

Auftraggeber: Stadt Salzkotten

# Energiekonzept Salzkotten-Scharmède

Fachbeitrag für das Wohngebiet SH 6 „Am Knükel“

Endbericht Mai 2024



Bearbeitung durch:

Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft  
Martin-Kremmer-Str. 12  
45327 Essen  
Telefon: +49 [0]201 24 564-0

Auftraggeber:

Stadt Salzkotten  
Marktstraße 8  
33154 Salzkotten  
+49 5258 507-0  
[verwaltung@salzkotten.de](mailto:verwaltung@salzkotten.de)

Dieser Bericht darf nur unverkürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der Genehmigung durch die Verfasser.



# Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildungsverzeichnis                                                | 5  |
| Tabellenverzeichnis                                                  | 6  |
| Abkürzungsverzeichnis                                                | 7  |
| 1 Ausgangslage                                                       | 9  |
| 2 Bedarfsanalyse                                                     | 11 |
| 2.1 Gebäudetypen und Wohnfläche                                      | 11 |
| 2.2 Wärme                                                            | 12 |
| 2.3 Kälte (Kühlung, Wärmeschutz)                                     | 14 |
| 2.4 Strom                                                            | 15 |
| 2.4.1 Stromverbrauch „Licht & Kraft“                                 | 15 |
| 2.4.2 Elektromobilität                                               | 16 |
| 3 Potenzialanalyse                                                   | 17 |
| 3.1 Solare Potenziale                                                | 17 |
| 3.1.1 Solarpflicht nach Landesbauordnung                             | 17 |
| 3.1.2 Erzeugung aus Dachflächen-PV                                   | 17 |
| 3.1.3 Solarthermie                                                   | 18 |
| 3.2 Geothermische Potenziale                                         | 19 |
| 3.2.1 Allgemeine Eignung Scharmede                                   | 19 |
| 3.2.2 Potenzialermittlung für Flächen im Baugebiet                   | 21 |
| 3.3 Biogaspotenziale                                                 | 24 |
| 4 Beschreibung der Versorgungsvarianten                              | 26 |
| 4.1 Dezentrale L-WP, Luft-Wasser-Wärmepumpe                          | 26 |
| 4.2 Var. 1, dezentrale Sole-Wasser-Wärmepumpe                        | 27 |
| 4.3 Var. 2, kalte Nahwärme ohne zentrale Einspeisung – passives Netz | 27 |
| 4.4 Var. 3, low-ex-Nahwärme                                          | 28 |
| 5 Energie- und Umweltbilanz                                          | 29 |
| 5.1 Endenergiebedarf                                                 | 29 |
| 5.1.1 Wärmeversorgung                                                | 29 |
| 5.1.2 Endenergiebedarf und PV-Erzeugung                              | 29 |
| 5.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen                                      | 30 |
| 5.2.1 Wärmeversorgung                                                | 30 |
| 5.2.2 CO <sub>2</sub> -Bilanz                                        | 32 |
| 6 Wirtschaftlichkeitsvergleich                                       | 33 |
| 6.1 Methodik                                                         | 33 |
| 6.2 Investitionen                                                    | 33 |

|     |                                |    |
|-----|--------------------------------|----|
| 6.3 | Vollkosten                     | 35 |
| 6.4 | Gebäudekühlung                 | 36 |
| 7   | Zusammenfassung und Empfehlung | 37 |
| 7.1 | Wärmeversorgung                | 37 |
| 7.2 | PV                             | 38 |
| 8   | Anhang                         | 39 |

## Abbildungsverzeichnis

|              |                                                                  |    |
|--------------|------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1  | Wasser- und Heilquellenschutzgebiete in Salzkotten und Scharmede | 9  |
| Abbildung 2  | Städtebaulicher Entwurf (Stand 02.05.2024)                       | 10 |
| Abbildung 3  | Haustypen und überbaute Grundfläche                              | 11 |
| Abbildung 4  | Potenzial für Erdwärmekollektoren                                | 19 |
| Abbildung 5  | Potenzial für Erdwärmesonden 40 m                                | 19 |
| Abbildung 6  | Potenzial für Erdwärmesonden 80 m                                | 20 |
| Abbildung 7  | Bohrpunkte im nördlichen Umfeld des Baugebietes                  | 20 |
| Abbildung 8  | mögliche Lage der Erdsonden im Baugebiet                         | 22 |
| Abbildung 9  | Erdwärmequellen im Baugebiet, Flächen und Linienelemente         | 23 |
| Abbildung 10 | Biogasproduzenten in der Umgebung                                | 25 |
| Abbildung 11 | Endenergiebilanz für jährlichen Bedarf und Erzeugung             | 30 |
| Abbildung 12 | wohnflächen-spezifische Emissionen der Wärmeversorgung           | 31 |
| Abbildung 13 | CO <sub>2</sub> -Bilanz für jährlichen Bedarf und Erzeugung      | 32 |
| Abbildung 14 | Investitionen                                                    | 34 |
| Abbildung 15 | Wärmekosten nach Kostenkomponenten                               | 35 |
| Abbildung 16 | wohnflächenspezifische Wärmekosten                               | 36 |
| Abbildung 17 | Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz                               | 37 |

## Tabellenverzeichnis

|            |                                                           |    |
|------------|-----------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1  | Gebäudeanzahl und Wohnfläche nach Typen                   | 12 |
| Tabelle 2  | Bedarfskennwerte für Heizwärme (EH 40) und für Warmwasser | 13 |
| Tabelle 3  | Leistung Heizwärme                                        | 13 |
| Tabelle 4  | Leistung Warmwasser                                       | 14 |
| Tabelle 5  | Haushaltsstrombedarf (Licht & Kraft)                      | 15 |
| Tabelle 6  | Strombedarf Elektromobilität                              | 16 |
| Tabelle 7  | PV-Potenziale nach Haustypen                              | 18 |
| Tabelle 8  | PV-Potenziale gesamt                                      | 18 |
| Tabelle 9  | Leistungswerte für 100 m-Sonden                           | 21 |
| Tabelle 10 | Sondenlängen je Haustyp                                   | 21 |
| Tabelle 11 | Potenzialermittlung Sondenfelder und Netz                 | 24 |
| Tabelle 12 | Leistungen Luft-Wasser Wärmepumpen                        | 26 |
| Tabelle 13 | Endenergieverbrauch und Jahresarbeitszahl Wärmepumpe      | 29 |
| Tabelle 14 | Emissionsfaktoren Strom und Erdgas                        | 31 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                  |                                                                      |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| a                | Jahr                                                                 |
| BMWK             | Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz                     |
| JAZ              | Jahresarbeitszahl, bezogen auf die Jahressumme Wärme und Strom       |
| COP              | Coefficient of performance, bezogen auf einen momentanen Lastzustand |
| CO <sub>2</sub>  | Kohlenstoffdioxid                                                    |
| CO <sub>2e</sub> | Kohlenstoffdioxid-Äquivalente                                        |
| GWP              | Global Warming Potential                                             |
| NGF              | Nettogrundfläche                                                     |
| BGF              | Bruttogrundfläche                                                    |
| EFH              | Einfamilienhaus                                                      |
| DHH              | Doppelhaushälfte                                                     |
| MFH              | Mehrfamilienhaus                                                     |
| DIN              | Deutsches Institut für Normung                                       |
| GEG              | Gebäudeenergiegesetz                                                 |
| EEG              | Erneuerbare-Energien-Gesetz                                          |
| BEW              | Bundesförderung für effiziente Wärmenetze                            |
| KFN              | Klimafreundlicher Neubau, Standard innerhalb der BEG                 |
| BEG              | Bundesförderung effiziente Gebäude                                   |
| EWK              | Erdwärmekollektoren                                                  |
| GW               | Grundwasser                                                          |
| HA               | Hausanschluss                                                        |
| Hi               | Heizwert                                                             |
| Hs               | Brennwert                                                            |
| HZ               | Heizzentrale                                                         |
| IWU              | Institut Wohnen und Umwelt                                           |
| KfW              | Kreditanstalt für Wiederaufbau                                       |
| kW <sub>th</sub> | Kilowatt thermisch                                                   |
| kW <sub>el</sub> | Kilowatt elektrisch                                                  |
| KWK              | Kraft-Wärme-Kopplung                                                 |
| NECP             | Nationaler Energie- und Klimaplan                                    |
| PEF              | Primärenergiefaktor                                                  |
| PV               | Photovoltaik                                                         |
| THG              | Treibhausgas                                                         |
| TWW              | Trinkwarmwasser                                                      |
| VRK              | Vakuumröhrenkollektor                                                |
| WE               | Wohneinheiten                                                        |
| WP               | Wärmepumpe                                                           |



# 1 Ausgangslage

Im Jahr 2022 ist für das Wohngebiet „Osterfeld“ (Bebauungsplan SK 46) ein Klimaschutzfachbeitrag von der Gertec Ingenieurgesellschaft erstellt worden. Der Bericht dazu ist auf der Internet-Seite der Stadt Salzkotten<sup>1</sup> weiterhin abrufbar. Die klimapolitischen Zielsetzungen der Stadt Salzkotten und die übergeordneten Rahmenbedingungen sind dort bereits dargestellt und abgehandelt worden.

Im Gebiet „Osterfeld“ waren die Voraussetzungen für die Nutzung oberflächennaher Geothermie ungünstig, der B-Plan enthält folgende Hinweise:

## Wasserschutzgebiet Salzkotten

Das Plangebiet liegt in der Zone III A des mit Verordnung vom 29.12.1978 festgesetzten Wasserschutzgebietes (WSG) Salzkotten. Baumaßnahmen, Bohrungen, Errichtung von Hausbrunnen, Wärmepumpen, Ausschachtungen usw. mit einer Eingriffstiefe von mehr als 3,0 m unter Urgelände sind nicht zulässig. Dies gilt ebenso für Grundwasserabsenkungen und Erdwärmennutzung.

Eingriffe in den Boden sind verboten, wenn dadurch eine hydraulische Verbindung zwischen dem oberen und unteren Grundwasserleiter hergestellt wird.

Sofern die gepl. Gebäude im Grundwasser bzw. im Schwankungsbereich des Grundwassers gebaut werden, sollten sie mit einer wasserdichten Wanne gebaut werden. Einer Drainage kann nicht zugestimmt werden.

Unter diesen Bedingungen wurde dem Energieträger Holz bei den betrachteten und empfohlenen Wärmeversorgungsmaßnahmen eine recht große Bedeutung zugemessen. Dies wurde in der kommunalpolitischen Diskussion anschließend skeptisch beurteilt.

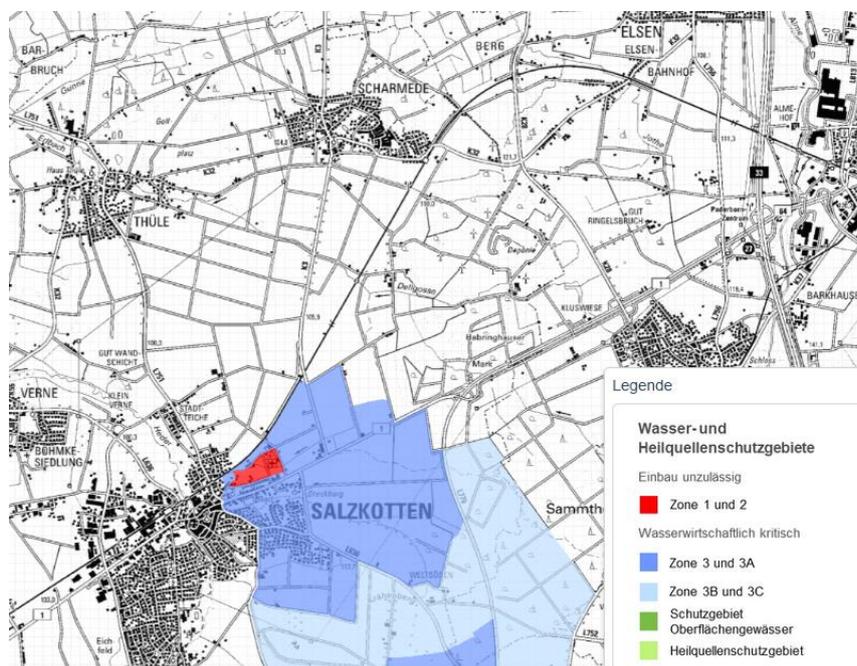


Abbildung 1 Wasser- und Heilquellenschutzgebiete in Salzkotten und Scharmede

Für die Konzeptionierung der Wärmeversorgung des Wohnbaugebiets SH 6 „Am Knükel“ in Salzkotten-Scharmede sind die Voraussetzungen anders. Hier gibt es derartige Beschränkungen hinsichtlich der

<sup>1</sup> <https://www.salzkotten.de/de-wAssets/docs/unsere-stadt/bauen-und-wohnen/bauleitplanung/Bebauungsplan-SK-46-Osterfeld-Salzkotten/SK46-Osterfeld-Klimaschutzfachbeitrag.pdf>

Nutzung oberflächennaher Geothermie nicht, und die darauf basierenden Lösungen können in den verschiedenen Systemvarianten umfassend berücksichtigt werden.

