom innerhalb desselben Gebäudes und damit auf eine Nutzung des Stroms hinter dem Netzverknüpfungspunkt beschränkt.

## 4. WÄRMEVERSORGUNG

Vor dem Hintergrund der Klimawende und dem Ziel bis 2045 Klimaneutralität in der Bundesrepublik zu erreichen, muss eine ganzheitliche Dekarbonisierung angestrebt werden. Neben dem Stromsektor betrifft dies vor allem die Bereitstellung von Wärmeenergie, die einen bedeutenden Anteil an den gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ausmacht. Die Nutzung fossiler Brennstoffe, wie Erdgas oder Öl, steht im direkten Gegensatz zu dem Zielbild der Klimaneutralität.

Die Novelle des GEG schreibt daher vor, dass ab dem 1. Januar 2024 jede neu eingebaute Heizung in Neubauten mit mindestens 65 Prozent erneuerbaren Energien betrieben werden muss. Weiterhin ist die Nutzung fossiler Brennstoffe ab dem 31. Dezember 2044 verboten.<sup>14</sup> Daher kommen innovative Versorgungslösungen bei Neubauvorhaben verstärkt zum Tragen.

Mit der Einführung des GEG im Jahr 2020 ist auch ein neuer Mindeststandard für Wohngebäude gesetzlich verankert worden. Um ein Wohngebäude auf die Einhaltung der Mindestanforderungen zu prüfen, wird es mit dem sogenannten Referenzgebäude verglichen. Dabei handelt es sich um ein theoretisches Hilfsgebäude, das die gleiche Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung besitzt, wie das zu prüfende Gebäude. Im Gegensatz dazu erfüllt es aber die Mindestanforderungen an die äußere Gebäudehülle in Bezug auf den Transmissionswärmeverlust und die Wärmeversorgungstechnik bezüglich des Primärenergiebedarfs.<sup>15</sup> Um den nachhaltigen Wohnungsbau über Mindeststandard hinaus zu fördern, werden Wohnungen, die die Anforderungen nach GEG übertreffen, von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bezuschusst. Zu diesem Zweck wurde der EH-Standard eingeführt. Dieser gilt als Maßstab für energiesparende Gebäude und definiert, wie energieeffizient ein Gebäude im Vergleich zum Referenzgebäude des GEG sein muss. Das EH-55 erfordert beispielsweise eine um 30 Prozent bessere Hüllfläche und muss einen um 45 Prozent geringeren Primärenergiebedarf aufweisen. Der EH-40 Standard verlangt sogar einen 45 Prozent niedrigeren Transmissionswärmeverlust und 60 Prozent niedrigeren Primärenergiebedarf. Einflussfaktor des Transmissionswärmeverlusts ist im Wesentlichen die Qualität der äußeren Gebäudehülle. Der Primärenergiebedarf wird über die Auswahl nachhaltiger Energieträger für die Energieversorgung des Gebäudes ermittelt, wobei auch die vorgelagerten Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung, Speicherung und Verteilung berücksichtigt werden.

### 4.1. Wärmequellen

Zur Konzeption einer klimafreundlichen Wärmeversorgung für das Neubauquartier werden zunächst die zur Verfügung stehenden regenerativen Wärmequellen identifiziert, um darauf aufbauend eine Versorgungslösung auszuarbeiten.

#### 4.1.1. Abwärme

Die Nutzung von Abwärme kann sich als klimafreundliche Wärmequelle herausstellen, sofern sie in hohen Energiemengen zur Verfügung steht. Eine gängige Abwärmequelle findet sich in Industrieprozessen. Durch Auskopplung der nicht genutzten Prozesswärme kann diese über Wärmerückgewinnungssysteme für Heizzwecke genutzt werden. Über ein Leitungsnetz wird die erfasste Abwärme von der Prozessquelle zum Standort der Heizzentrale geführt, in der ein Wärmetauschersystem installiert ist. Innerhalb der Zentrale wird dann das Temperaturniveau

---

<sup>14</sup> <https://oekozentrum.nrw/aktuelles/detail/news/65-erneuerbare-energien-ab-2024/>

<sup>15</sup> § 15 Abs. 1 GEG i.V.m. Anlage 1 des GEG

der Abwärme reguliert und ggf. angehoben, bevor die Wärme über ein Wärmenetz zu den Endverbrauchern geleitet wird.

Als weitere Abwärmequelle kann Abwasser dienen. Vorausgesetzt es steht in ausreichend großen Mengen zur Verfügung. Zudem sind spezielle Auskopplungssysteme erforderlich, die entweder bei Bau des Abwasserkanals integriert oder nachträglich nachgerüstet werden. Ein nachträglich integriertes System könnte so ausgestaltet sein, dass der Abwasserstrom im Kanal angezapft wird und die Abwassermengen zu einer nahegelegenen Wärmeübergabestation geleitet werden, die die Wärme aus dem Abwasser entzieht.

#### **4.1.2. Biomasse**

Eine Wärmeversorgung basierend auf Biomasse verwendet nachhaltig-organische Materialien wie Holzpellets oder Hackschnitzel als Brennstoffe. Diese werden aus Holzabfällen (z.B. Holzreste, Sägespäne) oder eigens angebauten Energieholzpflanzen hergestellt und in trockenen Lagerräumen verwahrt. Die Biomasse wird in speziellen Heizkesseln verbrannt und die erzeugte Wärme in das Heizungssystem der Gebäude oder ein Wärmenetz geleitet.

Nachteilig bei dieser Wärmequelle sind die bei der Verbrennung freigesetzten Feinstaubpartikel, die die Luftqualität beeinträchtigen. Zudem fällt Asche als Nebenprodukt an, die zum einen regelmäßig aus der Heizungsanlage entfernt und ordnungsgemäß entsorgt werden muss und zum anderen den Wartungsaufwand des Kessels erhöht. Als weiteres Defizit ist die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Biomasse zu benennen.

#### **4.1.3. Solarenergie**

Solarenergie kann über unterschiedliche Technologien in Wärmeenergie umgewandelt werden. Eine Variante ist die Nutzung von Photovoltaik-Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Solarstrahlung. Der erzeugte Strom kann z. B. von Stromheizungen oder Wärmepumpen in Heizwärme umgewandelt werden. Im Bereich der Bereitstellung von Trinkwarmwasser wird der Strom häufig für den Betrieb von Durchlauferhitzern oder Heizstäben innerhalb von Trinkwarmwasserspeichern eingesetzt.

Eine weitere Form der Solarenergienutzung stellt die Solarthermie dar. Hierbei handelt es sich um Kollektoren, die von einem Wärmeträgermedium durchströmt werden, das sich bei hinreichender Solareinstrahlung erwärmt und einen Wärmespeicher aufheizt. Häufig wird das System zur Erzeugung von Warmwasser oder zur Heizungsunterstützung genutzt.

#### **4.1.4. Umweltwärme**

Umweltwärme bzw. Umgebungswärme zielt auf die Nutzung von Wärmeenergie aus der Luft, dem Wasser oder dem Boden ab. Um die Energie nutzbar zu machen, werden spezielle Technologien benötigt. Unter anderem werden Wärmepumpen genutzt, die Umweltwärme aufnehmen und unter Stromeinsatz auf ein höheres Temperaturniveau anheben, wodurch Raumwärme und Trinkwarmwasser bereitgestellt werden können.

##### **Luft**

Bei Umgebungsluft als Wärmequelle saugt ein Ventilator (Außeneinheit) die Außenluft aktiv an und leitet sie an den Wärmeübertrager einer Luft-Wärmepumpe. Je höher die Außentemperatur, desto höher ist dabei die Effizienz des Gerätes. Bei niedrigen Außentemperaturen in den kalten Jahreszeiten wird somit mehr Strom zur Wärmebereitstellung benötigt. Vorteilhaft ist, dass keine aufwendigen Genehmigungsverfahren erforderlich sind und der Installationsaufwand ist gering. Nachteilig sind allerdings erhöhte Lärmemissionen, die durch die Außeneinheit verursacht werden.

## Geothermie

Bei der Geothermienutzung wird die im Erdreich gespeicherte Wärme als Wärmequelle für Sole-Wärmepumpen genutzt. Um die Wärme an die Oberfläche zu befördern, werden Erdkollektoren oder Erdsonden eingesetzt. Kollektoren entziehen dem Erdreich in einer Tiefe von ein bis zwei Metern thermische Energie. Sie werden von einem Wärmeträgermedium durchströmt, das die oberflächennahe Erdwärme absorbiert und von hoher solarer Einstrahlung sowie Sickerwasser profitiert. Erdsonden werden hingegen in das tiefere Erdreich eingebracht und benötigen einen geringeren Flächenbedarf. Die Installation erfolgt über Erdbohrungen was einen höheren Genehmigungs- und Installationsaufwand verursacht.

Die Vorteile von Geothermiewärme sind vor allem hohe erzielbare Wirkungsgrade, da die thermische Energie unabhängig von der Jahres- oder Tageszeit zur Verfügung steht. Durch die nahezu konstanten Temperaturen des Erdreiches kann die Wärme in der Heizperiode zum Heizen und im Sommer zur teilweisen Gebäudekühlung genutzt werden. Außerdem erfordert eine Sole-Wärmepumpe keinen Betrieb einer Außeneinheit. Nachteilig ist allerdings, dass die Nutzung von Geothermie den standortspezifischen Gegebenheiten unterliegt und nicht alle Gebiete für die Nutzung von Erdwärme geeignet sind (bspw. Wasserschutzgebiete).

## Wasser

Neben dem Erdreich und der Umgebungsluft kann thermische Energie aus Wasservorkommen wie beispielsweise Seen, Flüssen oder Grundwasser gewonnen werden. Im Falle von Seen und Flüssen werden Wasserwärmetauscher eingesetzt. Diese werden von einem Wärmeträgermedium durchströmt, das die Gewässerwärme entzieht und an den Wärmetauscher einer Wasser-Wärmepumpe abgibt. Für die Nutzung von Grundwasser als Wärmeträger werden Brunnenanlagen erschlossen, die aus einem Förder- und einem Injektionsbrunnen bestehen. Über den Förderbrunnen wird Grundwasser an die Oberfläche zur Wärmepumpe befördert, die dem Wasser Wärme entzieht. Anschließend wird das abgekühlte Grundwasser, ohne dass es in seiner chemischen Zusammensetzung beeinflusst wurde, über den Injektionsbrunnen ins Erdreich zurückgeführt. Voraussetzung für die Nutzung von Wasser als Wärmequelle ist eine ausreichende Verfügbarkeit des Vorkommens (See-, Fluss- oder Grundwasser).

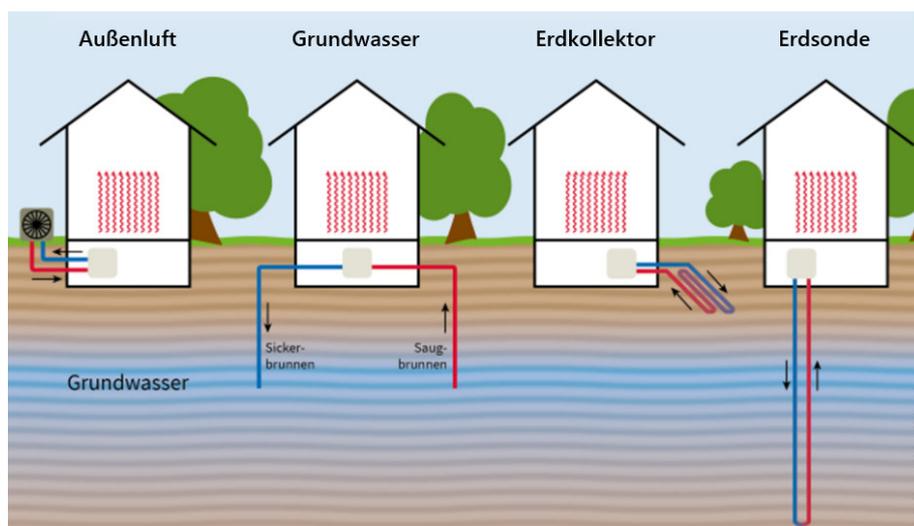


Abbildung 7: Darstellung verschiedener Umweltwärmequellen<sup>16</sup> (überarbeitete Darstellung)

<sup>16</sup> <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/energieeffizienz-und-gebaeudesanierung/33023.html>

## 4.2. Bewertung der Wärmequellen für das Quartier

Um die Eignung der unterschiedlichen Wärmequellen zur Wärmebereitstellung im Quartier zu bewerten, werden Eigenschaften wie Standorteignung, Kostenrahmen, Verfügbarkeit, Emissionen etc. bewertet. Tabelle 6 fasst die Bewertungsergebnisse zusammen.

Wärmequelle	Bewertung
Abwärme	Es stehen in der näheren Umgebung keine ausreichenden Abwärmequellen aus Industrie oder Abwasser zur Verfügung. Die Abwärmenutzung wird daher für das Quartier nicht weiter betrachtet.
Biomasse	Die Verwendung von Biomasse wird nicht empfohlen, da sie dem Ansatz des klimafreundlichen und emissionsarmen Quartiers widerspricht. Begründet ist dies durch die Verbrennung der Biomasse und die regelmäßig notwendigen Anlieferungstermine, womit Luftschadstoff- und Lärmemissionen einhergehen. Außerdem wird ein hoher Platzbedarf für die Einlagerung benötigt.
Solarenergie	Solarenergie ist eine ertragreiche Energieform, die in jedem Fall genutzt werden sollte. Für das Zielgebiet wird aus diesem Grund die Solarnutzung über Photovoltaik weiterverfolgt. Der daraus erzeugte Strom kann zum einen zur allgemeinen Stromdeckung im Quartier dienen, als auch eine elektrische Wärmebereitstellung unterstützen. Die Einbindung von Solarthermie hingegen wird aufgrund einer Flächenkonkurrenz zu den PV-Zellen nicht empfohlen.
Umweltwärme (Luft)	Die Nutzung von Außenluft als Wärmequelle im Quartier profitiert einerseits durch geringe Investitionskosten, zieht andererseits jedoch höhere Betriebskosten mit sich. Um abzuschätzen wie sich die Investitions- und Betriebskosten auf die Gesamtkosten auswirken, wird diese Variante weiterverfolgt, um einen möglichen Kostenvorteil gegenüber einer anderen Wärmequelle festzustellen. Zu berücksichtigen sind allerdings die durch die Außeneinheit erzeugten Lärmemissionen, die sich negativ auf die Wohnqualität im Quartier auswirken können.
Umweltwärme (Geothermie)	Geothermiewärme besitzt verglichen zur Außenluft einen höheren Energieertrag, wodurch die Effizienz der Wärmebereitstellung steigt, und die Betriebskosten sinken. Demgegenüber stehen allerdings höhere Investitionskosten für die Erschließung der Wärmequelle. Um zu prüfen, ob ein Kostenvorteil gegenüber anderen Wärmequellen entsteht, wird Erdwärme im nachfolgenden als mögliche Wärmequelle in Betracht gezogen. Vorteilhaft sind zudem die Möglichkeit zur Gebäudetemperierung im Sommer und das Ausbleiben optischer sowie akustischer Beeinträchtigungen außerhalb des Gebäudes.
Geothermie (Wasser)	Da das Wasservorkommen in Form von See-, Fluss- und Grundwasser im Quartier nicht in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht, wird die Wassernutzung als Wärmequelle für das Quartier nicht weiterverfolgt.