Das Baugebiet umfasst entsprechend dem städtebaulichen Entwurf 82 Grundstücke für die Bebauung mit Wohngebäuden. Es handelt sich überwiegend um Grundstücke für 57 freistehende Einfamilienhäuser. 10 der Gebäude sind als Doppelhaus vorgesehen, somit 20 Doppelhaushälften auf 20 Grundstücken. An der Bahnhofstraße am Nordost-Rand des Gebietes sollen 5 Mehrfamilienhäuser entstehen.

Wie in der Erschließungsstruktur mit den offenen Straßenenden angedeutet ist, kann das Gebiet zukünftig auch noch in Richtung Osten erweitert werden.



Abbildung 2 Städtebaulicher Entwurf (Stand 02.05.2024)

In der Mitte wird das Gebiet von einer Grünfläche durchzogen. Diese Fläche ist in die Überlegungen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie mittels Erdkollektoren oder Erdsonden einzubeziehen.

Im südlichen Bereich gibt eine Zone, in der die Geruchsbelastungen durch einen landwirtschaftlichen Betrieb mit Schweinemast so hoch, dass keine Grundstücke für eine Wohnbebauung vorgesehen sind.

In dieser Zone liegt ein Versickerungsbecken. Auch dieses Grundstück könnte in Abstimmung mit den Belangen der Regenwasserbehandlung für die Gewinnung von Erdwärme genutzt werden.

Östlich dieses Beckens gibt es ein freies Grundstück, das u.U. für die Errichtung einer Heizzentrale oder Pumpstation für kalte Nahwärme in Frage kommt.



| Typ     | Gebäude<br>Anzahl | Baukörper<br>Anzahl | überbaute<br>Grundfläche<br>m <sup>2</sup> /Geb | überbaute<br>Grundfläche<br>m <sup>2</sup> | Wohnfläche<br>je Haus<br>m <sup>2</sup> /Geb | Wohnfläche<br>gesamt<br>m <sup>2</sup> |
|---------|-------------------|---------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| EFH wd1 | 17                | 17                  | 122                                             | 2.074                                      | 180                                          | 3.060                                  |
| EFH wd2 | 2                 | 2                   | 150                                             | 300                                        | 180                                          | 360                                    |
| EFH sd2 | 4                 | 4                   | 120                                             | 480                                        | 180                                          | 720                                    |
| EFH sd3 | 21                | 21                  | 136                                             | 2.856                                      | 180                                          | 3.780                                  |
| EFH sd5 | 6                 | 6                   | 131                                             | 786                                        | 180                                          | 1.080                                  |
| EFH fd1 | 7                 | 7                   | 142                                             | 994                                        | 180                                          | 1.260                                  |
| DHH sd1 | 20                | 10                  | 84                                              | 1.670                                      | 145                                          | 2.900                                  |
| MFH sd4 | 5                 | 5                   | 228                                             | 1.140                                      | 547                                          | 2.735                                  |
| EFH     | 57                | 57                  | 131                                             | 7.490                                      | 180                                          | 10.260                                 |
| DHH     | 20                | 10                  | 84                                              | 1.670                                      | 145                                          | 2.900                                  |
| MFH     | 5                 | 5                   | 228                                             | 1.140                                      | 547                                          | 2.735                                  |
| gesamt  | 82                | 72                  | 126                                             | 10.300                                     | 194                                          | 15.895                                 |

Tabelle 1 Gebäudeanzahl und Wohnfläche nach Typen

## 2.2 Wärme

Auch nach der GEG-Novelle 2024 wird im Neubau wie im GEG 2023 ein Primärenergiebedarf von 55% des Referenzgebäudes als Mindestqualität eines Gebäudes verbindlich sein. Dieser Standard kann nicht mit dem alten Standard KfW 55 gleichgesetzt werden. Dieser KfW-Standard beinhaltete auch erhöhte Anforderungen an die Gebäudehülle - den Transmissionswärmeverlust  $H'_{t}$ , dieser musste auf 70% des Referenzgebäudes abgesenkt werden.

Sowohl das GEG 2023 als auch das GEG 2024 verzichten auf eine Verbesserung der Qualität der Gebäudehülle. Es ist unklar, ob und wann auf Bundesebene eine Verschärfung des GEG in Richtung Primärenergiebedarf von 40% des Referenzgebäudes und Transmissionswärmeverlust von 55% des Referenzgebäudes erfolgen wird.

Diesem Mangel wird von vielen Kommunen über die Festsetzung eines höheren Standards analog KfW 40 als kommunale Zielvorgabe und Bestandteil der Kaufverträge begegnet.

Dieser Standard war im Energiekonzept für das Baugebiet Osterfeld bereits festgelegt worden. Diese Festlegung wird für Scharmede „Am Knükel“ übernommen.

Die spezifischen Bedarfskennwerte für den Heizwärmebedarf sind über Haustypen-bezogene Simulationen im Programm SOLAR COMPUTER ermittelt worden. Der Flächenbezug der Bedarfskennwerte ist dabei die Wohnfläche und nicht die größere Energiebezugsfläche  $A_N$  des GEG.

Der Bedarf für Trinkwarmwasser (TWW) ist unabhängig vom Gebäudestandard. Der Bedarf wird nicht nach Normwerten des GEG, sondern nach der erwarteten Personenzahl ermittelt. Legt man eine spezifische Wohnfläche von 42 m<sup>2</sup>/Person zugrunde und einen TWW-Bedarf<sup>3</sup> von 40 l/d.Person zugrunde, liegt der Nutzwärmebedarf bezogen auf die Entnahme an den Warmwasserzapfstellen bei 13,3 kWh/m<sup>2</sup>a. Die Verluste von Speicher und Verteilung sind zusätzlich zu berücksichtigen, da sie anders als die Verluste der Heizwärmeverteilung nicht immer positiv in die Energiebilanz des Gebäudes einfließen, sondern nur

<sup>3</sup> Entnahmetemperatur 42 °C, Zulauf kalt 9 °C

während der Heizperiode. Die Höhe ist stark vom gewählten System abhängig. Hier wird eine Verlustrate von pauschal 15% in Ansatz gebracht, die den Wert von 13,3 auf 15,7 kWh/m<sup>2</sup>a erhöht.

| Typ    | spezifischer Bedarf  | Bedarf Heizwärme je Haus | Bedarf Heizwärme gesamt | spezifischer Bedarf TWW | Bedarf TWW je Haus | Bedarf TWW gesamt |
|--------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|
|        | kWh/m <sup>2</sup> a | MWh/Geb.a                | MWh/a                   | kWh/m <sup>2</sup> a    | MWh/Geb.a          | MWh/a             |
| EFH    | 27,4                 | 4,9                      | 281                     | 15,7                    | 2,8                | 161               |
| DHH    | 26,9                 | 3,9                      | 78                      | 15,7                    | 2,3                | 46                |
| MFH    | 26,7                 | 14,6                     | 73                      | 15,7                    | 8,6                | 43                |
| gesamt | 27,2                 | 5,3                      | 432                     | 15,7                    | 3,0                | 249               |

Tabelle 2 Bedarfskennwerte für Heizwärme (EH 40) und für Warmwasser

Der Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung summiert sich bei einer Gesamtwohnfläche von ca. 15.900 m<sup>2</sup> für den gewählten Standard EH 40 auf rund 682 MWh/a. Davon entfallen 249 MWh oder 37% auf den Trinkwarmwasserbedarf.

Die bereitzustellende Heizleistung für die Raumheizung wird ebenfalls aus der Simulation im Programm SOLAR COMPUTER ermittelt. Das Verhältnis von Bedarf in kWh zu Leistung in kW wird auch als Jahresvollbenutzungsstundenzahl bezeichnet. In Bestandswohngebäude lag diese Zahl bei 1500 bis 1700 h/a, während in gut gedämmten Wohngebäuden im Standard EH 40 diese Zahl wesentlich niedriger bei 1100 h/a liegt. Die passiv solaren Gewinne und die internen Wärmegewinne durch Personen und Elektrogeräte sind über längere Zeiträume des Jahres ausreichend, um den geringen Wärmebedarf derartiger Gebäude zu decken. Die Betriebszeit der aktiven Heizung wird stark verkürzt.

| Typ    | spezifischer Bedarf  | Jahresvollbenutzungsstunden | spezifische Leistung | Leistung Heizwärme je Haus | Leistung Heizwärme gesamt |
|--------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
|        | kWh/m <sup>2</sup> a | h/a                         | W/m <sup>2</sup> a   | kW/Geb                     | kW                        |
| EFH    | 27,4                 | 1.100                       | 24,9                 | 4,5                        | 256                       |
| DHH    | 26,9                 | 1.100                       | 24,4                 | 3,5                        | 71                        |
| MFH    | 26,7                 | 1.100                       | 24,2                 | 13,3                       | 66                        |
| gesamt |                      |                             |                      |                            | 393                       |

Tabelle 3 Leistung Heizwärme

Die für die TWW erforderliche Leistung hängt von der Größe des Speichers und der geforderten Aufheizzeit ab. Bei Systemen ohne Speicher, d.h. reinen Durchfluss-System braucht man 18 bis 24 kW je Wohnung, wie die bekannte Größenordnung von Gasthermen und Elektrodurchlauferhitzern. Diese Leistungen liegen weit über den Leistungswerten, die für die Raumheizung erforderlich sind, so dass immer eine speichergestützte TWW-Anlage zum Einsatz kommen wird.

| Typ    | Tagesbedarf<br>TWW<br>je Haus<br>kWh/d.Geb | Tagesbedarf<br>Volumen<br>bei 60 °C<br>l/Geb | Tages-<br>aufheizzeit<br>h/a | Leistung<br>TWW<br>je Haus<br>kW | Leistung<br>TWW<br>gesamt<br>kW | Leistung<br>GLZ 0,7<br>gesamt<br>kW |
|--------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| EFH    | 7,7                                        | 130                                          | 3,0                          | 2,6                              | 147                             | 103                                 |
| DHH    | 6,2                                        | 105                                          | 3,0                          | 2,1                              | 42                              | 29                                  |
| MFH    | 23,5                                       | 397                                          | 3,0                          | 7,8                              | 39                              | 27                                  |
| gesamt |                                            |                                              |                              |                                  | 228                             | 159                                 |

Tabelle 4 Leistung Warmwasser

## 2.3 Kälte (Kühlung, Wärmeschutz)

Die Notwendigkeit eines ausreichenden Schutzes von Innenräumen vor sommerlicher Überhitzung ist in den letzten Jahren stärker in das Bewusstsein der Planer und Architekten gerückt. Die DIN 4108-2:2013-02, nach der ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz nachzuweisen ist, weist ausdrücklich darauf hin, dass passive Maßnahmen aktiven Kühlmaßnahmen vorzuziehen sind:

„Im Zusammenhang mit allgemeinen Energieeinsparungsmaßnahmen im Hochbau muss darauf geachtet werden, dass durch bauliche Maßnahmen, verbunden mit der Nutzung eines Gebäudes, nicht unzumutbare Temperaturbedingungen in Gebäuden entstehen, die maschinelle und energie-intensive Kühlmaßnahmen zur Folge haben. Daher muss bereits in der Planungsphase eines Gebäudes der sommerliche Wärmeschutz mit einbezogen werden, damit bereits durch bauliche Maßnahmen weitgehend verhindert wird, dass unzumutbare hohe Innentemperaturen entstehen.“<sup>4</sup>

Vor diesem Hintergrund wird kein Kältebedarf, welcher einen zusätzlichen Energieverbrauch verursacht, ermittelt.