Tabelle 6: Beurteilung von Wärmequellen zur Wärmeerzeugung im Quartier

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Abwärme und Wasser als Wärmequellen aufgrund einer geringen bzw. nicht vorhandenen Verfügbarkeit für das Quartier ungeeignet sind. Die Verwendung von Biomasse wird aufgrund von Feinstaubemissionen und Rohstoffverknappung nicht empfohlen. Sowohl Außenluft- als auch Geothermiewärme in Kombination mit Wärmepumpen können am Standort genutzt werden und eine gute Basis für eine nachhaltige Wärmeversorgung bilden. Weiterhin können Wärmepumpen mit Photovoltaik kombiniert werden, sodass ein Teil des Strombedarfs für die Wärmepumpe direkt im Quartier erzeugt werden kann. Da sich Luft-Wärmepumpen von Sole-Wärmepumpen technisch unterscheiden und sich dies auf die Planung des Gesamtsystems auswirkt, wird die Funktionsweise verschiedener Wärmepumpensysteme nachfolgend erläutert.

### 4.3. Exkurs: Wärmepumpen als Wärmeerzeuger

Wärmepumpen haben sich zunehmend durch ihre hohe Effizienz und die Möglichkeit einer emissionsarmen bis emissionsfreien Wärmeversorgung etabliert. Sie sind flexibel einsetzbar und werden insbesondere in Neubaugebäuden genutzt, die gut isoliert sind und über großflächige Heizsysteme wie Fußboden- oder Flächenheizungen verfügen.

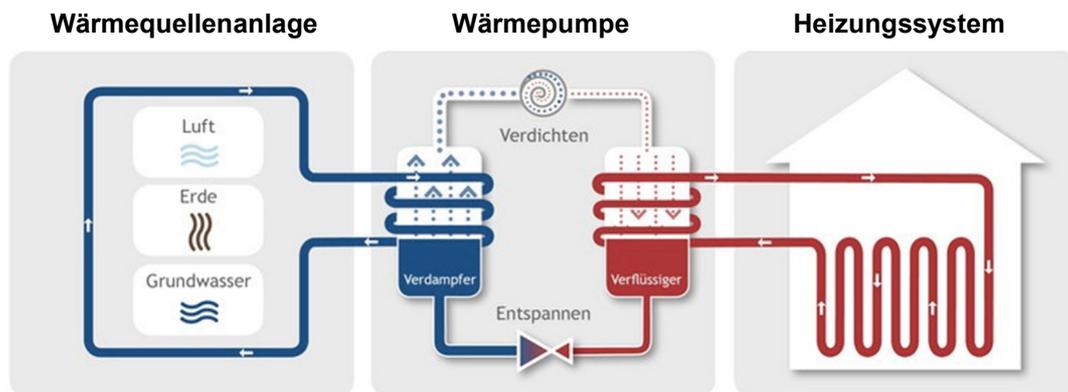


Abbildung 8: Funktionsschema eines Wärmepumpensystems <sup>17</sup>

Die Umwandlung der Umweltwärme in Heizwärme erfolgt innerhalb von drei Kreisläufen. Der erste Kreislauf bildet die Schnittstelle zwischen der Umweltwärmequelle und der Wärmepumpe. Innerhalb eines Leitungsnetzes zirkuliert ein Wärmeträgermedium, das die Temperatur der Wärmequelle (Luft, Geothermie, oder Wasser) aufnimmt und zur Verdampfereinheit der Wärmepumpe führt. Dort gibt es die aufgenommene Wärme ab und fließt anschließend abgekühlt zur Wärmequelle zurück.

Der zweite Kreislauf wird innerhalb der Wärmepumpe gebildet und ist mit einem Kältemittel gefüllt. Innerhalb des Verdampfers der Wärmepumpe nimmt das flüssige Kältemittel die Wärme auf, wodurch es verdampft. Anschließend wird es in den Kompressor der Wärmepumpe geleitet, wo es verdichtet wird und einen Temperaturhub erfährt. Die so entstandene Wärmeenergie wird dann im Verflüssiger an das Heizsystem übergeben, wodurch das Kältemittel abkühlt und sich wieder verflüssigt. Anschließend wird es durch eine Drossel entspannt und der Vorgang wiederholt sich.

Der dritte Kreislauf wird durch das Heizsystem innerhalb des Gebäudes gebildet. Hier wird die von der Wärmepumpe im Verflüssiger abgegebene Wärme zur Raum- und Trinkwassererwärmung genutzt.

<sup>17</sup> <https://www.geothermie.de/aktuelles/nachrichten/news-anzeigen/news/jahresarbeitszahl.html>

Je nach genutzter Wärmequelle arbeiten Wärmepumpen unterschiedlich effizient. Als qualitative Kenngröße für die Arbeitsweise einer Wärmepumpe dient die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ). Diese gibt das Verhältnis zwischen abgegebener thermischer Energie zur aufgewendeten elektrischen Energie wieder. Eine JAZ von 4 bedeutet beispielsweise, dass aus einer Kilowattstunde Strom 4 Kilowattstunden Wärme erzeugt werden. Maßgeblich für eine hohe JAZ sind hierbei vor allem die Qualität der Wärmepumpe, sowie das Temperaturniveau der Wärmequelle. Es gilt: Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und -senke (z. B. Vorlauftemperatur des Heizsystems), desto höhere Jahresarbeitszahlen können erreicht werden.

In Abbildung 9 ist eine Übersicht über die Effizienz der verschiedenen Wärmepumpentypen dargestellt. Im Vergleich weisen Luft-Wasser Wärmepumpen mit einer durchschnittlichen JAZ von 2,8 die niedrigste Effizienz auf. Dies liegt vor allem an der hohen Temperaturdifferenz während der Heizsaison zwischen der Umgebungsluft (Wärmequelle) und der Heiztemperatur im Wohngebäude.

Im Gegensatz dazu lässt sich die thermische Energie aus dem Erdreich als auch aus dem Grundwasser ganzjährig mit nahezu konstanten Temperaturen entziehen. Dadurch weisen diese Wärmepumpensysteme höhere JAZ von im Durchschnitt 3,5 (Sole-Wärmepumpe) bzw. 3,8 (Wasser-Wärmepumpe) auf.

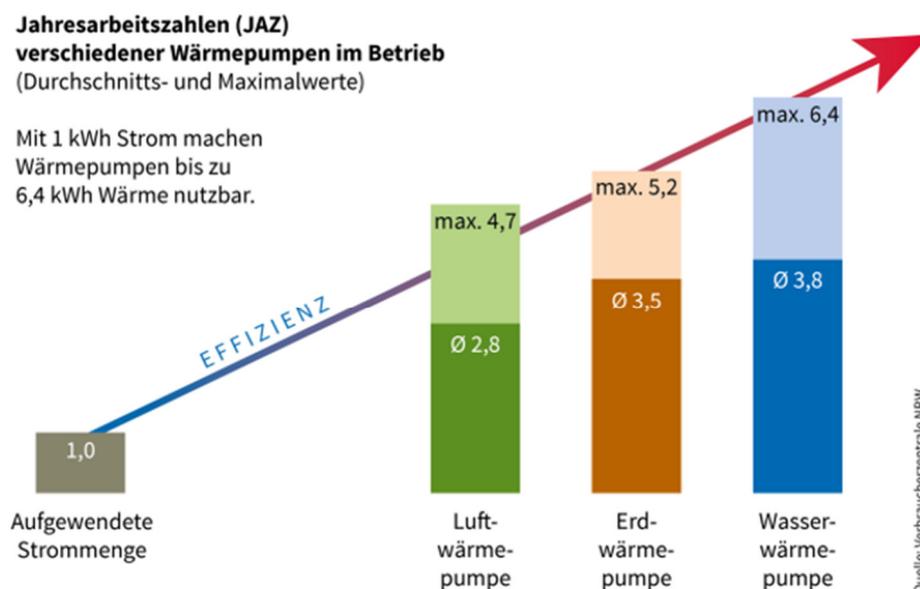


Abbildung 9: Vergleich der Wärmepumpensysteme in Bezug auf ihre JAZ<sup>18</sup>

#### 4.4. Wärmeversorgungssysteme

Bereits im Rahmen der Aufstellung des Bebauungsplans sollte die grundlegende Fragestellung diskutiert werden, ob die Wärmeversorgung zentral gesteuert werden soll oder ob sich jeder Gebäudeeigentümer eine eigene dezentrale Wärmeerzeugungsanlage installiert.

Bei einer zentralisierten Wärmeversorgung wird das Wärmeversorgungssystem bestehend aus der Wärmequelle, einer Wärmeerzeugungs- und einer Wärmeverteilanlage aus einer Hand erschlossen. Die thermische Energie aus der Wärmequelle wird über eine gemeinsame Einheit gewonnen und zu einer Zentrale geleitet. Dort wird die Wärmeenergie je nach

<sup>18</sup> <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/energieeffizienz-und-gebaeudesanierung/33023.html>

Wärmesystem (kalte oder mittelwarme Nahwärme) ggf. auf ein höheres Temperaturniveau angehoben und anschließend über ein Verteilnetz zu den Gebäuden im Versorgungsgebiet geleitet. Innerhalb der Gebäude dienen schließlich Hausübergabestationen oder Wärmepumpen für die Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser.

Ein dezentrales Wärmeversorgungssystem zeichnet sich dadurch aus, dass die benötigte Wärmeenergie für jedes Gebäude selbstständig erzeugt wird. Das heißt, dass jeder Gebäudeeigentümer selbst für seine Wärmeversorgung verantwortlich ist und seine Wärmeerzeugungstechnologie unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorschriften frei wählen kann. Häufig werden in Neubausiedlungen Einzel-Luft-Wärmepumpen mit einem Außenlüfter eingesetzt. Ein Leitungsnetz wird in diesem Fall nicht verlegt.

Nachfolgend werden die technischen Systeme zweier zentraler Wärmesysteme (kalte und mittelwarme Nahwärme) sowie einer dezentralen Versorgungsvariante mit Einzel-Luft-Wärmepumpen vorgestellt.

#### 4.4.1. Kalte Nahwärme

Kalte Nahwärme ist eine Wärmeversorgungsvariante, bei der ein Nahwärmenetz bei niedrigen Temperaturen von ca. 5 bis 15°C betrieben wird. In der Praxis werden häufig Geothermie, Außenluft oder Grundwasserwärme als Wärmequellen eingesetzt. Eine mögliche Form der Geothermienutzung sind beispielsweise Erdwärmesonden, die in das Erdreich eingebracht und von einem Wärmeträgermedium durchströmt werden.

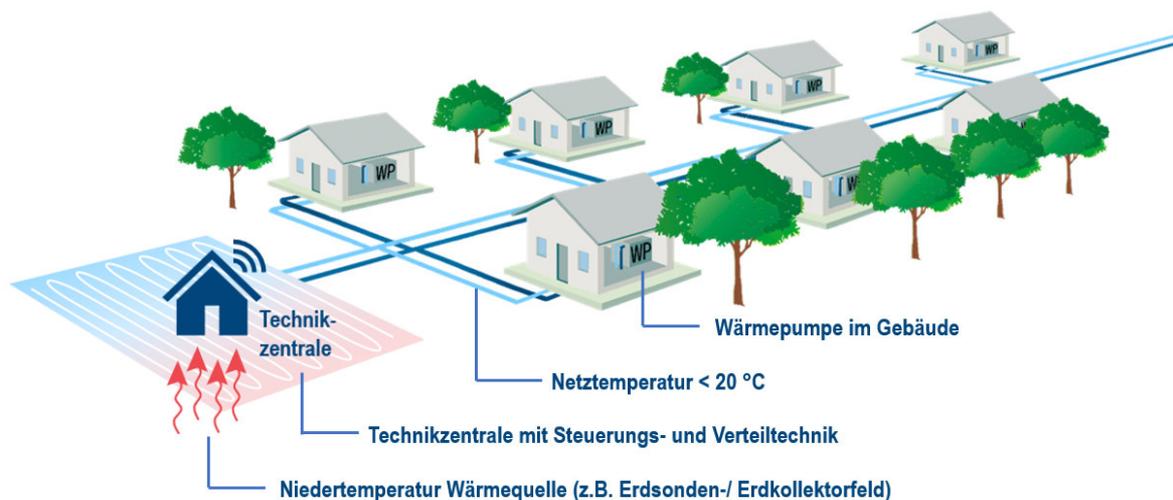


Abbildung 10: Wärmesystem und Netzaufbau bei kalter Nahwärme

Im Betriebszustand fließt das Wärmeträgermedium durch die Sonden und nimmt dabei die thermische Energie der Erdwärme auf. Mit Hilfe von Förderpumpen wird es dann an die Oberfläche zu einer Technikzentrale befördert, von wo aus es anschließend über ein Verteilnetz im Versorgungsgebiet verteilt wird. Die Wohngebäude sind mit Wärmepumpen ausgestattet, die die niedrigen Temperaturen aus dem Nahwärmenetz (5 bis 15°C) nutzen und auf Heizungs- und Warmwassertemperaturen (ca. 30 bis 60°C) anheben. Um ausreichend Warmwasser vorzuhalten sind die Gebäude mit Warmwasserspeichern ausgestattet, die von der Wärmepumpe auf Temperatur gehalten werden.

Innerhalb der Heizsaison erzeugen die Wärmepumpen aus dem 5 bis 15°C temperierten Wärmenetz Heiz- und Trinkwasserwärme. Außerhalb der Heizsaison können die Wärmepumpen hingegen auch so gefahren werden, dass sie nur Trinkwarmwasser erzeugen, während die niedrigen Temperaturen aus dem Nahwärmenetz zum Kühlen der Wohngebäude

genutzt werden können (passives Kühlen). Das Wärmeträgermedium nimmt dann einen Teil der Wärme aus dem Wohngebäude auf und gibt diese über die Erdsonden an das Erdreich wieder ab.

#### 4.4.2. Mittelwarme Nahwärme

Unter mittelwarmer Nahwärme wird der Betrieb eines Nahwärmenetzes bei mittelhohen Temperaturen (30 bis 45°C) verstanden. Hierbei können die gleichen Wärmequellen erschlossen werden wie bei der kalten Nahwärme. Am Beispiel der Erdwärmesonden wird das durch die Sonden fließende Wärmeträgermedium mit 5 bis 10°C zur Technikzentrale befördert. Im Gegensatz zur kalten Nahwärmeversorgung befindet sich in der Technikzentrale eine Groß-Wärmepumpe, die die Temperaturen aus den Erdsonden nutzt und für den Betrieb des Nahwärmenetzes auf mittelhohe Temperaturen von 30 bis 45°C anhebt. Mit Hilfe von Umwälzpumpen wird die Wärme im Nahwärmenetz über isolierte Rohrleitungen zu den Wohngebäuden befördert.

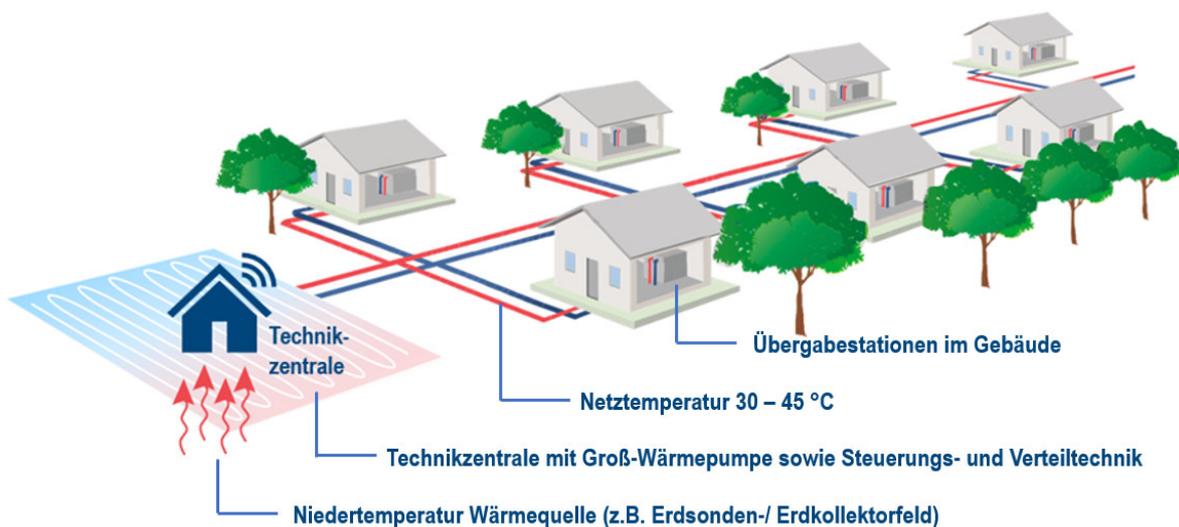


Abbildung 11: Wärmesystem und Netzaufbau bei mittelwarmer Nahwärme

Dort wird die Wärme über Hausübergabestationen (keine Wärmepumpen) an den Heizkreislauf der Gebäude abgegeben. Für die Warmwasserbereitstellung wird Frischwasser durch die Nahwärme vorgewärmt und anschließend elektrisch über einen Durchlauferhitzer nacherhitzt. Bei Mehrfamilienhäusern können anstelle von Durchlauferhitzern für die Trinkwarmwasserbereitstellung auch Wasser-Wärmepumpen in Kombination mit Trinkwasserspeichern eingesetzt werden.

#### 4.4.3. Dezentrale Einzel-Luft-Wärmepumpen

Bei einem dezentralen Versorgungssystem mit Einzel-Luft-Wärmepumpen wird angenommen, dass in jedem Gebäude innerhalb des Quartiers eine einzelne Wärmepumpe installiert ist. Diese wird meist in Hauswirtschafts- oder Kellerräumen installiert und benötigt ein Standardmaß von ca. 2 x 0,6 x 0,6 m (H x B x T). Zusätzlich wird eine Außeneinheit benötigt. Diese wird in der Regel im Vorgarten oder Garten aufgestellt. Abbildung 12 zeigt eine beispielhafte Aufstellung der Außeneinheit eines modernen Reihenhauses.



Abbildung 12: Beispielhafte Aufstellung von Außeneinheiten bei einem Reihenhaus<sup>19</sup>

#### 4.5. Geothermische Eignung des Plangebiets

Um eine genaue Einschätzung des Geothermiepotentials in einem Untersuchungsgebiet zu erhalten, wird in der Praxis ein sogenannter Geothermal Response Tests (GRT) durchgeführt, der Aufschluss über die thermodynamischen Eigenschaften des Erdreichs gibt. Da die Durchführung des Tests einen hohen Planungsaufwand sowie erhöhte Kosten nach sich zieht, wird er im Rahmen einer Machbarkeitsstudie durchgeführt und im Falle einer Beantragung der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) im Modul 1 mit 50 Prozent bezuschusst.



Abbildung 13: Geothermal Response Test im Rahmen eines Projektes im Kreis Wesel

Um eine Variantenbetrachtung im Hinblick auf die Effizienz, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit der Systeme vorab durchführen zu können, werden für das Quartier Niederstockumer Weg Auskünfte über den Geologischen Dienst NRW (GD NRW) herangezogen. Diese enthalten Informationen bzgl. der Untergrundverhältnisse sowie Gefährdungspotentiale in Nordrhein-Westfalen. Zusätzlich wurde eine erste Vorbetrachtung des Gebietes in Abstimmung mit dem Geologischen Dienst NRW durchgeführt.

Die Eignung oberflächennaher Erdwärmekollektoren zur Wärmeversorgung kann Abbildung 14 entnommen werden. Für nahezu das gesamte Plangebiet lässt sich eine Wärmeentzugsleistung von 20 bis 30 W/m<sup>2</sup> bei 1800 Betriebsstunden bzw. 16 bis 24 W/m<sup>2</sup> bei

<sup>19</sup> <https://sanitaer-heizungs-klimatechnik.referenzen.com/bosch-thermotechnik-gmbh/neubau-von-reihenhaeusern-mit-regenerativen-heizungen->

2400 Betriebsstunden erzielen. Darüber hinaus liegt am nordöstlichen Gebietsrand innerhalb des ersten Tiefenmeters Grundwasser vor. Dieses wirkt sich positiv auf die Wärmeleitfähigkeit im Erdboden aus und trägt zudem zur Regeneration des Erdreiches bei. Mit der erzielbaren Wärmeentzugsleistung kann das Quartier grundsätzlich mittels Erdwärmekollektoren versorgt werden. Voraussetzung ist allerdings, dass genügend Freiflächen für die Einbringung der Erdkollektoren zur Verfügung stehen.

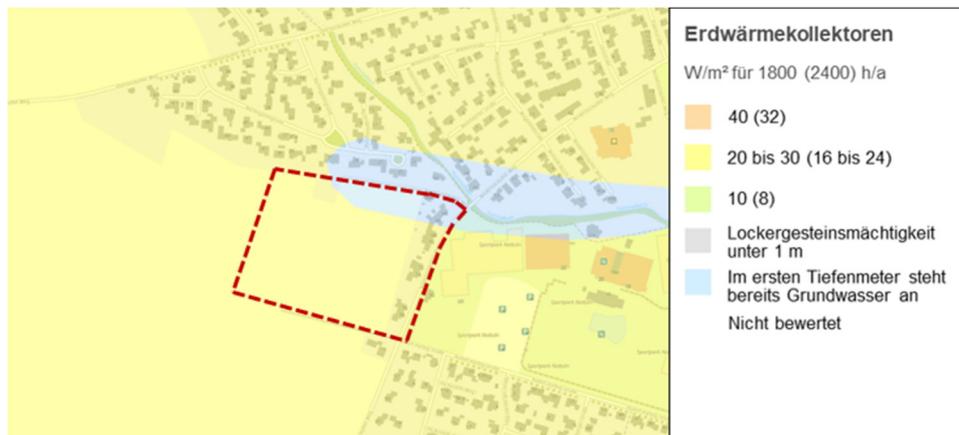


Abbildung 14: Wärmeentzugsleistung von Erdwärmekollektoren<sup>20</sup>

Bei den Erdwärmesonden gibt der geologische Dienst die Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches für verschiedene Tiefenzonen an. Je tiefer die Erdbohrung ist, desto höher ist dabei die Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches, da die Erdtemperatur mit zunehmender Tiefe ansteigt. Die Auswertung für das Quartier kann Abbildung 15 entnommen werden. Insgesamt lässt sich die Wärmeleitfähigkeit für das Vorhabengebiet als mittel bis gut einstufen. Bei Erdbohrungen bis 40 m Tiefe ist für das gesamte Gebiet mit einer Wärmeleitfähigkeit von 1,5 bis 1,9 W/(m·K) zu rechnen (mittlerer Bereich). Im Falle von Erdbohrungen mit 60 bis 100 m Tiefe ist die Wärmeleitfähigkeit im östlichen Teil ebenfalls im mittleren Bereich angesiedelt. Der westliche Teil des Gebietes wird hingegen mit 2,0 bis 2,4 W/(m·K) als gut eingestuft.

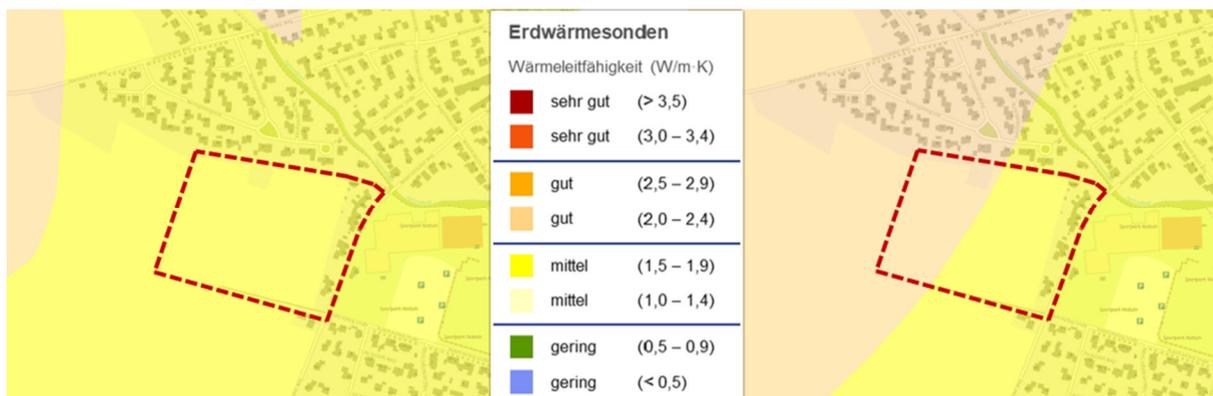


Abbildung 15: Wärmeleitfähigkeit Erdwärmesonden 40 m Tiefe (links) und 60 - 100 m Tiefe (rechts)<sup>21</sup>

Ein weiterer Aspekt, der bei der Betrachtung von Erdbohrungen berücksichtigt werden muss, ist das Gefährdungspotential des Untergrundes. Hierfür stellt der GD NRW Kartenmaterial mit

<sup>20</sup> <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah>

<sup>21</sup> <https://www.geothermie.nrw.de/oberflaechennah>

ausgewiesenem Gefährdungspotential zur Verfügung. Die Auswertung für das Zielgebiet ist in Abbildung 16 dargestellt.

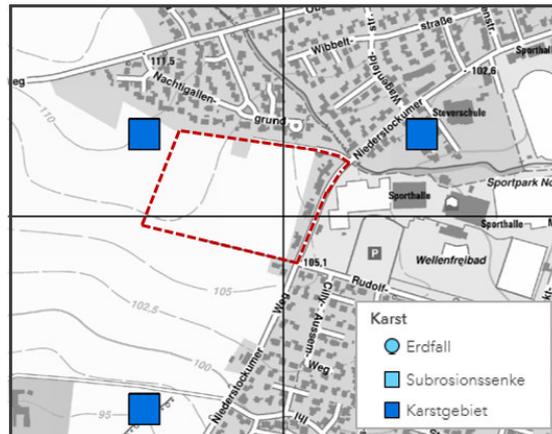


Abbildung 16: Gefährdungspotentiale des Untergrundes<sup>22</sup>

Das Quartier befindet sich demnach in den Ausläufern eines Karstgebietes und somit in einem hydrogeologisch kritischen Bereich. Nach Auskunft des GD NRW ist dies im Auftreten der Holtwick-Formation der Oberkreide begründet. Der Untergrund ist in der geologischen Karte von Nottuln als tonig-schluffiger Kalkmergelstein beschrieben, in dem Mergelkalksteinbänke auftreten (siehe Abbildung 17). Die Kalksteinbänke können dabei bei Erdbohrungen zu unerwarteten Grundwasserzutritten bzw. Spülverlusten führen.