Im Folgenden wird eine Auswahl an Möglichkeiten zur Reduzierung bzw. Vermeidung eines Kältebedarfs in Gebäuden gegeben. Dabei bildet der passive sommerliche Wärmeschutz eine zentrale Rolle. Unter einem passiven sommerlichen Wärmeschutz versteht man die Vermeidung der sommerlichen Überhitzung von Gebäuden durch Maßnahmen, die keinen Energiebedarf zur Kälteerzeugung bedingen. Hierzu gehören:

- Ein außen liegender Sonnenschutz, der das Gebäude vor übermäßigen solaren Gewinnen durch die transparenten Fassadenflächen schützt.
- Die Einbringung von Speichermassen, um solare und interne (durch Personen und Geräte verursachte) Wärmegewinne im Tagesverlauf aufnehmen zu können und der Lufttemperatur zu entziehen.
- Die Möglichkeit einer nächtlichen Querlüftung der Räume, um die von den Bauteilen tagsüber aufgenommene Wärme mithilfe der kühlen Nachtluft wieder abführen zu können.
- Ein ausgewogenes Maß an Fensterflächen in der Fassade, um die solaren Wärmeeinträge zu begrenzen und die Speichermassen der opaken Fassadenanteile für das Innenraumklima nutzen zu können.
- Eine Dach- und Fassadenbegrünung, die wasserspeichernd und somit kühlend auf das Umfeld wirkt.

<sup>4</sup> DIN 4108-2:2013-02, Kapitel 4.3.1

- Eine Fassaden- und Freiflächengestaltung (v. a. Bodenbeläge der fassadennahen Außenflächen) in hellen Farben, um die Wärmeabsorption und dadurch die Hitzeinsel-Bildung im direkten Umfeld des Gebäudes zu vermeiden.

Auch die Grünflächengestaltung im Quartier, vor allem im direkt an die Fassade angrenzenden Umfeld, hat Auswirkung auf den sommerlichen Wärmeschutz des Gebäudes. Versickerungsfähige und begrünte Flächen oder auch Retentionsflächen für Regenwasser führen zur sogenannten Verdunstungskühlung und wirken somit positiv auf das sommerliche Mikroklima im Quartier.

Ein hoher Grünflächenanteil in der Flächennutzungszuteilung im Quartier und eine feinkörnige Bebauungsstruktur stellen gute Voraussetzungen dar, ein Plangebiet gut zu durchlüften und einem Hitzeinselleffekt entgegenzuwirken. Vorgaben in Form einer Regelung zur Farbgebung (helle Fassaden- und Außenbelagsfarben), einem Verbot von Stein-Gärten oder einer Gebäudebegrünung bilden eine gute Grundlage für die Sicherstellung eines Schutzes vor sommerlicher Überhitzung.

Im Rahmen des Vergleichs der Wärmeversorgungsvariante werden zwei Varianten mit Nutzung von Erdwärme betrachtet. Diese können für die Gebäudekühlung genutzt werden (vgl. dazu Abschnitt 6.4).

## 2.4 Strom

### 2.4.1 Stromverbrauch „Licht & Kraft“

Mit dem alten Begriff „Licht & Kraft“ wird der Haushaltsstrom ohne den Bedarf für die Heizung und Warmwasser bezeichnet. Der Haushaltstrom umfasst alle üblichen Anwendungen wie Beleuchtung, Kochen, Spülen, Waschen, Trocknen, TV, Informations- und Kommunikationstechnik und übrige Haushaltsgeräte.

Die Ableitung des Bedarfs aus bundesweiten Mittelwerten in Verbindung mit gebietsspezifischen Gebäudestrukturen ist im Energiekonzept Osterfeld<sup>5</sup> beschrieben. Für das in der Struktur ähnliche Baugebiet Scharmede wird der dort ermittelte flächenspezifische Kennwert von 23 kWh/m<sup>2</sup>a übernommen.

| Typ    | Wohnfläche<br>gesamt<br>m <sup>2</sup> | Strom                                     | Strom                  | Strom                   |
|--------|----------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|-------------------------|
|        |                                        | L&K<br>spezifisch<br>kWh/m <sup>2</sup> a | L&K<br>gesamt<br>MWh/a | L&K<br>je Haus<br>kWh/a |
| EFH    | 10.260                                 | 23                                        | 236                    | 4.140                   |
| DHH    | 2.900                                  | 23                                        | 67                     | 3.335                   |
| MFH    | 2.735                                  | 23                                        | 63                     | 12.581                  |
| gesamt | 15.895                                 |                                           | 366                    | 4.458                   |

Tabelle 5 Haushaltsstrombedarf (Licht & Kraft)

<sup>5</sup> <https://www.salzkotten.de/de-wAssets/docs/unsere-stadt/bauen-und-wohnen/bauleitplanung/Bebauungsplan-SK-46-Osterfeld-Salzkotten/SK46-Osterfeld-Klimaschutzfachbeitrag.pdf>

## 2.4.2 Elektromobilität

Seit dem Aufkommen der Elektromobilität ist auch der Strombedarf der Beladung separat zu betrachten und aus dem Gesamtstromverbrauch auszugliedern. Betrachtet wird hier der mit dem im Gebäude installierten Zähler gemessene Wechselstromverbrauch einschließlich der Verluste des Ladevorgangs.

Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass mittelfristig jede Wohneinheit ein Elektro-Fahrzeug besitzt. Bei einer durchschnittlichen Fahrstrecke von 42 km/Tag<sup>6</sup> (~ 15.000 km/a) und einem spezifischen Energiebedarf von ca. 20 kWh/100 km liegt der Strombedarf je E-Fahrzeug bei 3.066 kWh/a. Dies ist die aus dem Stromnetz bereitzustellende Energie, insofern das Fahrzeug ausschließlich im Quartier beladen wird. In der Bestimmung des gesamten Bedarfs wird die Beladung im Baugebiet zugrunde gelegt, auch wenn die Beladung bei Langstreckenfahrten oder günstigen Möglichkeiten am Arbeitsplatz auch woanders erfolgen wird.

| Typ    | WE =   | Strom       | Strom       | Strom       |
|--------|--------|-------------|-------------|-------------|
|        | PKW    | E-Mobilität | E-Mobilität | E-Mobilität |
|        | gesamt | je PKW      | gesamt      | je Haus     |
|        | -      | kWh/a       | MWh/a       | kWh/a       |
| EFH    | 71     | 3.066       | 217         | 3.806       |
| DHH    | 20     | 3.066       | 61          | 3.066       |
| MFH    | 30     | 3.066       | 92          | 18.396      |
| gesamt | 121    |             | 370         | 4.515       |

Tabelle 6 Strombedarf Elektromobilität

<sup>6</sup> Mittelwert aus Studie „Mobilität in Deutschland“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021))

## 3 Potenzialanalyse

### 3.1 Solare Potenziale

#### 3.1.1 Solarpflicht nach Landesbauordnung

Aufgrund der Änderung der Landesbauordnung NRW Ende Oktober 2023 wird zukünftig auf jedem Dach im Baugebiet eine PV-Anlage zu installieren sein. Die Pflicht nach § 42a (1) gilt für Wohngebäude ab 2025, maßgeblich ist der Zeitpunkt des Bauantrags. Die bisher vielfach angewandte Festsetzung einer PV-Pflicht im B-Plan wird nicht mehr in dem Maße nötig sein wie früher.

„§ 42a Solaranlagen

(1) Bei der Errichtung von Gebäuden, für die der Bauantrag

1. nach dem 1. Januar 2024 für Nichtwohngebäude oder
2. nach dem 1. Januar 2025 für Wohngebäude gestellt wird,

sind Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie auf den dafür geeigneten Dachflächen zu installieren und zu betreiben. Dies gilt auch bei Verfahren für Gebäude nach § 63 entsprechend, wenn deren Baubeginn nach den in Satz 1 genannten Zeitpunkten erfolgt. Bei der Installation der Anlagen ist jeweils das technisch-wirtschaftliche Optimum der Dachflächen auszuschöpfen. Das Nähere regelt eine Rechtsverordnung. Erfolgen Festlegungen nach Satz 1 durch örtliche Bauvorschrift (§ 89 Absatz 1 Nummer 1) oder durch Bebauungsplan (§ 89 Absatz 2) sind diese maßgeblich.

Die Landesbauordnung macht zur Dimensionierung Anlagen noch keine konkreten Angaben, dafür soll eine Rechtsverordnung erarbeitet werden, die z.Z. (04.01.2024) noch nicht vorliegt. Die bisher in Salzkotten übliche Festsetzung der PV-Pflicht im B-Plan sollte so lange beibehalten werden, bis Klarheit über den Inhalt der Rechtsverordnung besteht. Sie ist im B-Plan SK 46 „Osterfeld“ wie folgt enthalten:

#### 5. Photovoltaikpflicht (gem. § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB)

Im gesamten Geltungsbereich dieses Bebauungsplanes sind die nutzbaren Dachflächen der Gebäude und der baulichen Anlagen innerhalb der überbaubaren Grundstücksflächen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB zu mindestens 50 % mit Photovoltaikmodulen zur Nutzung der einfallenden solaren Strahlungsenergie auszustatten.

Werden auf einem Dach Solarwärmekollektoren installiert, so kann die von Solarwärmekollektoren beanspruchte Fläche auf die zu realisierende Dachfläche durch Photovoltaikmodule angerechnet werden.

Auf Grundlage des städtebaulichen Entwurfes können die für eine solare Nutzung zur Verfügung stehenden Dachflächen ermittelt werden.