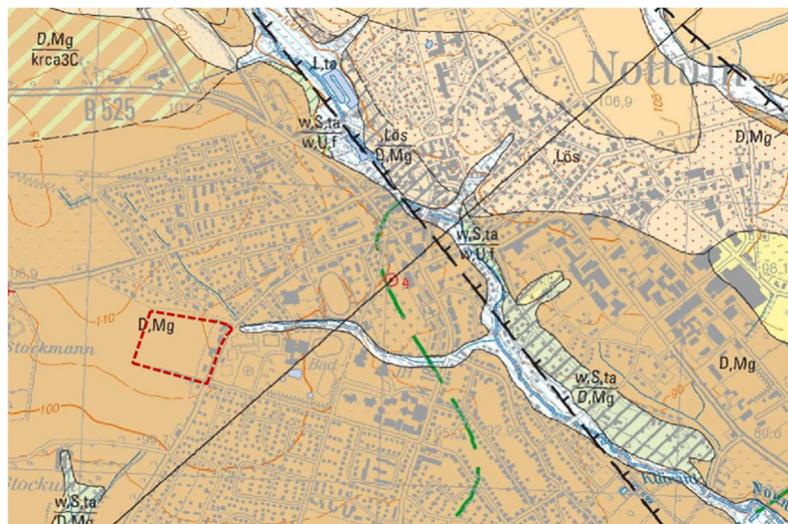


Abbildung 17: Ausschnitt des Blattes 4010 - Nottuln, der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen

Positiv zu bewerten ist, dass die Holtwick-Formation als Grundwasseringeleiter einzustufen ist<sup>23</sup> und Zutritte von Grundwasser daher als unwahrscheinlich einzuordnen sind. In Schichtenverzeichnissen angrenzender Bohrungen ist andererseits Mergelstein ohne nennenswerte Kalksteinbänke dokumentiert worden.

Nach Einschätzung des GD NRW sind Erdbohrungen mit einer Tiefe von über 100 Metern aus hydrogeologischer Sicht grundsätzlich möglich und werden vom GD NRW auch befürwortet. Da es sich um ein identifiziertes Gebiet nach § 13 Abs. 2 S. 1 Standortauswahlgesetz handelt,

<sup>22</sup> [https://www.gdu.nrw.de/GDU\\_Buerger/](https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/)

<sup>23</sup> <https://link.springer.com/article/10.1007/s00767-022-00525-2>

ist grundsätzlich vor Einbringung von Erdsonden ins Erdreich eine Erlaubnis durch das Bundesamt für Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) einzuholen. Die abschließende Prüfung erfolgt im Rahmen des Genehmigungsverfahrens durch die untere Wasserbehörde, wozu auch der GD NRW eingebunden wird.

Auf Basis der Ergebnisse des Kartenmaterials des GD NRW wird der benötigte Flächenbedarf im Quartier für die Nutzung der Geothermiewärme errechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 aufgeführt. Durch die unterschiedlichen Charakteristiken der Wärmesysteme (kalte und mittelwarme Nahwärme) werden leicht abweichende Entzugsleistungen aus der Wärmequelle benötigt, mit 380 kW bei kalter und 386 kW bei mittelwarmer Nahwärme. Für den Flächenbedarf der Erdkollektoren wird eine Wärmeentzugsleistung von 30 W/m<sup>2</sup> angesetzt. Daraus errechnet sich eine benötigte Kollektorfläche von 12.700 m<sup>2</sup> bei kalter und 12.900 m<sup>2</sup> bei mittelwarmer Nahwärme. Bei den Erdsonden wird die Sondenentzugsleistung auf Basis der Wärmeleitfähigkeit bestimmt. Für die Kalkulation ist die Sondenentzugsleistung in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen“ gewählt worden. Da bei kalter Nahwärme eine Regeneration des Erdsondenfeldes möglich ist, ergeben sich demnach mit 32 W/m etwas höhere Entzugswerte gegenüber der mittelwarmen Nahwärme mit 30 W/m. Dies führt dazu, dass sich bei Sondertiefen von 200 m bei der kalten Nahwärme eine erforderliche Sondenanzahl von ca. 60 Stück errechnet und bei der mittelwarmen Nahwärme von ca. 64 Stück. Es ist dabei zu beachten, dass bei 200 m tiefen Erdsonden diese zueinander einen Abstand von min. 10 m einhalten müssen.

	Kalte Nahwärme	Mittelwarme Nahwärme
Quellentzugsleistung [kW]	380	386
<b>Erdkollektoren</b>		
Wärmeentzugsleistung [W/m <sup>2</sup> ]	30	30
Kollektorfläche (gerundet) [m <sup>2</sup> ]	12.700	12.900
<b>Erdsonden</b>		
Sondenentzugsleistung [W/m]	32	30
Sondentiefe [m]	200	200
Sondenanzahl [Stk.]	59	64

*Tabelle 7: Ergebnisse der Flächenbedarfsabschätzung für Erdkollektoren und Erdsonden im Quartier*

#### 4.6. Versorgungsvarianten für das Quartier Niederstockumer Weg

In Kapitel 4.2. wurden als geeignete Wärmequellen primär Außenluft sowie Geothermiewärme in Kombination mit Wärmepumpen bestimmt. Innerhalb des Quartiers stehen für Erdkollektoren allerdings nicht genügend Flächen zur Verfügung, sodass eine geeignete Fläche außerhalb des Standortes bereitgestellt werden müsste. Da dies vorerst nicht absehbar ist, werden somit Erdwärmekollektoren als potenzielle Wärmequelle nicht weiter betrachtet und der Fokus auf Erdwärmesonden gelegt.

Unter Berücksichtigung aller Erkenntnisse werden für das Quartier schließlich drei Wärmeversorgungsvarianten identifiziert, die in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Das Ziel liegt mitunter darin das attraktivste System für den Hausbesitzer im Quartier zu bestimmen. Die Ausgestaltungsmöglichkeiten der drei Versorgungsvarianten im Quartier werden nachfolgend beschrieben und dienen als Basis für die Kostenkalkulation:

### Variante 1: Kalte Nahwärme mit Erdsonden

Die Variante kalte Nahwärme könnte im Quartier so ausgestaltet werden, wie es in Abbildung 18 dargestellt ist und dient als Grundlage für die Kostenkalkulation. In diesem Fall wird die Wärmequelle durch ein zentrales Erdsondenfeld bestehend aus ca. 60 Erdsonden mit je 200 m Tiefe gebildet. Die Sonden werden vorwiegend in den Grün- und Retentionsflächen installiert und tragen zur weiteren Multifunktionalität der Flächen bei. Diese dienen neben der Bereitstellung von Erholungsflächen für die BewohnerInnen, der Retention und Versickerung von Niederschlagswasser und somit der Entlastung des Kanalisationssystems bei Regenereignissen. Das Sickerwasser ist wiederum von Vorteil für die Wärmequellenanlage und trägt positiv zum Wärmeeintrag bei. Die Wärme aus dem Sondenfeld wird gebündelt zu einer Technikzentrale geführt, die innerhalb der Energiegarage integriert wird und primär über Technik zur Wärmeverteilung und zur Steuerung verfügt. Benötigt würde dafür ein etwa 7 x 8 m großer Raum im Erdgeschoss der Garage.

Von der Technikzentrale aus wird die Wärme über ein Nahwärmenetz zu den Wohngebäuden im Quartier verteilt. Eine mögliche Verteilnetzstruktur ist ebenfalls in Abbildung 18 dargestellt. Das Rohrsystem besteht aus Kunststoffrohren (Polyethylen-Rohre) und ist ungedämmt. Innerhalb der Wohngebäude dienen Wärmepumpen für die Anhebung der Netztemperaturen auf die notwendigen Trinkwarmwasser- und Heiztemperaturen. Für die Kalkulation werden hierfür JAZ von 5,2 angesetzt. Um ausreichende Trinkwassermengen bereitzustellen, wird jedem Haus ein Trinkwasserspeicher zugeordnet.



Abbildung 18: Sonden- und Verteilnetzsystem bei der Umsetzung eines Nahwärmenetzes

## **Variante 2: Mittelwarme Nahwärme mit Erdsonden**

Bei der mittelwarmen Nahwärmevariante wäre die Auslegung des Erdsondenfeldes und des Verteilnetzes im Quartier weitestgehend identisch zu der kalten Nahwärmevariante (siehe Abbildung 18). Die erforderliche Erdsondenanzahl wäre allerdings mit 64 Stück etwas höher. Die Technikzentrale würde zudem neben einer Verteil- und Steuerungseinheit zusätzlich eine Groß-Wärmepumpe beinhalten, die mit einer angenommenen JAZ von 5,5 das Verteilnetz ganzjährig auf Temperaturen von 30 bis 45°C anhebt. Dadurch wäre innerhalb der Technikzentrale weitere Stellfläche von ca. 8 x 9 m nötig. Die Groß-Wärmepumpe erzeugt eine Trennung zwischen dem Erdsondenfeld und dem Verteilnetz, sodass diese mit unterschiedlichen Wärmeträgermedien zu befüllen wären.

Über das Verteilnetz wird die Wärme zu den Wohngebäuden geleitet, in denen Hausübergabestationen installiert sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Wärmeübergabestationen bei den Einfamilienhäusern und der Kindertagesstätte über eine elektrische Nachheizung in Form eines Durchlauferhitzers für Trinkwasser verfügen. In den Mehrfamilienhäusern sind anstelle von Durchlauferhitzern Groß-Wasser-Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung angedacht. Diese arbeiten mit einer angenommenen JAZ von 4,0.

## **Variante 3: Einzel-Luft-Wärmepumpen**

Im letzten Modell wird vorausgesetzt, dass jedes Wohngebäude mit einer eigenen Luft-Wasser-Wärmepumpe ausgestattet ist. Als JAZ wird für die Kalkulation ein Wert von 4,0 angenommen.

## **4.7. Bundesförderung für effiziente Wärmenetze**

Die BEW ist ein Förderprogramm des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Durch das Programm soll der Neubau von Wärmenetzen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien (mind. 75 Prozent) sowie die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze gefördert werden. Die Wärmeversorgung muss auf mindestens 17 Gebäude oder mehr als 100 Wohneinheiten ausgerichtet sein. Es ersetzt das bisherige Förderprogramm „Wärmenetzsysteme 4.0“.

Antragsberechtigt sind grundsätzlich:

- Unternehmen nach § 14 BGB
- Kommunen, wenn wirtschaftlich tätig
- Kommunale Eigenbetriebe
- Kommunale Unternehmen
- Kommunale Zweckverbände
- Eingetragene Vereine
- Eingetragene Genossenschaften
- Contractoren

Das Förderprogramm ist in vier Fördermodule unterteilt, die wie in Abbildung 19 dargestellt, zeitlich aufeinander aufbauen.

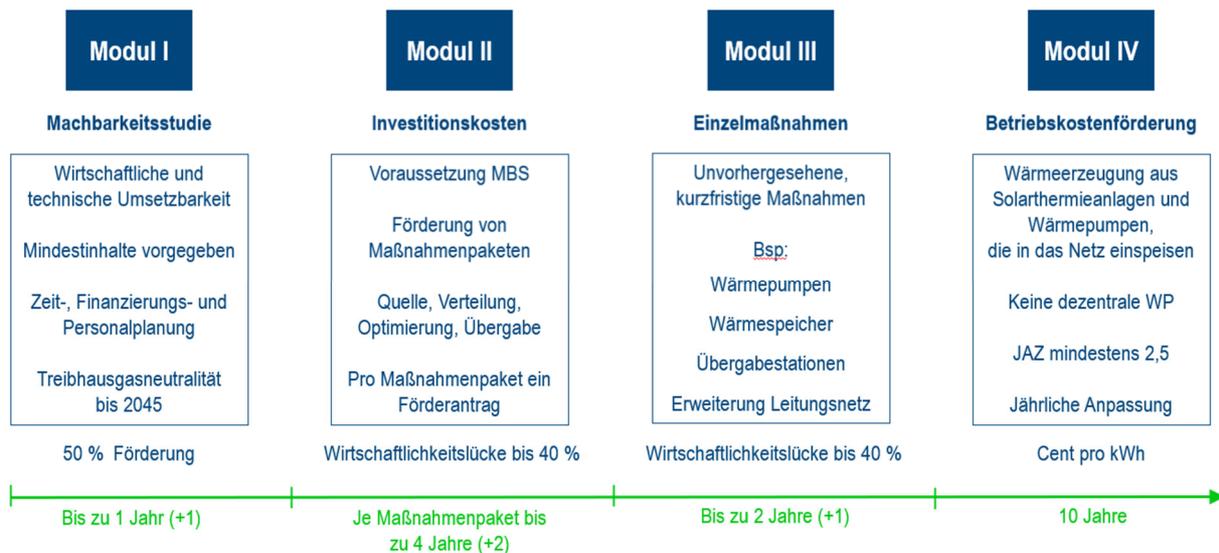


Abbildung 19: Modularer Aufbau der BEW und die individuellen Umsetzungszeiträume

### Modul 1: Machbarkeitsstudie

In Modul 1 der Förderung werden Machbarkeitsstudien gefördert, in denen Planungsleistungen angelehnt an die Leistungsphasen 1 bis 4 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) erbracht werden. Im Vordergrund der Machbarkeitsstudie steht die Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit des Konzeptes zum Neubau eines Wärmenetzsystems mit einem Anteil erneuerbarer Wärmeerzeugung von mindestens 75 Prozent. Im Rahmen der Studie werden unter anderem Ausgaben für Probebohrungen oder Geothermal Response Tests gefördert. Der nicht rückzahlbare Zuschuss des BAFA beläuft sich auf 50 Prozent der förderfähigen Kosten, bei einer maximalen Fördersumme von zwei Millionen Euro. Der Bearbeitungszeitraum beträgt nach Fördermittelzusage ein Jahr und kann einmalig um weitere 12 Monate verlängert werden.