#### 3.1.2 Erzeugung aus Dachflächen-PV

Die Dachflächen werden über die Grundfläche der Gebäudetypen und ihrer Dachform ermittelt. Die Satteldächer (sd) verfügen gemäß Entwurf bei Ost-West-Firstrichtung über eine nach Süden ausgerichtete Dachfläche. Die Walmdächer (wd) sind zu 3/4 der Dachfläche geeignet, dafür ist der dreieckige Zuschnitt ungünstig für eine gute Ausnutzung. Der Belegungsanteil mit Bezug auf die grundsätzlich geeignete Fläche ist hier geringer. Die PV-Leistung wird ausgehend von einem Modultyp mit 350 Watt und 1,72 m<sup>2</sup> Fläche abgeleitet.

| Typ     | überbaute<br>Grundfläche<br>m <sup>2</sup> /Geb | Dachfläche<br>mit Neigung<br>m <sup>2</sup> /Geb | Dachanteil<br>mit Eignung<br>- | Belegungs-<br>anteil Module<br>% | Fläche<br>Module<br>m <sup>2</sup> /Geb | Leistung<br>Module<br>kWp/Geb |
|---------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| EFH wd1 | 122                                             | 141                                              | 3/4                            | 50%                              | 53                                      | 11                            |
| EFH wd2 | 150                                             | 173                                              | 3/4                            | 50%                              | 65                                      | 13                            |
| EFH sd2 | 120                                             | 139                                              | 1/2                            | 80%                              | 55                                      | 11                            |
| EFH sd3 | 136                                             | 157                                              | 1/2                            | 80%                              | 63                                      | 13                            |
| EFH sd5 | 131                                             | 151                                              | 1/2                            | 80%                              | 61                                      | 12                            |
| EFH fd1 | 142                                             | 164                                              | 1/1                            | 70%                              | 115                                     | 23                            |
| DHH sd1 | 84                                              | 96                                               | 1/2                            | 80%                              | 39                                      | 8                             |
| MFH sd4 | 228                                             | 236                                              | 1/2                            | 80%                              | 94                                      | 19                            |

Tabelle 7 PV-Potenziale nach Haustypen

Für das gesamte Baugebiet ergibt sich auf der Grundlage von [Tabelle 7](#) das PV-Potenzial nach [Tabelle 8](#). Die Unterschiede im spezifischen Ertrag resultieren aus der Berücksichtigung der Anteile von Süd- bzw. Ost-West-Ausrichtung.

| Typ     | Leistung<br>Module<br>kWp/Geb | spezifischer<br>Ertrag<br>kWh/kWp | Ertrag<br>je Gebäude<br>kWh/a.Geb | Gebäude<br>Anzahl<br>- | Ertrag<br>gesamt<br>MWh/a | Leistung<br>gesamt<br>kWp |
|---------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| EFH wd1 | 11                            | 893                               | 9.597                             | 17                     | 163                       | 183                       |
| EFH wd2 | 13                            | 893                               | 11.799                            | 2                      | 24                        | 26                        |
| EFH sd2 | 11                            | 997                               | 11.241                            | 4                      | 45                        | 45                        |
| EFH sd3 | 13                            | 997                               | 12.740                            | 21                     | 268                       | 268                       |
| EFH sd5 | 12                            | 997                               | 12.272                            | 6                      | 74                        | 74                        |
| EFH fd1 | 23                            | 934                               | 21.814                            | 7                      | 153                       | 163                       |
| DHH sd1 | 8                             | 984                               | 7.718                             | 20                     | 154                       | 157                       |
| MFH sd4 | 19                            | 997                               | 19.149                            | 5                      | 96                        | 96                        |
| EFH     | 13                            | 955                               | 12.730                            | 57                     | 726                       | 760                       |
| DHH     | 8                             | 984                               | 7.718                             | 20                     | 154                       | 157                       |
| MFH     | 19                            | 997                               | 19.149                            | 5                      | 96                        | 96                        |
| gesamt  | 12                            | 963                               | 11.899                            | 82                     | 976                       | 1.013                     |

Tabelle 8 PV-Potenziale gesamt

### 3.1.3 Solarthermie

Die Solarthermie hatte nach Einführung des EEWärmeG im Jahr 2008 im Neubau eine gewisse Bedeutung und Verbreitung erreicht, da sie eine einfache Möglichkeit bot, die Anforderung eines 15%igen Anteils erneuerbarer Energie in Verbindung mit einer Erdgasheizung zu erfüllen.

Aufgrund der starken Kostendegression der PV hat die Solarthermie in den letzten Jahren in der dezentralen Gebäudeversorgung stark an Bedeutung verloren.

Eine solarthermische Anlage absorbiert einen Großteil der Strahlungsenergie der Sonne und kann über einen Wärmetauscher Warmwasser für den Haushalt zur Verfügung stellen und an kälteren Tagen als Heizungsunterstützung dienen. Wie auch die Photovoltaik ist die Solarthermie stark von den Einstrahlungsverhältnissen der Sonne und somit von der Jahreszeit abhängig.

Die Auslegung orientiert sich vorwiegend am Warmwasserbedarf. Die Dachflächen stellen in der Regel keine Potenzialbegrenzung dar. Die Potenzialermittlung erfolgt hier nur überschlägig mit Bezug auf den TWW-Bedarf mit 60% Deckung und Heizungsunterstützung mit 10% des Bedarfs.

Das solarthermische Potenzial liegt unter diesen Auslegungsannahmen bei 193 MWh/a. Dies sind nur 20% des Potenzials der Photovoltaik.

### 3.2 Geothermische Potenziale

#### 3.2.1 Allgemeine Eignung Scharmede

Der Bereich Scharmede ist in den thematischen Karten des geologischen Dienstes wie folgt klassifiziert.

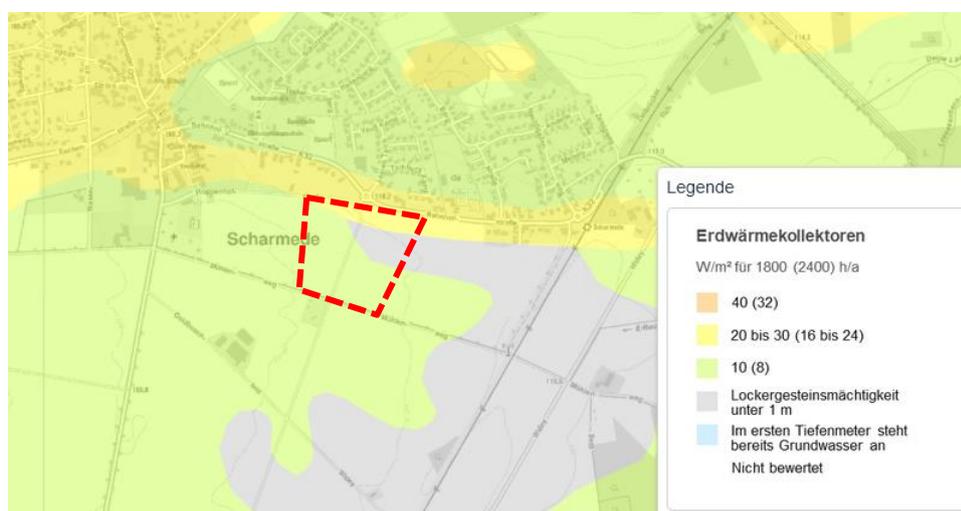


Abbildung 4 Potenzial für Erdwärmekollektoren

Das Potenzial für Erdwärmekollektoren ist als eher niedrig zu beurteilen. Die Bauflächen liegen überwiegend im Bereich der Klasse mit 10 W/m². Am Nordrand steigt das Potenzial auf ca. 20 W/m² an.

Günstiger stellt sich das Potenzial für Erdsonden dar.

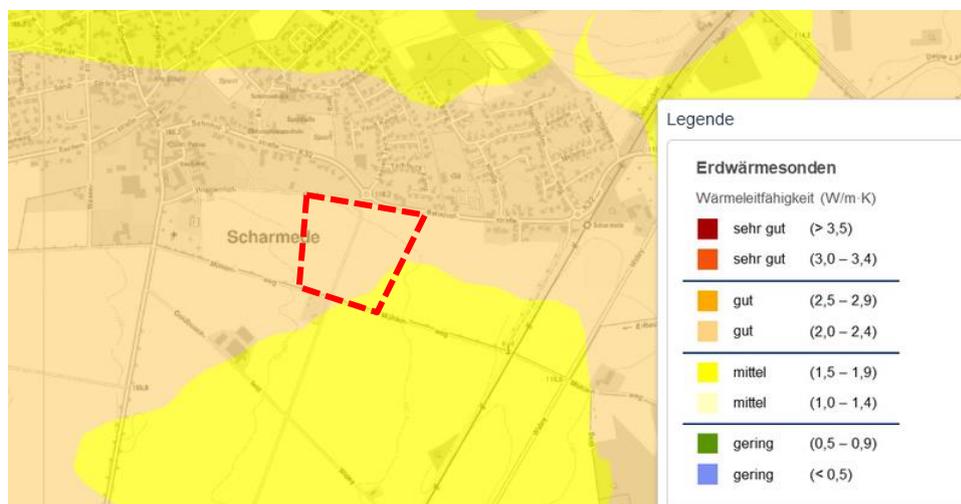


Abbildung 5 Potenzial für Erdwärmesonden 40 m

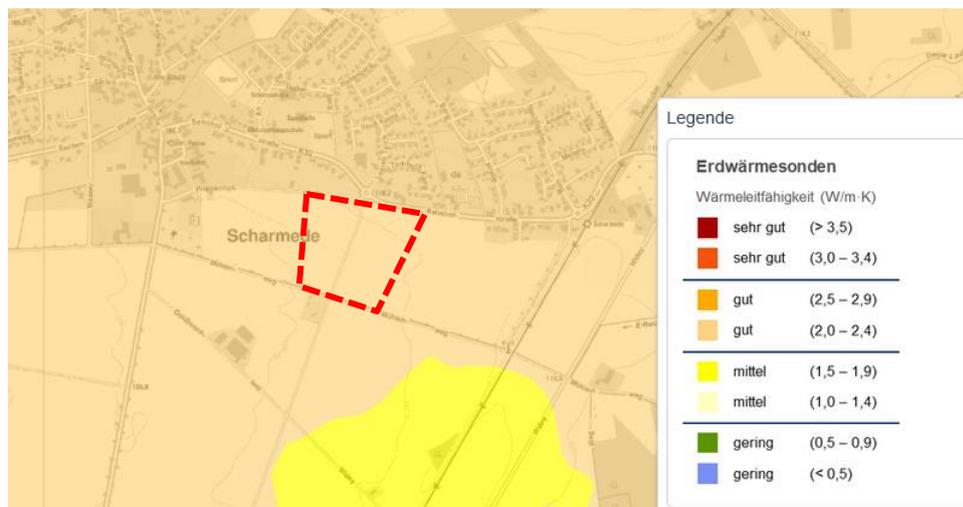


Abbildung 6 Potenzial für Erdwärmesonden 80 m

Im Vergleich von [Abbildung 5](#) und [Abbildung 6](#) wird ersichtlich, dass die oberen Schichten ein etwas schlechteres Potenzial aufweisen. Es wird bei Bohrungen von 60 bis 100 m Tiefe mit einer Leitfähigkeit von 2,0 bis 2,4 W/mK zu rechnen sein.

Bisher sind einige Bohrungen für die Erdwärmenutzung im nördlich gelegenen Wohngebiet durchgeführt worden, deren Lage in [Abbildung 7](#) wiedergegeben ist<sup>7</sup>.

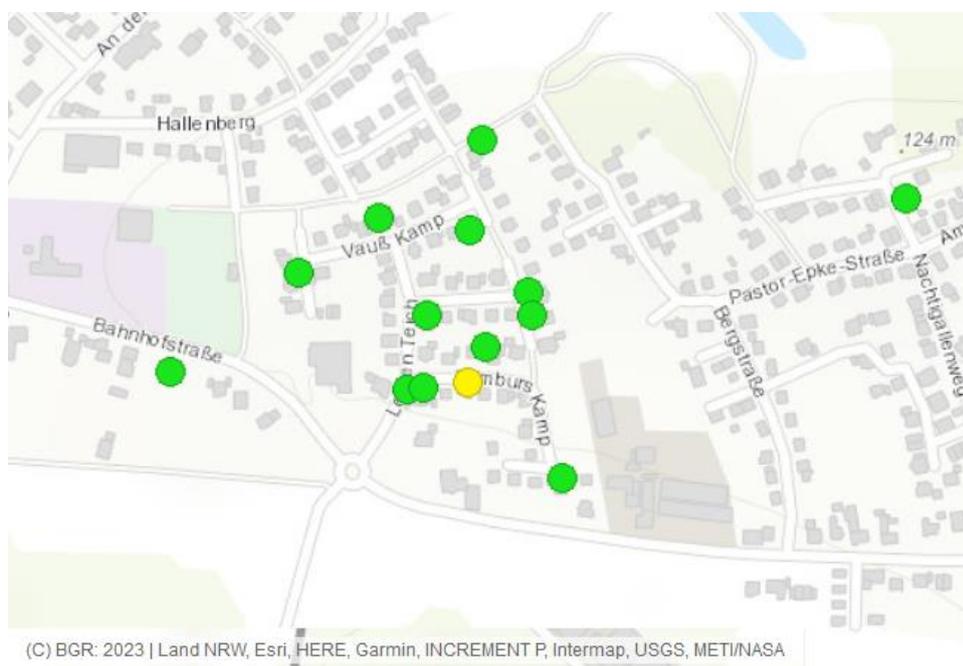


Abbildung 7 Bohrpunkte im nördlichen Umfeld des Baugebietes

<sup>7</sup> <https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de>, Abruf 2023-10-17

### 3.2.2 Potenzialermittlung für Flächen im Baugebiet

#### dezentrale Versorgungsoptionen

Die Potenzialermittlung erfolgt für die dezentralen Versorgungsoptionen über die Erdsonden. Die flächenhafte Nutzung der Erdwärme über Kollektoren schränkt die Nutzbarkeit der Gartenflächen ein und wird daher nicht betrachtet. Sie wäre dann eine Option, wenn die hydrogeologischen Verhältnisse die Bohrungen nicht zulassen würden.