### Modul 2: Investitionskosten

Im Rahmen des Modul 2 werden systemische Maßnahmen zur Umsetzung des Wärmenetzes gefördert. Voraussetzungen ist das Vorliegen einer Machbarkeitsstudie nach Modul 1 der BEW. Die Förderung umfasst alle notwendigen Maßnahmen von der Installierung der Erzeugungsanlagen über die Wärmeverteilung bis zur Übergabe an die zu versorgenden Gebäude. Förderfähige Infrastruktur und Netzkomponenten müssen im Eigentum des Antragstellers sein und umfassen beispielsweise Geothermieanlagen, Wärmepumpen und -speicher, Heizzentralen und dazugehörige Messtechnik sowie Digitalisierungskomponenten. Vom Umfang der Förderung sind Planungsleistungen eingeschlossen, die den Merkmalen der Leistungsphasen 5 bis 8 der HOAI entsprechen. Durch das BAFA erfolgt ein Investitionszuschuss in Höhe von bis zu 40 Prozent der förderfähigen Ausgaben, wobei die Förderung auf die Wirtschaftlichkeitslücke im Vergleich zu einer Wärmeversorgung im konventionellen Sinne und eine maximale Fördersumme von 100 Millionen Euro begrenzt ist. Die Förderung erhält jene Institution, die die Ausgaben trägt. In Abhängigkeit des gewählten Betreibermodells aus Kapitel 5 ist dies entweder der Energieversorger oder die gemeinsame Versorgungsgesellschaft.

	Referenz Erdgas	Regenerative Versorgung I	Regenerative Versorgung II
Investitionsvolumen	1.000.000 €	2.000.000 €	1.500.000 €
Wirtschaftlichkeitslücke	-	1.000.000 €	500.000 €
40 % - Förderung	-	800.000 €	600.000 €
Maximale Förderhöhe	-	800.000 € (= 40 %)	500.000 € (= 33 %)

*Tabelle 8: Beispielrechnung zur Bestimmung der Förderhöhe eines Projektes*

### Modul 3: Einzelmaßnahmen

Kurzfristige Einzelmaßnahmen können in Modul 3 gefördert werden, wenn sie weder im Rahmen der Machbarkeitsstudie noch im Rahmen der systemischen Maßnahmen des Modul 2 vorgesehen waren und dennoch aufgrund neuer Erkenntnisse notwendig sind. Hierzu zählen insbesondere Solarthermieanlagen, Wärmepumpen, Wärmespeicher, Rohrleitungen oder Wärmeübergabestationen.

### Modul 4: Betriebskosten

Für den Zeitraum von 10 Jahren nach Errichtung des Wärmenetzes wird eine Betriebskostenförderung für die Erzeugung erneuerbarer Wärmemengen aus Solarthermieanlagen und (Groß-) Wärmepumpen, die in das Wärmenetz einspeisen, gewährt. Bei einer JAZ von mindestens 2,5 wird eine jährlich angepasste Betriebskostenförderung gewährt und ausgezahlt. Die Höhe der Förderung unterscheidet sich je nach Anlagentyp auf Grundlage einer Berechnungsformel und unterliegt einem jährlichen Monitoring.

## 4.8. Kostenvergleich der Wärmeversorgungsvarianten

Um einen Gesamtkostenvergleich für die drei Betrachtungsvarianten aufzustellen, werden die Kosten je Versorgungsvariante berechnet und gegenübergestellt. Die Kalkulation basiert auf einer angenommenen Anschlussquote von 100%.

Für die Berechnungen werden die Jahresgesamtkosten ermittelt, die sich aus den Investitionskosten und den betriebsgebundenen Kosten zusammensetzen. Zudem werden die Zuschüsse der Module 1 und 2 der BEW in die Betrachtungen einbezogen. Als Basis wird ein Strompreis von 37 ct/kWh angesetzt.

Trotz großer Sorgfalt bei der Kostenermittlung können sich im Rahmen der späteren Umsetzung Abweichungen zu den dargestellten Berechnungen ergeben. Ursachen dafür können sein:

- Volatile Energiepreise
- Steigerung der Investitionskosten in Abhängigkeit der Marktlage und Verfügbarkeit (insbesondere Wärmepumpen)
- Verfügbarkeit möglicher Förderprogramme
- Abweichungen sonstiger Rahmenbedingungen wie Zinssatz oder Wartungskosten

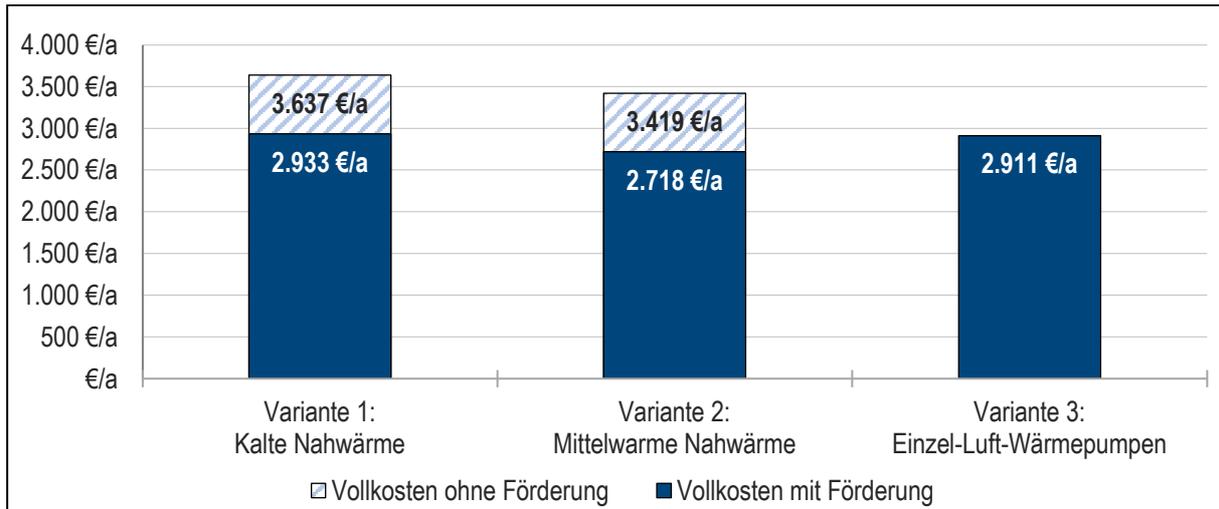


Abbildung 20: Vollkostenvergleich in Bezug auf die Versorgungsvarianten für ein EFH

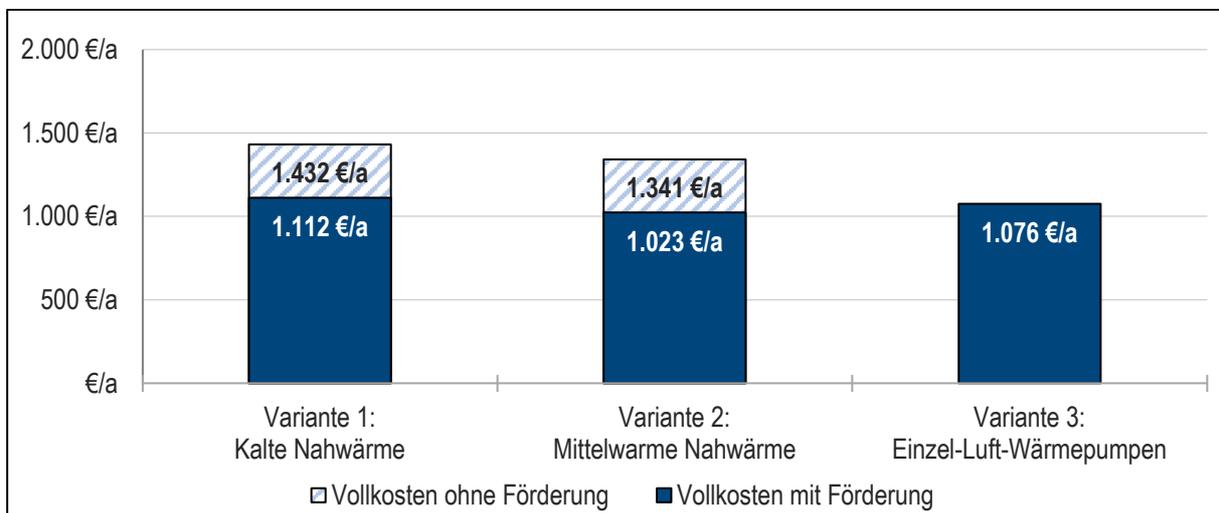


Abbildung 21: Vollkostenvergleich in Bezug auf die Versorgungsvarianten für eine WE im MFH

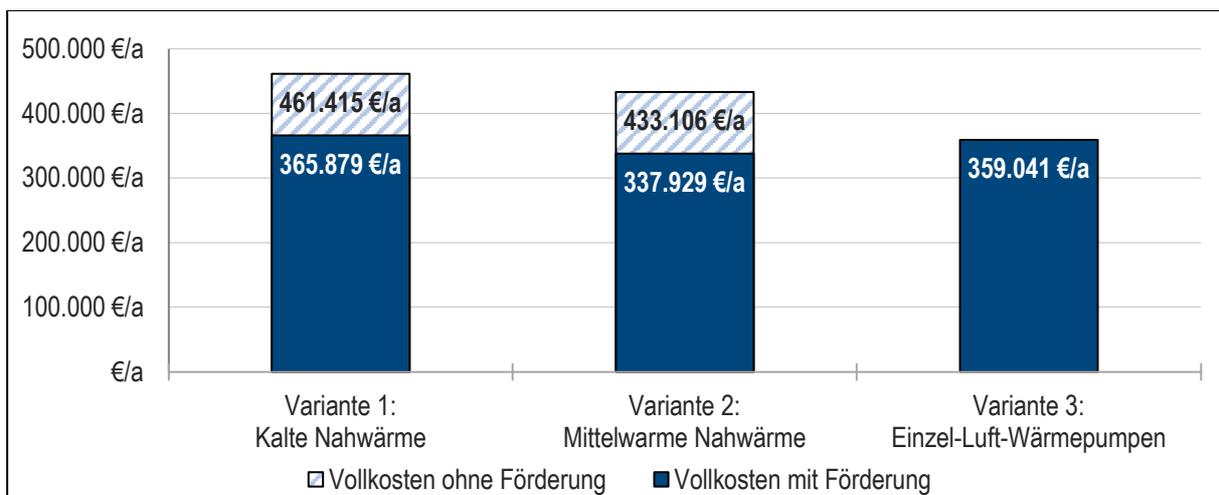


Abbildung 22: Vollkostenvergleich in Bezug auf die Versorgungsvarianten für das Gesamtquartier<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Die Abbildung stellt den Vollkostenvergleich für die Wohngebäude im Quartier ohne KiTa dar

In Abbildung 20 sind die Vollkosten der Wärmeversorgung für ein beispielhaftes Einfamilienhaus dargestellt. Für die mittelwarmen Nahwärme ergeben sich im Vergleich die niedrigsten Kosten mit 2.718 Euro/a. Die kalte Nahwärme sowie die Einzel-Luft-Wärmepumpen weisen mit circa 2.900 Euro/a ähnliche Vollkosten auf.

Für die Wohnungen in den Mehrfamilienhäusern ergibt sich ein ähnliches Bild (Abbildung 21). Auch hier stellt das mittelwarme Nahwärmenetz mit Vollkosten von 1.023 Euro/a die günstigste Variante dar. Die Versorgungsvariante per Einzel-Luft-Wärmepumpe verursacht für die Bewohner des Gebäudes Wärmevollkosten von 1.076 Euro/a. Die kalte Nahwärme ist im Vergleich etwas teurer.

In Abbildung 22 sind die Vollkosten für das gesamte Neubauquartier dargestellt, um einen Überblick unabhängig von den Gebäudetypen zu erhalten. Insgesamt schneidet die mittelwarme Nahwärme mit circa 338 Tausend Euro am besten ab. Eine Versorgung über Einzel-Luft-Wärmepumpen kostet circa 359 Tausend Euro, die Wärmebereitstellung über ein kaltes Nahwärmenetz liegt bei circa 366 Tausend Euro.

Aufgrund der komplexen Berechnungsmethodik wurde die Betriebskostenförderung der BEW (Modul 4) nicht berücksichtigt. Diese würde das Ergebnis des mittelwarmen Nahwärmenetzes leicht positiv beeinflussen. Die Varianten 2 oder 3 sind von der Betriebskostenförderung ausgeschlossen.

Die höheren Investitionskosten der kalten Nahwärme wirken sich im Vergleich zum mittelwarmen Netz nachteilig auf die Wirtschaftlichkeit aus. Bei den dezentralen Einzel-Luft-Wärmepumpen ist unter anderem die geringere Effizienz der Einzel-Luft-Wärmepumpe im Vergleich zur Sole-Wärmepumpe des mittelwarmen Netzes maßgeblich für höhere Betriebs- und dadurch höhere Vollkosten.

Die jährlichen Kosten beziehen sich bei allen verglichenen Varianten auf das erste Betriebsjahr. Sollte der Strompreis zukünftig steigen, wirkt sich dies positiv auf die Wärmekonzepte aus, die Geothermie als Wärmequelle nutzen, da diese einen geringeren Stromeinsatz als Einzel-Luft-Wärmepumpen benötigen.

#### 4.9. Gegenüberstellung der Betrachtungsvarianten

Im direkten Vergleich entstehen bei den verschiedenen Betrachtungsvarianten kalte Nahwärme, mittelwarme Nahwärme und Einzel-Luft-Wärmepumpen projektspezifische Möglichkeiten und Risiken, die in Bezug auf die Rahmenbedingungen und Ziele des Quartiers abgewogen werden sollten.