Es liegt eine Stellungnahme des Kreises Paderborn (Amt für Umwelt, Natur und Klimaschutz) mit folgenden wesentlichen Inhalten vor:

- Es wird eine direkte Nutzung des Grundwassers als nicht realisierbar eingeschätzt, Grund ist die voraussichtlich nicht gegebene Leistungsfähigkeit des oberflächennahen Grundwasserleiters-/stockwerks.
- Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren werden dagegen aus wasserwirtschaftlicher Sicht grundsätzlich als zulassungsfähig eingestuft. Unter den geringdurchlässigen Tonmergelsteinen liegt ab 155 m Tiefe das 2. Grundwasserstockwerk, der Karstgrundwasserleiter.
- Eine Verbindung des 1. Grundwasserstockwerks (bis 5 m) mit dem 2. Grundwasserstockwerk (ab 155 m) ist zu vermeiden. Bei Bohrungen bis 125 m besteht somit voraussichtlich kein Risiko einer Verbindung.

Eine Erdsondenbohrung von 100 m Tiefe kann bei verschiedenen Leitfähigkeiten die in Tabelle 9 angegebenen Entzugsleistungen und Wärmeleistungen erbringen. Die Kennwerte sind aus der VDI 4640 Blatt 2, Tabelle B6 abgeleitet. Die Abstände der Erdsonden können im Baugebiet so groß gewählt werden, dass eine gegenseitige Beeinträchtigung und Leistungsminderung nicht zu berücksichtigen sind.

|                                  |        |      |      |      |
|----------------------------------|--------|------|------|------|
| Leitfähigkeit Untergrund         | W/mK   | 2,00 | 2,20 | 2,40 |
| Sondenlänge                      | m      | 100  |      |      |
| spez. Entzugsleistung            | W/m    | 37,7 | 39,4 | 41,1 |
| Entzugsleistung je 100 m - Sonde | kW/Sd. | 3,8  | 3,9  | 4,1  |
| cop Starklast                    |        | 3,0  | 3,0  | 3,0  |
| Wärmeabgabe Leistung             | kW/Sd. | 5,7  | 5,9  | 6,2  |

Tabelle 9 Leistungswerte für 100 m-Sonden

Für die EFH-Haustypen ist jeweils eine Bohrung mit einer Tiefe von 60 bis 80 m ausreichend. Die Mehrfamilienhäuser brauchen drei Erdsonden, wenn die übliche Tiefe von 100 m nicht überschritten werden soll.

|                                          |     | EFH   | DHH   | MFH   |
|------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Leistung Heizwärme                       | kW  | 4,49  | 3,54  | 13,26 |
| Bedarf Heizung+TWW                       | MWh | 7,76  | 6,17  | 23,17 |
| Volllaststunden bezogen auf Heizleistung | h/a | 1.730 | 1.743 | 1.747 |
| notwendige Sondenlänge bei 2,0 W/mK      | m   | 79    | 63    | 235   |
| notwendige Sondenlänge bei 2,2 W/mK      | m   | 76    | 60    | 224   |
| notwendige Sondenlänge bei 2,4 W/mK      | m   | 73    | 57    | 215   |

Tabelle 10 Sondenlängen je Haustyp

Die mögliche Verortung der Bohrungen auf den Grundstücken des Plangebietes zeigt [Abbildung 8](#). Die dargestellten Kreisflächen haben einen Durchmesser von 10 m, so dass ohne Überlappungen ein ausreichender Abstand von 10 m zur nächsten Bohrung sichergestellt ist. Auch zu den Grundstücksgrenzen kann ein Abstand von 3 m eingehalten werden.



Abbildung 8 mögliche Lage der Erdsonden im Baugebiet

#### zentrale Versorgungsoptionen

Bei der zentralen Quellenerschließung und Wärmeverteilung werden nicht die privaten Grundstücke, sondern öffentliche Grünflächen und das Regenrückhaltebecken genutzt. Das unter diesen Flächen liegende geothermische Potenzial wird über Erdsonden mit 10 m Abstand erschlossen.

Beim System der kalten Nahwärme (s. 4.3) ohne zentrale Wärmepumpe stellen die Verteilungen eine zusätzliche Wärmequelle dar. Je Trassenmeter kann mit ca. 10 – 30 Watt Wärmegewinn gerechnet werden.

Für das System „low-ex“-Nahwärme wird die Wärme aus den Erdsondenfeldern über Sammelleitungen zur Heizzentrale geführt und dort mittels einer zentralen Wärmepumpe auf ca. 45 °C erwärmt und ins Wärmenetz eingespeist. Dieses Netz hat keine Wärmegewinne, sondern Wärmeverluste.



Abbildung 9 Erdwärmequellen im Baugebiet, Flächen und Linienelemente

Die Potenzialermittlung für die beiden Variante stellt sich entsprechend Tabelle 11 dar.

|                                     |                     |      |       |      |
|-------------------------------------|---------------------|------|-------|------|
| Sondenfeld 1                        | m <sup>2</sup>      |      | 3.986 |      |
| Sondenfeld 2                        | m <sup>2</sup>      |      | 1.181 |      |
| Regenrückhaltebecken                | m <sup>2</sup>      |      | 4.342 |      |
| Fläche gesamt                       | m <sup>2</sup>      |      | 9.509 |      |
| Flächenbedarf je Sonde (10m-Raster) | m <sup>2</sup> /Sd. |      | 100   |      |
| Anzahl Sonden                       | Sd.                 |      | 95    |      |
| Leitfähigkeit Untergrund            | W/mK                | 2,00 | 2,20  | 2,40 |
| Entzugsleistung Sondenfelder        | kW                  | 358  | 375   | 391  |
| Wärmeerzeugung bei cop = 3,0        | kW                  | 538  | 562   | 587  |
| Wärmebedarf Baugebiet               | kW                  |      | 552   |      |
| Deckungsgrad low-ex                 | %                   | 97%  | 102%  | 106% |
| Netzlänge kaltes Netz               | m                   |      | 1.306 |      |
| spezifischer Wärmegewinn            | W/m                 | 15   | 20    | 25   |
| Entzugsleistung Netz                | kW                  | 20   | 26    | 33   |
| Wärmeerzeugung bei cop = 3,0        | kW                  | 29   | 39    | 49   |
| Wärmeerzeugung gesamt               |                     |      |       |      |
| Sondenfelder und kaltes Netz        | kW                  | 557  | 588   | 619  |
| Deckungsgrad kalte Nahwärme         | %                   | 101% | 107%  | 112% |

Tabelle 11 Potenzialermittlung Sondenfelder und Netz

### 3.3 Biogaspotenziale

Es gibt im weiteren räumlichen Umfeld von Scharmede Biogasanlagen, deren Lage in [Abbildung 10](#) mit Angabe der Luftlinien-Entfernung zum Baugebiet dargestellt ist. Die Standorte sind dem Energieatlas NRW<sup>8</sup> entnommen, der die vom LANUV erfassten Potenziale verschiedener erneuerbaren Energien darstellt, hier die Bestandskarte Strom → Biomasse → Standorte.

<sup>8</sup> <https://www.energieatlas.nrw.de/site/bestandskarte>, 04.01.2024

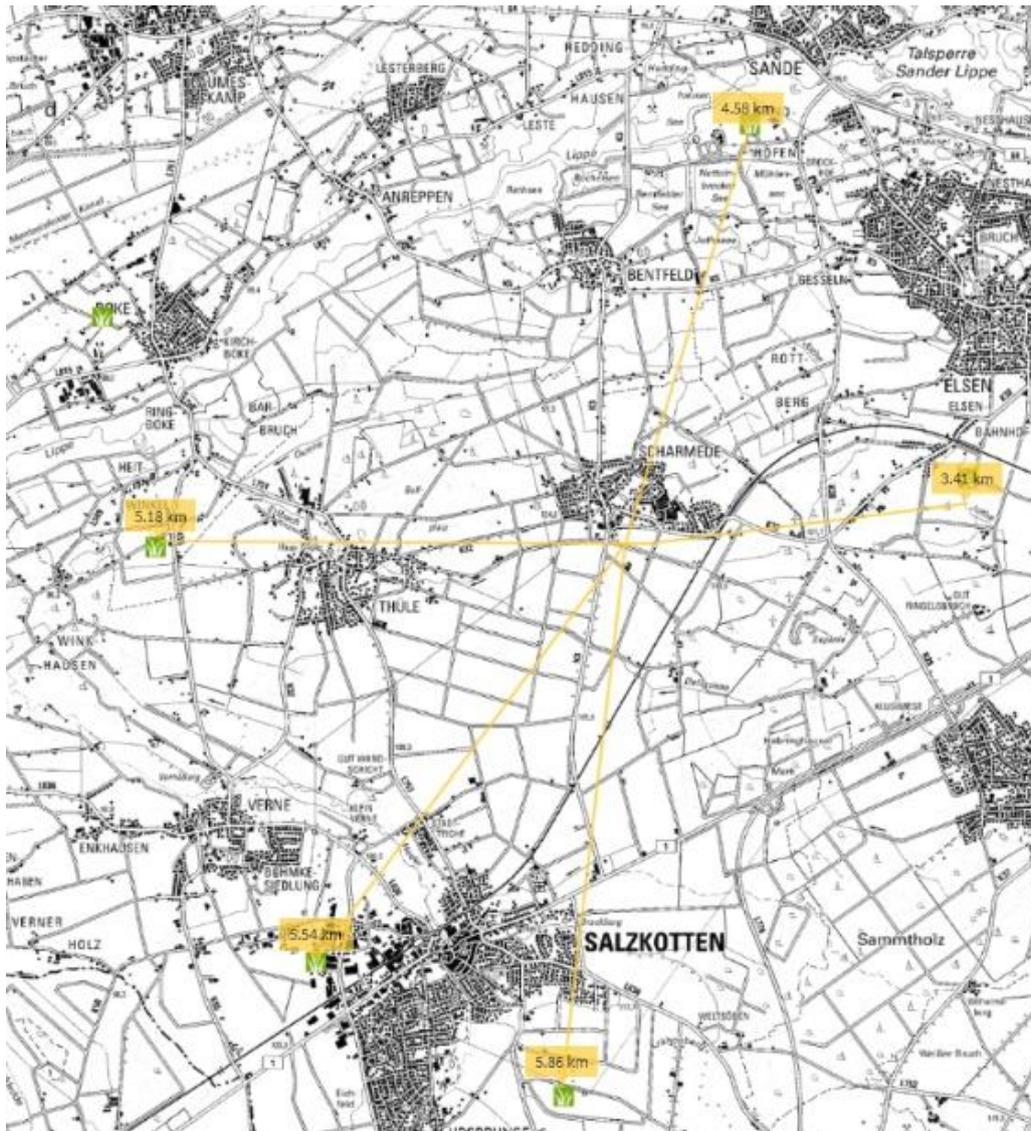


Abbildung 10 Biogasproduzenten in der Umgebung

Die Entfernung ist auch im Fall der nächstgelegenen Anlage (~ 3,4 km) zu groß, um eine Gasleitung für die Versorgung des Baugebietes zu verlegen. Für jede dieser Biogasanlagen gäbe es zudem günstiger gelegene Absatzgebiete, falls bisher nicht genutzte Wärmepotenziale verfügbar wären.

## 4 Beschreibung der Versorgungsvarianten

Auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen und projektbegleitenden Erörterungen werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber die nachfolgenden Versorgungsvarianten näher untersucht. Aufgrund des in Scharmede verfügbaren geothermischen Potenzials konzentriert sich die Auswahl der Varianten an der Nutzung dieses Potenzials mittels Wärmepumpe in verschiedenen Formen.

|        |                                                                                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L-WP   | Luft-Wasser-Wärmepumpe zur dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude                                                    |
| Var. 1 | Sole-Wasser-Wärmepumpe zur dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude mit Erdsondenbohrung auf jedem Grundstück          |
| Var. 2 | kalte Nahwärme mit dezentralen Sole-Wärmepumpen, passives Netz mit dezentraler Wärmeentnahme und Netzstruktur als Ringnetz |
| Var. 3 | low-ex-Nahwärme mit einfacher Hausstation, Wärmeeinspeisung aus zentraler Wärmepumpe, Netzstruktur als Strahlennetz        |

Vor dem Hintergrund der in Salzkotten schon länger geltenden PV-Pflicht und der mit gleicher Zielsetzung erfolgten Änderung der Landesbauordnung NRW (vgl. Abschnitt 3.1.1) ist eine Berücksichtigung der PV-Anlagen beim Vergleich der verschiedenen Wärmeversorgungsvarianten nicht entscheidungsrelevant. Die Solarstromerzeugung wird nur im Rahmen der Gesamtbilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen abschließend mit zu berücksichtigen sein.

Im Folgenden werden die einzelnen Versorgungsvarianten in ihren grundlegenden Eigenschaften und ihrer technischen Auslegung beschrieben. Die Kosten werden im Abschnitt 6 im Vergleich der Wirtschaftlichkeit eingangs zusammengestellt.

### 4.1 Dezentrale L-WP, Luft-Wasser-Wärmepumpe

Um eine Orientierung im Vergleich mit den üblichen Systemen zu ermöglichen, die sich voraussichtlich ohne planerische Vorgaben eingebaut würden, wird im Folgenden das System Luft-Wasser Wärmepumpe als dezentrales Referenzsystem mitbetrachtet.

Da jedes Gebäude einen eigenen Wärmeerzeuger erhält und die bereitzustellende Leistung abhängig von der Größe der Wohnfläche und Anzahl der wohnhaften Personen ist, variieren die Heizleistungen der Luft-Wasser Wärmepumpen. Nachfolgende Aufstellung zeigt die theoretisch zu erwartenden Größen der Wärmeerzeuger.

| Typ | Leistung<br>Heizwärme<br>je Haus<br>kW/Geb | Leistung<br>TWW<br>je Haus<br>kW | Leistung<br>je Haus<br>kW |
|-----|--------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| EFH | 4,5                                        | 2,6                              | 7,1                       |
| DHH | 3,5                                        | 2,1                              | 5,6                       |
| MFH | 13,3                                       | 7,8                              | 21,1                      |

Tabelle 12 Leistungen Luft-Wasser Wärmepumpen

Die Auslegung der Wärmepumpe kann sich auch am Heizwärmebedarf ohne Zuschlag für die TWW orientieren, wenn der Speicher mit einem Heizstab für die elektrische Direktheizung ausgestattet ist. Diese



Auslegungsvariante mit vorrangiger Zielsetzung der Senkung der Investitionskosten wird hier nicht zugrunde gelegt. Es wird von einer vollständigen Wärmeerzeugung von Heizwärme und Warmwasser mittels Wärmepumpe ausgegangen.

Da eine Luft-Wasser-Wärmepumpe die Luft über einen Ventilator ansaugt und an den Wärmetauscher der Wärmepumpe weiterleitet, wird ein Split-Gerät im Außenbereich des Gebäudes oder eine Zuluftleitung ins Gebäude bzw. an den Standort des Aggregats benötigt.

Die Aspekte des Schallschutzes sind bei der Wahl des Fabrikats und der Festlegung des Aufstellortes zu berücksichtigen, um Eigen- und Fremdbelästigungen in der Nachbarschaft auszuschließen.

## 4.2 Var. 1, dezentrale Sole-Wasser-Wärmepumpe

Wie die Luft-Wärmepumpe ist dieses System dezentral ausgerichtet, jedes Gebäude wird aus einer eigenen Wärmequelle, der Erdsondenbohrung auf dem Grundstück, versorgt. Anstelle der Wärmequelle Luft wird oberflächennahe Geothermie als Quelle genutzt. Die Gefahr der Lärmbelästigung besteht hier nicht.

Die Leistungen der Wärmepumpe sind identisch mit denen der Luftwärmepumpe entsprechend [Tabelle 12](#). Die Länge bzw. Tiefe der Erdsondenbohrungen sollte so gewählt werden, dass 2/3 bis 3/4 des Wärmebedarfs aus der Bohrung entnommen werden können. Über die Leitfähigkeit liegen bisher nur die groben Angaben des geologischen Dienstes vor mit der Bandbreiten-Angabe 2,0 bis 2,4 W/m.K aus der Potenzialkarte (vgl. [Abbildung 6](#)).

Für die Bohrpunkte im nördlichen Umfeld des Baugebietes (vgl. [Abbildung 7](#)) liegen u.U. Leistungswerte vor, die eine schärfere Einschätzung ermöglichen. Die Bohrungen in der Straße Temburs Kamp liegen nur 150 m von den nächstgelegenen Grundstücken und 350 m von denen am Südrand des Baugebietes entfernt.

Beim Kreis Paderborn (Amt für Umwelt, Natur und Klimaschutz) liegen keine genaueren Informationen über Ertragswerte dieser Bohrungen und Leistung der daraus gespeisten Wärmepumpen vor. Die Bohrungen sind 60 bis 105 m tief und bedurften aufgrund ihres Abstandes zum kritischen Grundwasserleiter keiner hydrogeologischen Einschätzung mit Beteiligung des Kreises. Die Berechnung der geothermischen Leistung erfolgt daher auf Grundlage der Daten des geologischen Dienstes NRW.

## 4.3 Var. 2, kalte Nahwärme ohne zentrale Einspeisung – passives Netz

Diese Variante nutzt ebenso wie die Variante 1 oberflächennahe Geothermie als Wärmequelle. Die Erdsonden werden jedoch nicht auf den privaten Grundstücken in direkter Zuordnung zum Gebäude abgeteuft, sondern in den öffentlichen Grünflächen und unterhalb des Versickerungsbeckens. Die dem Erdreich entzogene Wärme wird über ein nicht isoliertes Netz mit Vorlauf- und Rücklaufleitung an die Gebäude geliefert. Das Rohrmaterial ist Kunststoff, in der Regel PE-HD.

Dieses System wird als „kalte Nahwärme“ bezeichnet. Es gibt für die Umwälzung der kalten Nahwärme im Netz zwei Konzepte:

- aktives Netz mit zentraler Sammlung der Wärme aus den Erdsondenfeldern und anschließender zentraler Einspeisung in das Verteilnetz. Es gibt eine Pumpenstation, in der die Pumpen, Druckhaltung, Regelung und Wasser-/Soleaufbereitung installiert sind.

- passives Netz mit dezentraler Abnahme der Wärme. Die für die Umwälzung benötigte Pumpenleistung ist dezentral verteilt, jedes Gebäude nimmt sich so viel, wie es braucht. Die Struktur des Netzes ist kein reines Strahlennetz, sondern hat auch Ringverbindungen.

Die Konzeption als passives Netz wird hier in der weiteren Ausarbeitung verfolgt. Die Vorteile liegen darin, dass die zentrale Heranführung aus den drei Erdsondenfeldern entfällt und dass die angedachte zukünftige Erweiterung des Neubaugebietes ohne größeren Aufwand möglich ist. Bei einem aktiven Netz müsste eine Reserveleistung in der Pumpenstation und bei den Hauptwärmeleitungen vorgehalten werden.

Zentrale Komponenten sind auch im passiven Netz erforderlich. Je Erdsondenfeld müssen die einzelnen Erdsondenleitungen zusammengeführt und an das Verteilnetz angeschlossen werden. Diese Verteilerbauwerke können auch am Rand der Grünflächen unterirdisch errichtet werden.

Die Wärmepumpen in den Gebäuden sind identisch mit denen der Variante 1. Anstelle der Leitung von eigener Bohrung bis zum Heizraum gibt es eine Hausanschlussleitung vom Netz in Straßenmitte oder Gehweg zum Heizraum. Die Regelung der Wärmeentnahme mit Festlegung der Volumenströme und Auskühlung unterliegt detaillierten technischen Anschlussbedingungen (TAB) des Netzbetreibers. Eine Wärmemengenmessung mit darauf basierender Abrechnung erfolgt nicht. Je Gebäude wird eine pauschale oder leistungsabhängige Nutzungsgebühr für den Netzanschluss zu zahlen sein, alternativ kann auch ein einmaliger Erschließungsbeitrag erhoben werden.

#### 4.4 Var. 3, low-ex-Nahwärme

In dieser Variante wird die Aufgabe der Anhebung des Temperaturniveaus der Erdwärme zentralisiert. Es wird nur eine große Wärmepumpenanlage in einer Heizzentrale betrieben. Die Spitzenlastabdeckung erfolgt über einen Gaskessel. Dieser erbringt nur 5% der Wärmenetzeinspeisung, ermöglicht aber eine geringere Dimensionierung der Wärmepumpenanlage. Der Gaskessel hat hier eine ähnliche Funktion wie der Elektro-Heizstab in den dezentralen Anlagen.

Die Gebäude erhalten eine Hausübergabestation, die aus einem Wärmenetz mit 40 – 45 °C Vorlauf versorgt wird. Dieses Temperaturniveau reicht für die Raumheizung in jedem Fall aus, für die Warmwasserversorgung ist bei höherem Anspruch eine elektrische Nachheizung im Speicher oder an der Frischwasserstation erforderlich.

Das Wärmenetz besteht aus isolierter Vor- und Rücklaufleitung. Als Medienrohr-Material kann Stahl oder Kunststoff zum Einsatz kommen, bei den hier vorliegenden geringen Leistungsanforderungen und geringen Nennweiten können überwiegend Duo-Rohre eingesetzt werden. Die Wärmenetzstruktur ist ein reines Strahlennetz ohne Ringverbindungen oder Vermaschungen.

Die Hausübergabestation (HAST) kann als direkt oder indirekt mit Wärmetauscher ausgeführt werden. Die hydraulische Entkopplung schließt Rückwirkungen vom Verteilsystem des Gebäudes auf das Nahwärmenetz aus. Nachteil ist die Grädigkeit am Wärmetauscher, die bei gleicher Temperaturanforderung für Heizung und Warmwasser eine höhere Temperatur im Netz erfordert – mit nachteiligen Auswirkungen auf die Effizienz der zentralen Wärmepumpenanlage. Es wird im Folgenden aufgrund der überwiegenden Vorteile ein indirekter Anschluss zugrunde gelegt. Die Netz-Vorlauftemperatur wird für den indirekten Anschluss mit 45 °C angesetzt, so dass für die Warmwasserbereitung mit Frischwasserstation eine ausreichende Temperatur bereitgestellt wird. Falls in den Mehrfamilienhäusern ein System mit zentralem Trinkwarmwasserspeicher und Zirkulation installiert wird, sind über direkte elektrische Nachheizung die hygienischen Anforderungen zur Legionellensicherheit zu erfüllen.