##### **Variante 1: Kalte Nahwärme**

Im Falle einer kalten Nahwärmeversorgung ist grundsätzlich von Vorteil, dass das Wärmesystem ganzheitlich energetisch sowie technisch aufeinander abgestimmt ist, da es aus einer Hand konzipiert, gebaut und betrieben wird. Zudem lässt sich die Auswahl des Wärmeversorgungssystems steuern, sodass Zielstellungen und Anforderungen an die Wärmeversorgung formuliert und miteingeplant werden können. Im Falle von dezentralen Einzel-Luft-Wärmepumpen hingegen ist eine Steuerbarkeit des Wärmeversorgungssystems nur bedingt realisierbar und es könnten Konflikte in Form von bspw. Bauverzögerungen durch viele individuelle Lösungen entstehen. Neben dem Versorgermodell wird bei der kalten Nahwärmevariante dabei auch die Ressourcenausnutzung gesteuert und überwacht, sodass ein langfristiger und nachhaltiger Wärmebetrieb garantiert wird. Zudem können die Bewohner im Versorgungsgebiet entlastet werden, da sie sich nicht selbst um ein geeignetes Wärmekonzept für ihr Haus kümmern müssen. Der Betrieb des Wärmesystems erfolgt

gänzlich über das Wärmeversorgungsunternehmen, sodass Themen wie Wartung, Instandhaltung und gegebenenfalls auftretende Störfälle ebenfalls mitabgedeckt sind.

Ein weiterer großer Vorteil der kalten Nahwärme ist die kostenlose passive Gebäudetemperierung im Sommer. Diese sorgt für ein erhöhtes Wohlbefinden im Wohngebäude und trägt darüber hinaus zur Regeneration des Erdreiches bei. Zudem sind verglichen zu Einzel-Luft-Wärmepumpen keine Außeneinheiten erforderlich, sodass keine akustischen und optischen Beeinträchtigungen im Quartier entstehen.

In Anbetracht des Kostenvergleichs besitzt die kalte Nahwärme - trotz eingeplanter Fördergelder aus dem BEW-Förderprogramm - das höchste Investitionsvolumen. Durch einen effizienten Betrieb der Wärmeerzeugungsanlage und die damit einhergehenden geringeren Betriebskosten liegt sie hingegen beim Vollkostenvergleich nur knapp unterhalb der Vollkosten für die Einzel-Luft-Wärmepumpen.

### **Variante 2: Mittelwarme Nahwärme**

Das grundlegende System der mittelwarmen Nahwärme ähnelt in seinen Grundzügen dem der kalten Nahwärme. Aufgrund dessen sind weitestgehend die gleichen Vorteile herauszustellen. Im Gegensatz zur kalten Nahwärme ist allerdings aufgrund der ganzjährigen Temperaturen von 30 bis 45°C im Verteilnetz eine passive Kühlung der Wohngebäude im Sommer nicht möglich. Es kann ausschließlich eine aktive Kühlung z. B. über Klimaanlage eingebunden werden.

Im Vollkostenvergleich stellt sich heraus, dass die mittelwarme Nahwärme die kostengünstigste Variante für das Quartier ist. Ferner würden die Betriebskosten weiter sinken, sofern die Förderung des BEW-Förderprogramms beansprucht wird. Dieser Sachverhalt wurde in dieser Kostenkalkulation nicht berücksichtigt und sollte im Falle einer BEW-Machbarkeitsstudie mitbetrachtet werden.

### **Variante 3: Dezentrale Einzel-Luft-Wärmepumpen**

Bei einem Versorgungskonzept mit dezentralen Luft-Wärmepumpen ergeben sich stattdessen andere Vor- und Nachteile für die Bewohner des Quartiers. Der Hauseigentümer ist flexibel in der Wahl seiner Wärmeerzeugungsanlage und unabhängig von einem Versorgungsunternehmen. Als Nachteil sind allerdings die geringere Effizienz durch den höheren Stromeinsatz sowie die Lärmemissionen durch die Außeneinheit zu erwähnen. Zudem ist bei dieser Variante keine passive Gebäudekühlung möglich.

Im Vergleich der drei Versorgungsvarianten ist die Einzel-Luft-Wärmepumpe bei Vollkostenbetrachtung die teuerste Variante für die Einfamilienhäuser.

### **Empfehlung für das Quartier**

In Anbetracht der genannten Vorzüge von zentralen Versorgungslösungen und der dargestellten Kosten wird ein mittelwarmes Nahwärmenetz für das Quartier empfohlen. Sollte der Faktor der Kühlung maßgeblich sein, sollte ein kaltes Nahwärmenetz aufgrund des Alleinstellungsmerkmals der passiven Kühlung präferiert werden.

In Anbetracht des geringeren Stromeinsatzes verbessert sich im Falle steigender Strompreise die Wirtschaftlichkeit der netzgebundenen Varianten mit Sole-Wärmepumpen.

#### 4.10. Variabilität zentraler Versorgungssysteme

Im Zuge städtebaulicher Planungs- und Abstimmungsprozesse kann es vorkommen, dass sich Eingangsparameter in Bezug auf die anzuschließenden Gebäude ändern oder zusätzliche Bestandsgebäude an das Nahwärmenetz angeschlossen werden sollen. Die ursprüngliche Netzauslegung kann so von der tatsächlich benötigten Dimensionierung abweichen. Damit die Versorgung aller sich anschließenden Endverbraucher zu jeder Zeit sichergestellt werden kann, können gewisse Netzkomponenten nachträglich - auch nach Fertigstellung des Wärmenetzes - eingebunden werden, um die Leistung des Netzes entsprechend zu erhöhen. Je nach Anlagentyp ist es möglich diese über das Modul 3 der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze fördern zu lassen, da diese für unvorhergesehene und kurzfristige Maßnahmen beantragt werden kann.

Im Quartier könnten folgende Netzkomponenten nachträglich zum Einsatz kommen:

- Einzel-Luft-Wärmepumpe
- Tischkühler
- Solarthermieanlage
- Eisspeicher
- Wärmespeicher

## 5. BETREIBERMODELL

Für den Betrieb eines regenerativen Nahwärmenetzes in Neubauquartieren sind drei Varianten denkbar:

### Versorgermodell

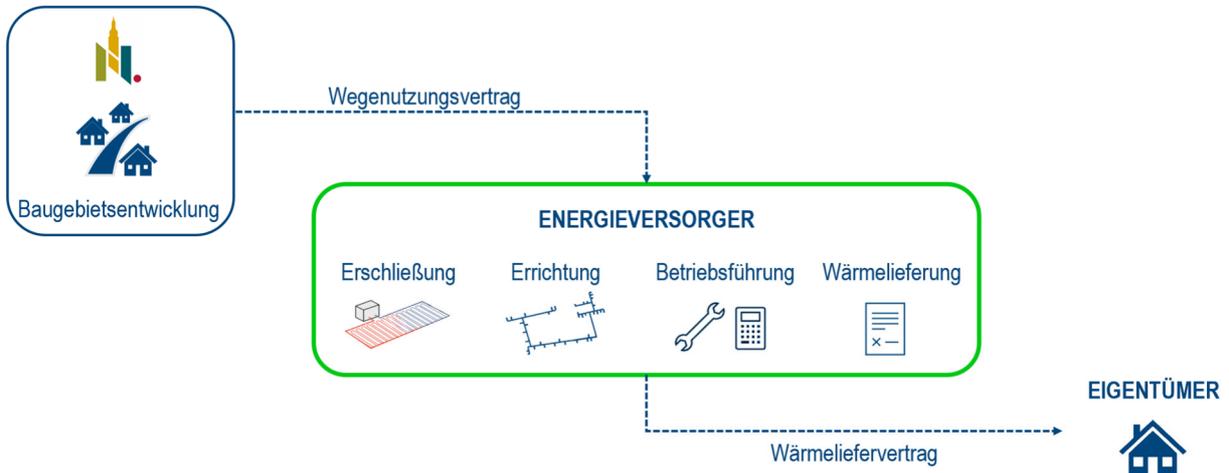


Abbildung 23: Schematische Darstellung des Versorgermodells

Im Rahmen des Versorgermodells übernimmt der Energieversorger alle Aufgaben der Wärmeversorgung im Quartier. Dies beinhaltet die Erschließung der Wärmequelle, die Errichtung der Infrastrukturen, die Betriebsführung und letztendlich die Wärmelieferung an die Endkunden. Bei dem Modell hat der Energieversorger die alleinige Steuerung des Systems inne, wodurch sich eine höhere Umsetzungsgeschwindigkeit ergibt. Die Kommune tätigt in diesem Modell keine Investition, partizipiert folglich auch nicht an den Erlösen aus der Wärmelieferung.

### Versorgungsgesellschaft (ÖPP)

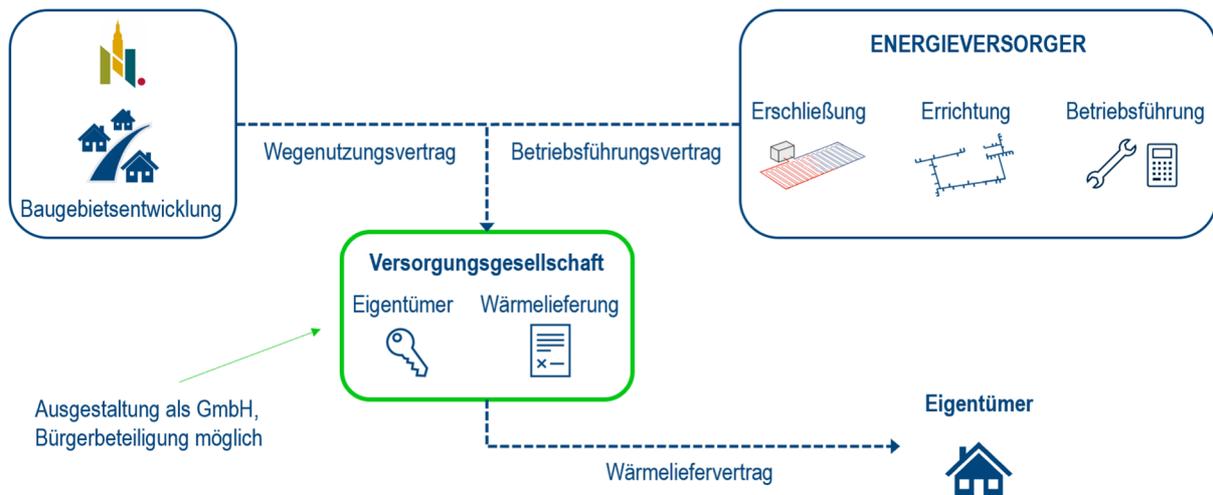


Abbildung 24: Schematische Darstellung der Versorgungsgesellschaft (ÖPP)

Das Modell der Versorgungsgesellschaft fußt auf der Gründung einer gemeinsamen Gesellschaft als öffentlich-private Partnerschaft zwischen Energieversorgungsunternehmen und Kommune. Eine Bürgerbeteiligung ist ebenfalls denkbar, was die Akzeptanz und Sensibilisierung in der Allgemeinheit erhöhen kann. Die Kommune ist in diesem Modell sowohl

finanziell als auch strategisch eingebunden. Die Versorgungsgesellschaft ist Eigentümer des Wärmenetzes und Wärmelieferant für die BewohnerInnen des Quartiers. Der Energieversorger erschließt die Wärmequelle, errichtet das Netz und gewährleistet den Netzbetrieb über einen Betriebsführungsvertrag mit der Versorgungsgesellschaft.

### Contracting-Modell

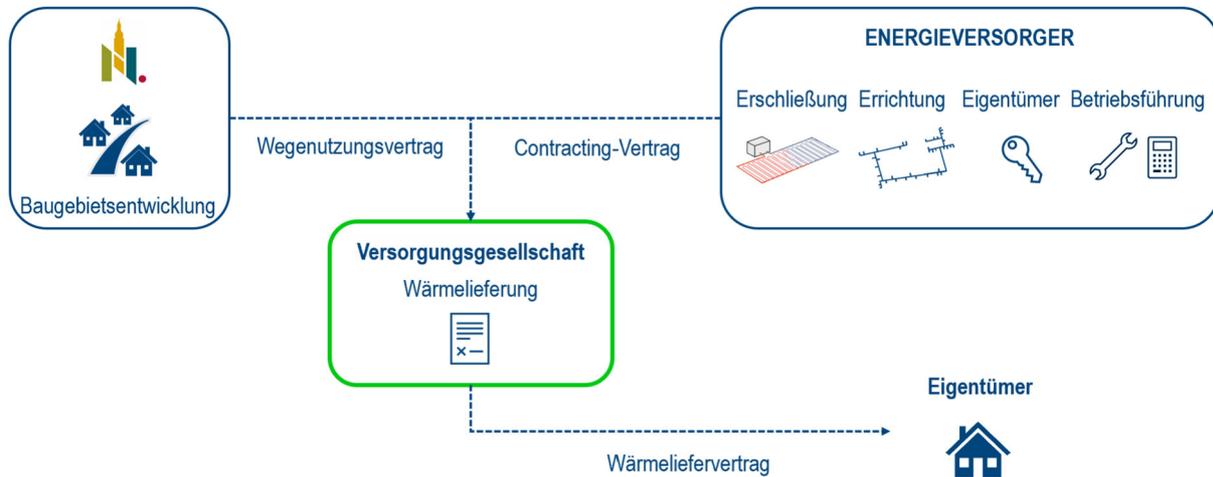


Abbildung 25: Schematische Darstellung des Contracting-Modells

Das Contracting-Modell ähnelt dem Modell der öffentlich-privaten Versorgungsgesellschaft, bei dem die Kommune und der Energieversorger eine gemeinsame Gesellschaft zur Versorgung des Gebietes gründen. Im Gegensatz dazu trägt die Kommune im Rahmen des Contracting-Modells keine Investitionskosten. Der Energieversorger errichtet das Wärmenetz und bleibt dessen Eigentümer. Durch einen Contracting-Vertrag pachtet die Versorgungsgesellschaft die Anlagen vom Energieversorger und schließt Wärmelieferverträge mit den Quartiersbewohnern ab. Außerdem partizipiert die Kommune an den Erlösen aus der Wärmelieferung an die Endkunden.