## 5 Energie- und Umweltbilanz

### 5.1 Endenergiebedarf

#### 5.1.1 Wärmeversorgung

Grundlage der Umweltbilanz oder CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanz ist der Endenergiebedarf der Versorgungsvarianten. Da alle Systeme überwiegend strombasiert sind, wird die Höhe des Endenergiebedarfs von den erzielbaren Jahresarbeitszahlen bestimmt. Ein Nebenaspekt sind die Energieeinsätze, die für die Nachheizung, Spitzenlast und Hilfsenergie anfallen.

|                                     |       | Referenz   | Var. 1     | Var. 2   | Var. 3 |
|-------------------------------------|-------|------------|------------|----------|--------|
| Salzkotten                          |       | Luft-      | Erdsonden- | kalte NW | low-ex |
| Scharmede                           |       | Wärmepumpe | Wärmepumpe | passiv   | ~45 °C |
| Endenergieverbrauch                 |       |            |            |          |        |
| Erdgas für Kessel (Spitzenlast)     | MWh/a | -          | -          | -        | 40     |
| Strom direkt Heizstab (Spitzenlast) | MWh/a | 27         | 14         | 14       | -      |
| Strom direkt TWW (Nachheizung)      | MWh/a | -          | -          | -        | 12     |
| Jahresarbeitszahl Wärmepumpe        | -     | 3,24       | 4,35       | 4,35     | 3,60   |
| Stromverbrauch Wärmepumpe           | MWh/a | 202        | 154        | 154      | 201    |
| Hilfsstrom Wärmenetze+Solekreislauf | MWh/a | -          | 27         | 27       | 23     |

Tabelle 13 Endenergieverbrauch und Jahresarbeitszahl Wärmepumpe

#### 5.1.2 Endenergiebedarf und PV-Erzeugung

Die in Abschnitt 2.4.1 und 2.4.2 ermittelten Bedarfswerte für Haushaltsstrom und E-Mobilität sowie die Bedarfswerte der Wärmeversorgungssysteme werden den PV-Potenzialen der Erzeugung gegenübergestellt.

Die Endenergiebilanz zwischen der Summe der Verbrauchs-Anwendungen und dem Erzeugungs-Potenzial der Dachflächen-PV ist annähernd ausgeglichen.

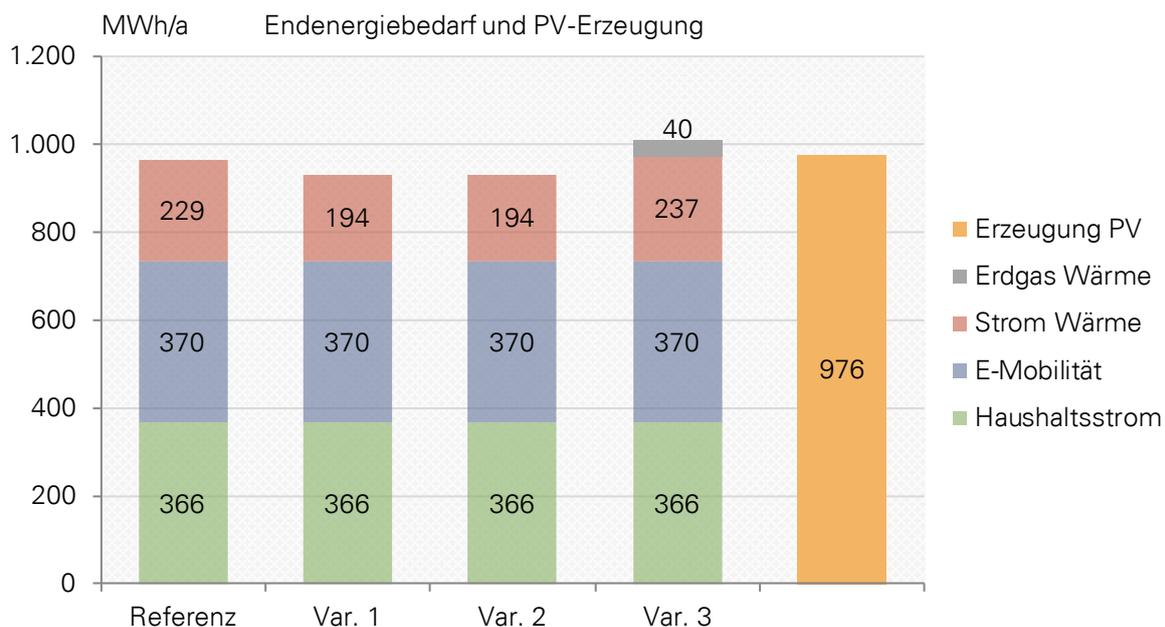


Abbildung 11 Endenergiebilanz für jährlichen Bedarf und Erzeugung

Die Ausgeglichenheit der Bilanz gilt jedoch nur für eine Betrachtung auf der zeitlichen Ebene eines Jahres. Der Heizwärmebedarf fällt vorwiegend im Winter an, wenn die PV-Erzeugung sehr schwach ausfällt. Batteriespeicher gleichen die Schwankungen vorwiegend innerhalb eines Tages und zum Folgetag aus.

Saisonale Speicher gibt es zurzeit noch nicht, wesentliche Technologie der Zukunft ist die Umwandlung von Stromüberschüssen in Wasserstoff und die Speicherung des Wasserstoffs.

## 5.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

### 5.2.1 Wärmeversorgung

Auf Grundlage der Energieverbräuche wird über energieträgerspezifische Emissionsfaktoren die Menge des verursachten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ermittelt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen CO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, im weiteren als CO<sub>2</sub> und CO<sub>2e</sub> bezeichnet.

CO<sub>2</sub>-Äquivalente fassen die Klimawirkung der relevanten Treibhausgase, darunter Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas (Distickstoffoxid) und F-Gase (fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen) zusammen, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Gasen herzustellen. So wird über das Global Warming Potential (GWP) die Wirkung eines Gases auf die Wirkung von CO<sub>2</sub> umgerechnet bzw. normiert.

Die CO<sub>2e</sub>-Faktoren für Strom liegen in der Regel ca. 5% über reinen CO<sub>2</sub>-Faktoren. Nur bei Strom aus Biogas sind die Unterschiede erheblich, da der Anbau der Substrate erhebliche Mengen Lachgas freisetzt und im Herstellungsprozess höhere Methan-Leckagen auftreten als im Erdgasleitungsnetz.

Die in den verschiedenen Quellen und Normen aufzufindenden Faktoren weisen schon für die Bewertung des Ist-Zustands eine große Bandbreite auf. Für die Prognose klaffen die Werte nochmals weiter auseinander.

Im Folgenden wird Bezug genommen auf die Werte des AGFW-Leitfadens zu Trafoplänen nach BEW<sup>9</sup>. Die Werte dieses Leitfadens sind für den Ist-Zustand vom UBA (Umweltbundesamt) und für die Prognose vom IINAS (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien) übernommen worden. Die Emissionsfaktoren sind dort als CO<sub>2</sub>-Werte benannt, es handelt sich jedoch mit Bezug auf die Originalquellen um CO<sub>2e</sub>-Werte. Die Erdgas-Faktoren sind aus Gemis 5.1 für den Prozess „Gas-Heizung-DE-2020 (Endenergie)“ bereinigt

| CO <sub>2e</sub> -Faktoren mit Vorkette |       | 2020-2023 | 2030 | 2045 |
|-----------------------------------------|-------|-----------|------|------|
| Strom                                   | g/kWh | 375       | 260  | 30   |
| Erdgas (fossil)                         | g/kWh | 227       | 227  | 227  |

Tabelle 14 Emissionsfaktoren Strom und Erdgas

Es werden die CO<sub>2e</sub>-Emissionen für den heutigen Zustand und das Jahr 2030 berechnet. Das Jahr 2045 liegt am Ende oder schon jenseits der technischen Nutzungsdauer der betrachteten Systeme und kann für eine Bewertung eines Systems, das im Zeitraum 2025 bis 2045 betrieben wird, nicht sinnvoll herangezogen werden.

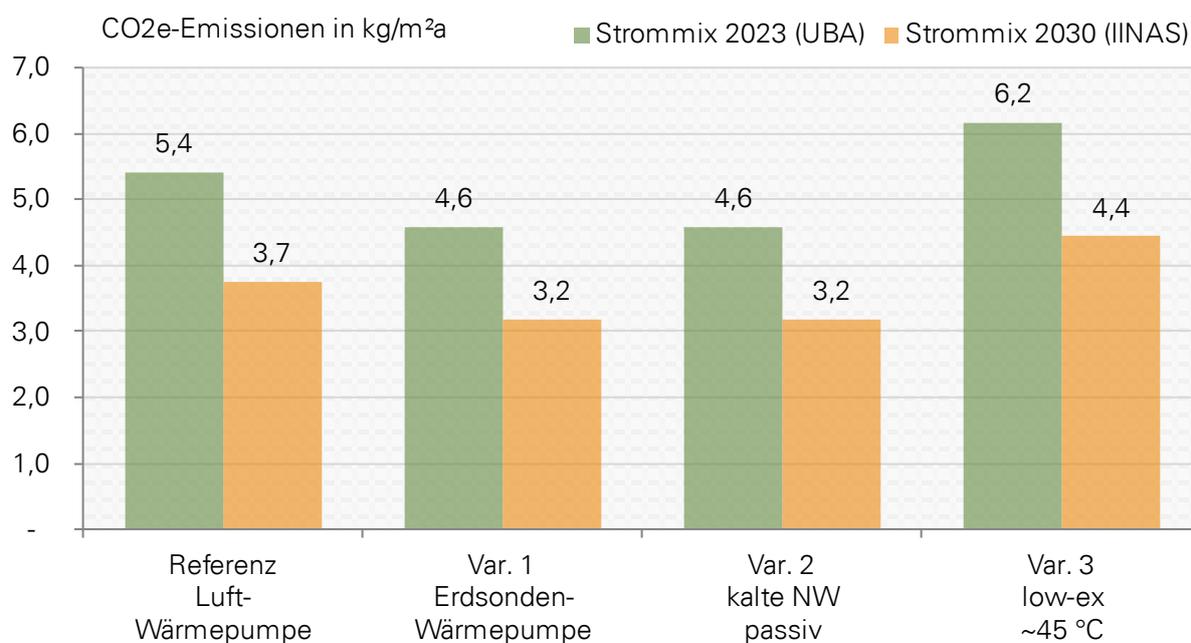


Abbildung 12 wohnflächen-spezifische Emissionen der Wärmeversorgung

Mit Blick auf die CO<sub>2e</sub>-Kennwerte gibt es zwischen den Varianten keine so großen Unterschiede, dass sich aus diesem Grund eine eindeutige Entscheidung für eine Vorzugsvariante ableiten ließe. Die Verwendung von Erdwärme als Wärmequelle in Var. 1 und 2 verbessert die Bilanz gegenüber der Referenzvariante mit Luft als Wärmequelle um 15%. In Variante 3 werden diese möglichen Vorteile durch die Nachteile des warmen Netzes und 5% Erdgaseinsatz in der Spitzenlast kompensiert – die low-ex-Variante bringt trotz Erdwärmenutzung keine Verbesserung gegenüber der Luft-Wärmepumpe.

<sup>9</sup> AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.: AGFW-Empfehlungen zur Erstellung eines Transformationsplanes nach BEW. Januar 2023.

## 5.2.2 CO<sub>2</sub>-Bilanz

Aufbauend auf der Endenergiebilanzierung in Abschnitt 5.1 wird die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wärmeversorgungsvarianten um CO<sub>2</sub>-Emissionen der übrigen Stromanwendungen und PV-Erzeugung ergänzt.

Die Differenzierung nach aktuellen und zukünftigen Emissionen entfällt hier, es wird mit den erwarteten Faktoren des Jahres 2030 gerechnet. Diese Faktoren bilden die mittleren Verhältnisse während der technischen Nutzungsdauer der Heizsysteme sowie die erst ab 2030 zu erwartende, weitestgehende Verbreitung von Elektrofahrzeugen besser ab.