	Versorgermodell	ÖPP	Contracting-Modell
Investition, Rendite, Risiko	EVU	Versorgungsgesellschaft (Kommune + EVU)	EVU
Wärmelieferant	“	“	Versorgungsgesellschaft (Kommune + EVU)
Einflussnahme Kommune	Gering	Hoch	Mittel
Rolle Versorger - Kommune	Konzession	Konzession + Betriebsführungsvertrag	Konzession + Contracting-Vertrag
Komplexität	Gering	Mittel	Hoch

Tabelle 9: Vergleich der Betreibermodelle

## 6. SEKTORENKOPPLUNG

Der Begriff Sektorenkopplung beschreibt die enge Verknüpfung der verschiedenen Komponenten des Energiesystems, um eine effizientere Nutzung und die Integration erneuerbarer Energiequellen zu ermöglichen. Das Energiesystem umfasst im betrachteten Quartier die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität. Ziel ist es Synergien zu heben, um die Effizienz des Gesamtsystems zu steigern und damit den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu minimieren. Dies wird erreicht, indem die gesamte Energieversorgung auf Strom - der möglichst aus erneuerbaren Quellen stammt - umgestellt wird und fossile Brennstoffe verdrängt werden.

Es wird von einem mittelwarmen Netz ausgegangen, da sich hier Vorzüge in Bezug auf die Sektorenkopplung ergeben.

### 6.1. Strom und Wärme

Im konkreten Fall soll das Quartier aus einer Kombination aus Erdwärme und Elektrizität (mittelwarmes Nahwärmenetz) mit Wärme versorgt werden, da sich hierbei Vorzüge in Bezug auf die Sektorenkopplung ergeben. Strom wird sowohl in der zentralen Wärmepumpe als auch zur Nacherwärmung des Trinkwassers in den dezentralen Hausübergabestationen verwendet. Wie in Kapitel 3 festgestellt, kann der prognostizierte Bedarf an Haushaltstrom durch die PV-Anlagen in Bezug auf ein Jahr bilanziell vollständig gedeckt werden. Unter Berücksichtigung des Wärmestrombedarfs und der Ausrichtung der PV-Anlagen wird folgender Eigenversorgungsgrad im Quartier erreicht:

	Kalte Nahwärme	Mittelwarme Nahwärme	Einzel-Luft-Wärmepumpen
Bedarf Haushaltsstrom [kWh]	596.650	596.650	596.650
Bedarf Wärmestrom [kWh]	232.182	260.872	301.836
Stromproduktion PV [kWh] (Südausrichtung)	787.550	787.550	787.550
Stromproduktion PV [kWh] (Ost-West Ausrichtung)	958.561	958.561	958.561
<b>Eigenversorgungsgrad bilanziell (Süd)</b>	<b>95 %</b>	<b>92 %</b>	<b>88 %</b>
<b>Eigenversorgungsgrad bilanziell (Ost-West)</b>	<b>116 %</b>	<b>112%</b>	<b>107 %</b>

*Tabelle 10: Bilanzieller Eigenversorgungsgrad bei Süd- bzw. Ost-West Ausrichtung der PV-Anlagen*

Bei der Ost-West Ausrichtung kann das Quartier bei allen betrachteten Wärmeversorgungsvarianten bilanziell vollständig mit PV-Strom versorgt werden. Werden die PV-Module in Südausrichtung installiert, liegt die bilanzielle Eigenversorgungsquote bei den netzgebundenen Varianten zwischen 92 und 95 Prozent. Aufgrund des höheren Stromverbrauchs kommen die dezentralen Einzel-Luft-Wärmepumpen nur auf einen bilanziellen Autarkiegrad von 88 Prozent.

Bei einem mittelwarmen Nahwärmenetz wird der benötigte Wärmestrom für die zentrale Wärmepumpe in Zeiten mit ausreichender solarer Einstrahlung durch die PV-Anlagen auf dem Dach der Energiegarage produziert. Für die Trinkwassererwärmung können die PV-Anlagen

auf den Dächern der Wohngebäude dezentral Strom bereitstellen. Aus Sicht des Betriebs des Gesamtsystems ist diese Konstellation vorteilhaft. Sowohl die zentrale PV-Anlage als auch die Wärmepumpe sind im Besitz des Wärmeversorgungsunternehmens. Auf diese Weise kann der Strom unkompliziert - ohne dass er über das öffentliche Netz transportiert werden muss - vor Ort verbraucht werden. Gleiches gilt für die Warmwasserbereitung. Hier wird der Strom direkt aus der Anlage des Hausbesitzers bezogen. Die Eigentumsverhältnisse sind wichtig, da die Eigennutzung des Stroms nur dann möglich ist, wenn Erzeugungsanlage und Verbraucher dem gleichen Eigentümer gehören.

### Eigentumsverhältnisse

Bei der präferierten Variante des mittelwarmen Nahwärmenetzes sind die Eigentumsverhältnisse in Bezug auf die Nutzung von PV-Strom unkompliziert. Wärmequelle, die Großwärmepumpe und das Wärmenetz sind im Besitz des Versorgungsunternehmens. Ebenso die PV-Anlage auf dem Dach der Energiegarage. Die Hausübergabestationen und PV-Anlagen auf den Wohngebäuden sind im Besitz der Hauseigentümer. Für die Nutzung des Förderprogramms BEW ist diese Konstellation sehr vorteilhaft, da nur Wärmepumpen gefördert werden, die im Besitz des Versorgers sind und in das Nahwärmenetz einspeisen.

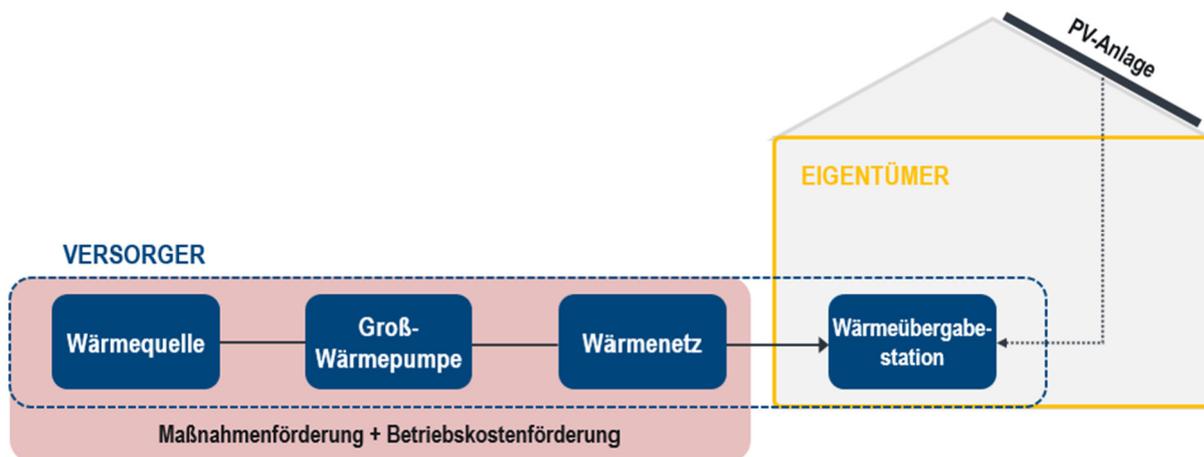


Abbildung 26: Eigentumsverhältnisse mittelwarmes Nahwärmenetz

Bei der Wärmeversorgung über ein kaltes Nahwärmenetz ist die Einbindung von Photovoltaik-Anlagen komplexer. Hierbei sind zwei Optionen denkbar (Abbildung 27).

#### Option A

Die Wärmepumpen in den Wohngebäuden gehören dem Versorgungsunternehmen. Der Hausbesitzer müsste den Strom an den Versorger verkaufen und könnte ihn nicht als Haushaltsstrom selbst verbrauchen. Somit ist keine Eigenversorgung mit Strom aus der PV-Anlage möglich. Der Vorteil dieser Variante wäre allerdings, dass die Wärmepumpe über die BEW förderfähig ist.

#### Option B

Die Wärmepumpen in den Wohngebäuden gehören den einzelnen Hauseigentümern. Dadurch wäre die Eigennutzung des selbst erzeugten PV-Stroms möglich. Die Wärmepumpe wäre allerdings nicht durch die BEW förderfähig, da Privatleute nicht antragsberechtigt sind. Zudem gibt es aktuell keine explizite Förderung für Wärmepumpen im Neubau.

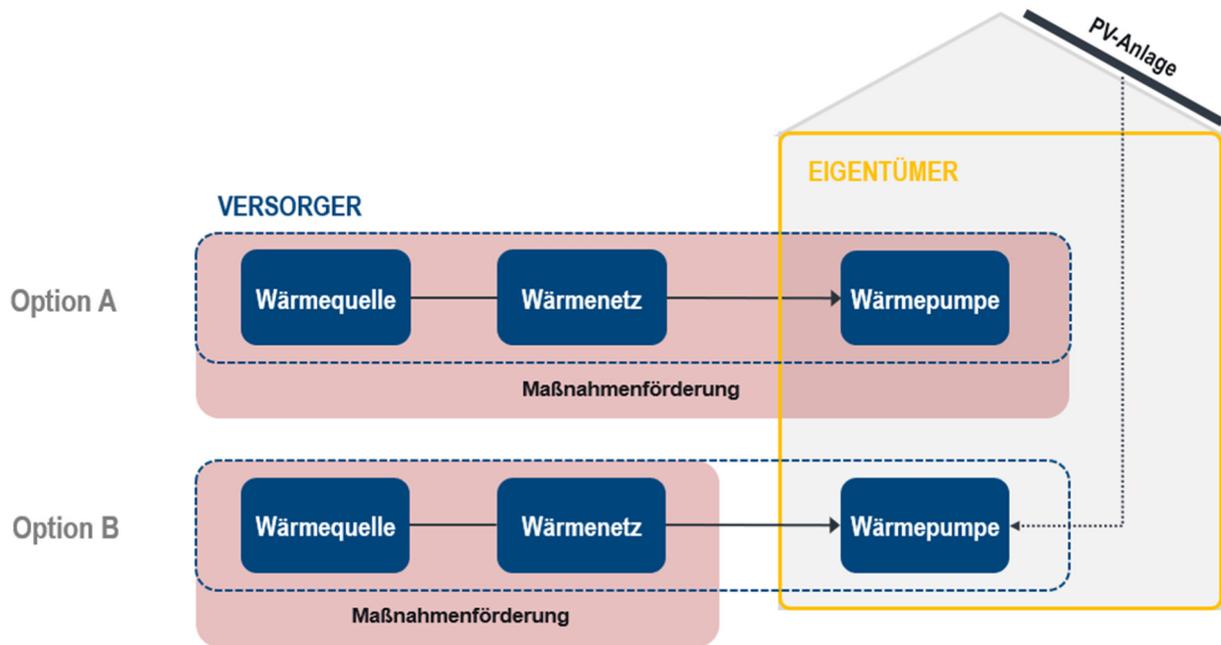


Abbildung 27: Eigentumsverhältnisse kaltes Nahwärmenetz

## 6.2. Strom und Mobilität

Im Koalitionsvertrag haben die Regierungsparteien das Ziel von 15 Millionen Elektroautos bis zum Jahr 2030 formuliert. Ob dieses ambitionierte Ziel erreicht wird, ist fragwürdig. Sicher ist jedoch, dass die Zahl der Elektroautos auf deutschen Straßen deutlich zunehmen wird.

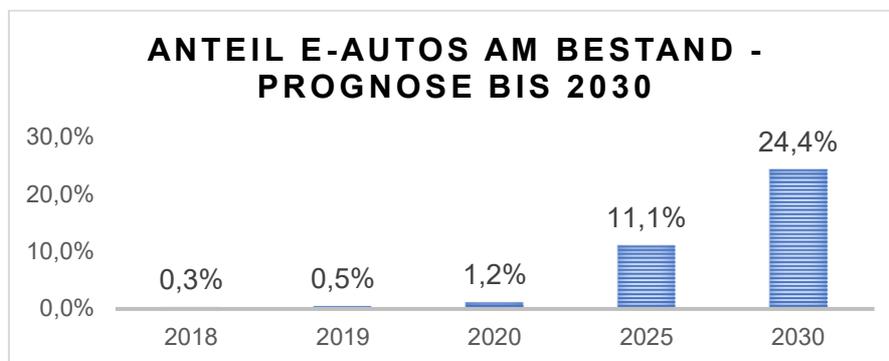


Abbildung 28: Prognose Entwicklung Elektroautos bis 2030 in Deutschland <sup>25</sup>

Für das Quartier sollte die Stromversorgung daher so ausgestaltet werden, dass zukünftig jeder Stellplatz mit einer Lademöglichkeit ausgestattet werden kann. Dies gilt auch für die PKW-Stellplätze in der Energiegarage. Im Sinne der Sektorenkopplung können die Ladesäulen mit Strom aus der PV-Anlage auf dem Dach der zentralen Garage betrieben werden.

<sup>25</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1202904/umfrage/anteil-der-elektroautos-am-pkw-bestand-in-deutschland/#:~:text=Im%20Jahr%202020%20lag%20der,11%2C55%20Millionen%20Fahrzeugen%20entsprechen.>

### 6.3. Energiegarage

Der Städtebauliche Entwurf sieht die Errichtung von einer Energiegarage im Baugebiet vor. Die Energiegarage schafft Parkraum für die Bewohner der Wohnhöfe, um den ruhenden Verkehr im öffentlichen Raum zu verringern. Gleichzeitig bietet die Energiegarage Raum für nachhaltige Mobilitätslösungen. Dazu könnten sowohl die privaten als auch die öffentlichen Stellplätze mit E-Ladesäulen ausgestattet werden. Car- und E-Bike Sharing Angebote schaffen einen Anreiz für die Bewohner, die Anzahl privater Fahrzeuge zu reduzieren. PV-Anlagen, die auf dem Dach installiert werden, liefern Strom für die E-Ladesäulen. Optional kann ein zentraler Batteriespeicher integriert werden, um den Eigenverbrauch zu erhöhen. Ein wirtschaftlicher Betrieb eines Speichers ist unter den aktuellen Rahmenbedingungen unwahrscheinlich. Eine detaillierte Kalkulation sollte vor Baubeginn angestoßen werden, da die Preise für Batteriespeicher stark fluktuieren. Neben dem Preis für den Speicher sind auch die Kosten für den Netzstrom ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Die Technikzentrale für das mittelwarme Nahwärmenetz findet ebenfalls Platz in der Energiegarage. In der Technikzentrale, die mit Ausmaßen von ca. 8 x 9 m anzusetzen ist, werden Netzpumpen und weitere Netztechnik untergebracht.

Des Weiteren könnten zentrale Müllbehälter an der Energiegarage aufgestellt werden. Optional könnten auch Lagerräume für gemeinschaftliche genutztes Material (Gartengeräte, Kinderspielzeuge, etc.) geschaffen werden. Eine Packstation hätte den positiven Effekt, den Lieferverkehr im Quartier zu reduzieren.

#### **Finanzierung und Betrieb der Energiegarage**

Der Betrieb der PV-Anlagen und Ladesäulen generiert keine nennenswerten Beiträge, um den Bau der Energiegarage zu finanzieren. Die Refinanzierung muss folglich über die Stellplätze erfolgen. Dabei sind grundsätzlich drei Modelle vorstellbar<sup>26</sup>. Der Betrieb der Energiegarage könnte grundsätzlich durch die Betreibergesellschaft (ÖPP) erfolgen, die als eine Option für die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmenetzes bereits beschrieben wurde.

#### Verkauf der Stellplätze an Wohnungseigentümer

Anstelle einer Tiefgarage errichtet der Investor/WEG eine Energiegarage. Die Flächen, die nicht private Parkplätze der Bewohner sind, verpachtet er an die Betreibergesellschaft (ÖPP), damit diese sie für die Technikzentrale nutzen kann. Ebenso wird die Dachfläche an die Betreibergesellschaft verpachtet, die die PV-Anlage betreibt.

#### Langfristige Verpachtung der Stellplätze

Die Betreibergesellschaft (ÖPP) baut und betreibt die Energiegarage. Die Refinanzierung erfolgt über die langfristige Vermietung der Stellplätze an die Bewohner der MFHs. Es ist zu prüfen, ob durch die langfristige Vermietung die Anforderungen aus der Stellplatzverordnung erfüllt sind.

#### Stellplatzablöse an die Gemeinde

Unter bestimmten Voraussetzungen kann der Bauherr von der Verpflichtung Stellplätze zu errichten von der Gemeinde gegen Zahlung einer Ablöse befreit werden. Dies ist in der Stellplatzsatzung der Gemeinde Nottuln geregelt. Es ist zu prüfen, wie die Ablöse aktuell bemessen wird und ob der Betrag für die Errichtung von Stellplätzen in einer Energiegarage auskömmlich ist.

---

<sup>26</sup> Juristische Prüfung notwendig

## 7. ANSCHLUSS- UND BENUTZUNGSZWANG<sup>27</sup>

Grundstein für eine effiziente, wirtschaftliche und nachhaltige Quartiersversorgung ist vor allem eine gesicherte Anschlussquote an das Wärmenetz. Dadurch kann es so konzipiert werden, dass alle Endverbraucher ihre benötigte Wärmemenge beziehen können und das Netz nicht über- bzw. unterdimensioniert ist und nachträglich kostenintensiv optimiert werden muss.

Um eine gesicherte Anschlussquote erzielen zu können, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die auf unterschiedlichen Ebenen umgesetzt werden können.

### **Anschluss- und Benutzungszwang**

Gemäß § 9 der Gemeindeordnung NRW kann die Gemeinde in Verbindung mit § 109 GEG zum Zweck des Klima- und Ressourcenschutzes einen Anschlusszwang an ein Wärmenetz per Satzung erlassen. Auch ein Benutzungszwang kann so vorgeschrieben werden. Es muss sich hierbei aber um eine öffentliche Einrichtung handeln, an die angeschlossen bzw. die benutzt wird. Darüber hinaus muss ein öffentliches Bedürfnis gegeben sein. Ein Öffentliches Bedürfnis liegt z.B. vor, wenn durch die Satzung das Wohl der Gemeindebewohner gefördert wird. Um dem Verhältnismäßigkeitsprinzip gerecht zu werden, müssen Befreiungsmöglichkeiten vorgesehen werden.<sup>28</sup>

Wird ein Anschluss- und Benutzungszwang über eine Satzung beschlossen und ein Bebauungsplan aufgestellt, ist die Satzung gemäß § 9 Abs. 6 BauGB nachrichtlich in den Bebauungsplan zu übernehmen.

### **Ausrüstungs- und Anschlusspflicht im Bebauungsplan**

In einem Bebauungsplan kann die Gemeinde eine Ausrüstungspflicht gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB verankern. Darüber kann sie Gebiete festsetzen, in denen beim Neubau von Gebäuden bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien getroffen werden müssen. Dadurch wird eine Pflicht für den Bauherren begründet, den vorgeschriebenen Maßnahmen zu folgen. Es können Anlagen für die Nutzung solarer Strahlungsenergie (Photovoltaik, Solarthermie) und darüber hinaus der Gebäudeanschluss an ein Wärmenetz vorgeschrieben werden. Im Bebauungsplan muss allerdings eine hinreichende Bestimmung erfolgen, weshalb die Einzelheiten des Versorgungssystems bereits feststehen müssen und die Konzeption des Wärmenetzes weit vorangeschritten sein muss. Im Rahmen der planerischen Abwägung nach § 1 Abs. 7 BauGB muss sichergestellt sein, dass der Vorteil der Anschlusspflicht an das klimafreundliche Wärmenetz gegenüber der Einschränkung des privaten Bauherrn überwiegt. Die Verhältnismäßigkeit in Bezug auf die Bezahlbarkeit der Wärmeversorgung und die einhergehenden Investitionskosten muss ebenfalls gegeben sein.<sup>29</sup>

### **Städtebaulicher Vertrag**

Im Rahmen städtebaulicher Verträge kann die Errichtung und Nutzung von Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder

---

<sup>27</sup> Sämtliche rechtliche Einschätzungen in diesem Kapitel bedürfen im konkreten Einzelfall einer juristischen Prüfung

<sup>28</sup> Deutscher Städte- und Gemeindebund, Dokumentation Nr. 169, Klimaschutz + Klimaanpassung in der kommunalen Planung - Ein Leitfadens für die Praxis, Oktober 2022, Seite 26

<sup>29</sup> Deutscher Städte- und Gemeindebund, Dokumentation Nr. 169, Klimaschutz + Klimaanpassung in der kommunalen Planung - Ein Leitfadens für die Praxis, Oktober 2022, Seite 21

Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien gemäß § 11 Abs. 1 S. 2 Nr. 4 BauGB als Vertragsgegenstand zwischen der Gemeinde und einem Vorhabenträger aufgenommen werden. Darüber kann ein vertraglicher Anschluss- und Benutzungszwang begründet werden, wonach die Gemeinde dem Vertragspartner eine Pflicht zum Anschluss an ein Nahwärmenetz auferlegen kann. Diese Pflicht wird für die Grundstücke im Vorhabengebiet im Grundbuch der Gemeinde als Dienstbarkeit eingetragen. Als Voraussetzung zur Aufnahme des Anschluss- und Benutzungszwangs gilt das Verfolgen städtebaulicher Ziele. Hierunter fällt z.B. eine CO<sub>2</sub>-optimierte Wärmeversorgung des Gebietes. Die Regelungen städtebaulicher Verträge können in den Bebauungsplan aufgenommen werden.

### **Regelungen im Rahmen von Grundstückskaufverträgen**

In den Grundstückskaufverträgen kann der städtebauliche Vertrag aufgenommen werden oder es können individuelle Regelungen zwischen Grundstücksverkäufer und Grundstücks Käufer geschlossen werden. Vorteil des Kaufvertrages ist, dass er privatrechtlicher Natur und nicht wie die öffentlich-rechtliche Satzung generell-abstrakt ist und Rechtswirkung nach außen besitzt.

Als Vertragsinhalte sind aus Sicht der Wärmeversorgung vor allem eine Anschlusspflicht des jeweiligen Grundstücks an das Nahwärmenetz sowie eine Bauverpflichtung zielführend. Die Anschlusspflicht trägt zu einer gesicherten Anschlussquote der Eigentümer an das Wärmenetz bei. Eine Bauverpflichtung (z.B. 3 Jahre ab Besitzübergabe) sorgt dafür, dass die Anschlussquote und kalkulierte Wärmeabnahmemenge zu einem gewissen Zeitpunkt sichergestellt ist und das System wie konzipiert betrieben werden kann.

## 8. RESÜMEE

Die vorliegende Studie zur regenerativen Wärme- und Energieversorgung des Wohngebiets "Niederstockumer Weg" zeigt die Planungen und Möglichkeiten auf, um die Gemeinde Nottuln im Rahmen ihrer wohnbaulichen Entwicklung zu unterstützen.

Im Fokus der Studie stand die Entwicklung von effizienten, nachhaltigen und wirtschaftlichen Lösungen für die Wärme- und Energieversorgung des Quartiers, um eine möglichst energieautarke Versorgung darstellen zu können.

Der städtebauliche Entwurf bildet die Grundlage für die Ermittlung des Wärme- und Strombedarfs im Quartier, wobei ein besonderes Augenmerk auf dem Effizienzhaus-40 Standard liegt, der nicht nur eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs, sondern auch einen geringeren Transmissionswärmeverlust verspricht. Die Wohnflächenanalyse zeigt, dass das Quartier insgesamt 21.287 m<sup>2</sup> umfasst, wobei verschiedene Gebäudetypen berücksichtigt wurden.

Zur bilanziellen Deckung des Haushaltsstrombedarf und in Anbetracht der steigenden Anzahl von Elektrofahrzeugen wird die Implementierung einer PV-Pflicht im Bebauungsplan empfohlen.

Das Ergebnis der Untersuchungen zur regenerativen Wärmeversorgung zeigt, dass eine zentrale netzgebundene Wärmeversorgung die effizienteste und wirtschaftlichste Variante darstellt. Als Wärmeversorgungssystem wird auf Grundlage der identifizierten vor-Ort Potentiale und des unterstellten Nutzerverhaltens ein mittelwarmes Nahwärmenetz aufgrund der ganzheitlichen Synergieeffekte und der Wirtschaftlichkeit empfohlen. Hierbei werden zentrale Erdwärmesonden installiert und ein Wärmenetz im Quartier verlegt. Die Wärme aus den Erdsonden wird von einer zentralen Sole-Wärmepumpe angehoben und zu den Endkunden transportiert. Sollte der Aspekt der Kühlungsmöglichkeit - als das Alleinstellungsmerkmal der kalten Nahwärme - höher priorisiert werden, sollte die Umsetzung eines kalten Nahwärmenetzes in Betracht gezogen werden. Hierbei wird die Wärme aus den Erdsonden direkt zu den Endkunden transportiert und erst in den dezentralen gebäudeseitigen Wärmepumpen auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben.

In Anbetracht eines effizienten Betriebs des Quartiers und der Energieinfrastrukturen wird dazu geraten, in den Grundstückskaufverträgen eine zeitlich beschränkte Bauverpflichtung sowie eine Anschlusspflicht an das Nahwärmenetz zu integrieren.

Die Wahl eines geeigneten Betreibermodells für die Umsetzung und den Betrieb des Wärmenetzes sowie potenziell weiterer Energieinfrastrukturen obliegt der Kommune und sollte in Abhängigkeit zur gewünschten Einflussnahme sowie der Investitions- und Risikobereitschaft getroffen werden.

Im Rahmen des aktuellen Planungsstadiums bietet die Studie eine umfassende Grundlage für die weitere Planung und Umsetzung des Wohnquartiers „Niederstockumer Weg“ mit dem Ziel, eine nachhaltige und zukunftsweisende Wärme- und Energieversorgung sicherzustellen.

Es wird abschließend darauf hingewiesen, dass die dargestellten Erkenntnisse und Aussagen der Studie unter Hinzuziehung von Annahmen und Kenngrößen entstanden sind. Sollten sich grundlegende Planungsparameter ändern, können sich gegebenenfalls auch die finalen Ergebnisse der Studie ändern.

## I. ANHANG

Kategorie	Wert
Strompreis	37 ct/kWh
Betrachtungszeitraum	40 Jahre
Instandsetzungsquote Wärmeerzeugungsanlage	1,5 %
Instandsetzungsquote Verteilnetz	2 %
Instandsetzungsquote Erdsondenfeld	2 %

*Tabelle 11: Allgemeingültige Berechnungsannahmen*

	Variante 1: Kalte Nahwärme	Variante 2: mittelwarme Nahwärme	Variante 3: Einzel-Luft- Wärmepumpe
<b>Kostenannahmen</b>			
Förderung Machbarkeitsstudie BEW (Modul 1)	50 %	50 %	-
Investitionsförderung BEW (Modul 2)	40 %	40 %	-
Netzanschlusskosten EFH	12.500 €	12.500 €	-
Netzanschlusskosten MFH	32.500 €	32.500 €	-
Netzanschlusskosten KiTa	35.000 €	35.000 €	-
<b>Technische Annahmen</b>			
Wärmepumpen JAZ	5,2	5,5	4
JAZ von Wasser-WP in MFH	-	4	-
Wirkungsgrad Durchlauferhitzer in EFH, DHH, RH und KiTa	-	0,99	-

*Tabelle 12: Annahmen für die Variantenbetrachtung*

Verfasser:

GELSENWASSER AG  
Willy-Brand-Allee 26  
45891 Gelsenkirchen

Kontakt:

Elina Martens  
[elina.martens@gelsenwasser.de](mailto:elina.martens@gelsenwasser.de)

Luca Temmler  
[luca.temmler@gelsenwasser.de](mailto:luca.temmler@gelsenwasser.de)

Guido Buschmeier  
[guido.buschmeier@gelsenwasser.de](mailto:guido.buschmeier@gelsenwasser.de)

Stand:

November 2023

Auftraggeber:

NRW.URBAN Kommunale Entwicklung GmbH  
Fritz-Vomfelde-Str. 10  
40547 Düsseldorf

Träger für die Baulandentwicklung  
Niederstockumer Weg  
Als Treuhänder für die Gemeinde Nottuln