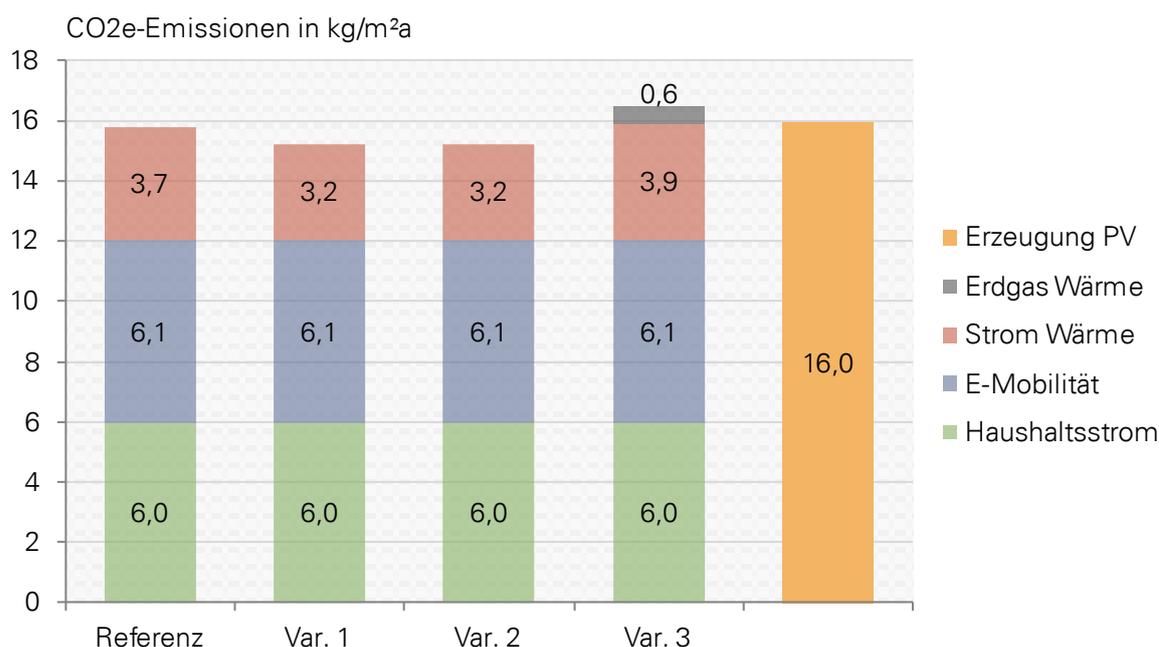


Abbildung 13 CO<sub>2</sub>-Bilanz für jährlichen Bedarf und Erzeugung

Das Baugebiet kann unter der Voraussetzung, dass die PV-Potenziale umgesetzt werden, als klimaneutrale Siedlung angesehen werden.

Dies gilt für schon den Fall, dass die E-Mobilität als zukünftiges wichtiges Verbrauchssegment in die Bilanzierung einbezogen wird. Wenn nur der stationäre gebäudegebundene Energiebedarf einbezogen wird, ist CO<sub>2</sub>-Bilanz des Baugebietes über die PV-Erzeugung eindeutig positiv – das Gebiets vermeidet mehr CO<sub>2</sub> als es über Haushaltsstromverbrauch und Wärmeverbrauch verursacht.

Die Wahl der Versorgungsvariante hat bei Einbeziehung der übrigen verursachten und durch PV vermiedenen Emissionen eine relativ geringe Bedeutung.

In der Bilanz nicht enthalten sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen der „grauen Energie“, die bei der Errichtung der Gebäude anfallen – indirekt über die Vorketten der verwendeten Baustoffe und auch den späteren Rückbau. Die Erweiterung der Betrachtung auf den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes findet sich in den Förderprogrammen zum klimafreundlichen Neubau, für Wohngebäude in KFWG und mit Nachhaltigkeitszertifikat in KFWG-Q.

## 6 Wirtschaftlichkeitsvergleich

### 6.1 Methodik

Im Wirtschaftlichkeitsvergleich werden folgende Bestandteile der Vollkosten unterschieden:

- Kapitalkosten: Kosten für die Anlagentechnik, Nahwärmenetz, Hausanschlüsse, Förderung etc.
- Betriebskosten: Kosten für Wartung, Instandhaltung und Bedienung.
- Verbrauchskosten<sup>10</sup>: Kosten des Endenergieverbrauchs.

Der Vergleich der Kosten erfolgt durch Berechnung der jährlichen Kosten für Verbrauch und Betrieb. Die Investitionen werden über Nutzungsdauer und Zins in Annuitäten umgerechnet (mittlere jährliche Kosten für Abnutzung/Abschreibung und Zinsen). Die Jahreskosten werden dann auf die in den Gebäuden verbrauchte Nutzenergie in €/MWh bezogen, um eine Vergleichbarkeit aller Varianten zu ermöglichen. Zusätzlich wird ein flächenbezogener Kennwert in €/m<sup>2</sup>Monat abgebildet.

Für den wirtschaftlichen Vergleich wurden die nachfolgenden Rahmenparameter verwendet. Alle Angaben sind netto.

Allgemeine wirtschaftliche Parameter:

- |                                                   |              |
|---------------------------------------------------|--------------|
| • Nutzungsdauer:                                  | lt. VDI 2067 |
| • Wartungs-, Instandhaltungs- und Betriebskosten: | lt. VDI 2067 |
| • Kalkulationszinssatz:                           | 2,00 %       |

Verbrauchskosten:

- |                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| • Strompreis:                  | 30,00 ct/kWh |
| • Strompreis Wärmepumpentarif: | 26,00 ct/kWh |

### 6.2 Investitionen

Die gesamten Investitionen in das Wärmeversorgungssystem, aufgliedert nach dezentralen gebäudebezogenen Anteilen, nach Netzinfrastruktur und nach zentralen Komponenten der Wärmeerzeugung inkl. Quellenerschließung sind im Folgenden dargestellt.

<sup>10</sup> Die VDI 2067 verwendet seit 2012 den Begriff der bedarfsgebundenen Kosten, der Begriff der Verbrauchskosten ist aber weiterhin noch stark verbreitet und in Verwendung.

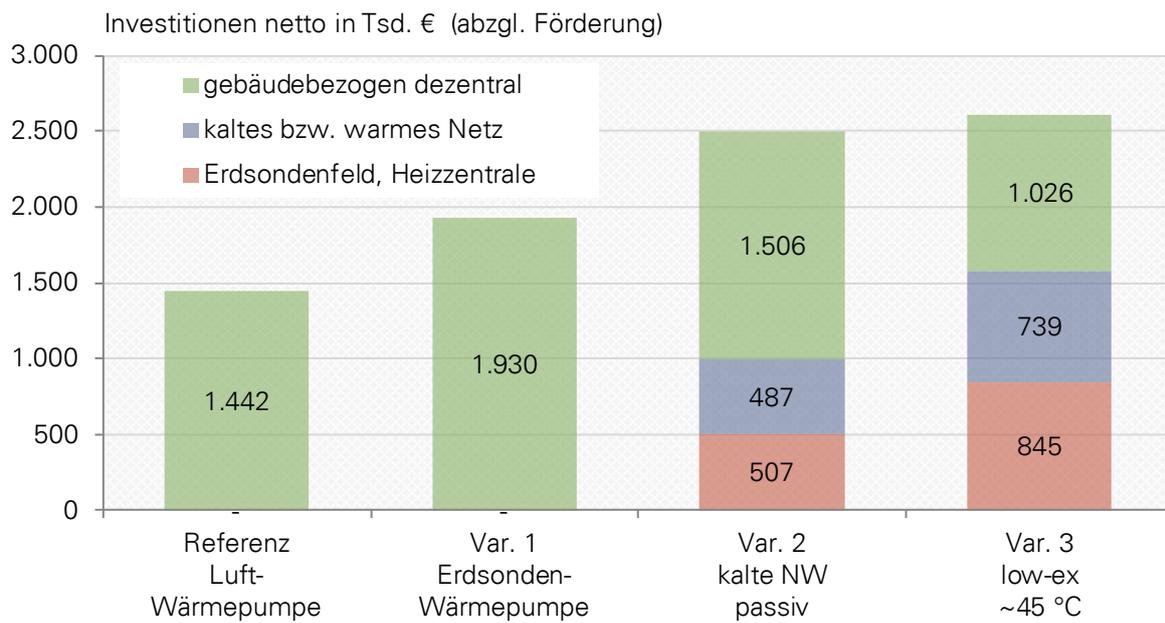


Abbildung 14 Investitionen

Die Höhe der Investitionen gibt eine erste Orientierung über Finanzbedarf und Risiko, ist aber kein ausreichend umfassendes Kriterium der Wirtschaftlichkeit. Die technische Nutzungsdauer der verschiedenen Komponenten wird hier nicht berücksichtigt, ebenso nicht die Betriebs- und Verbrauchskosten.

### 6.3 Vollkosten

Der Vollkostenvergleich weist keine sehr großen Unterschiede zwischen den Varianten aus. Die Bandbreite ist recht eng von 268 €/MWh für die Luft-Wärmepumpe bis 303 €/MWh für die low-ex-Nahwärme-Variante.

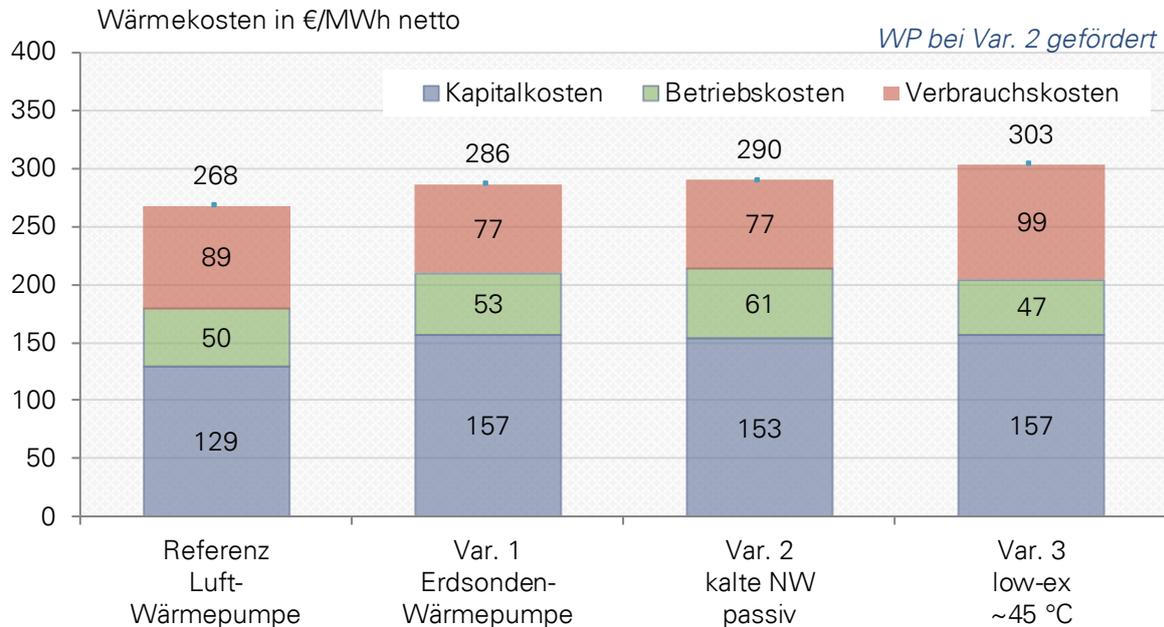


Abbildung 15 Wärmekosten nach Kostenkomponenten

Für die Var. 2 der kalten Nahwärme wurde angenommen, dass die dezentralen Wärmepumpen als Teil des Systems über die BEW mitgefördert werden. Falls dies aufgrund des gewählten Betreibermodells nicht möglich sein sollte, erhöhen sich die Wärmekosten um ca. 10% auf 318 €/MWh. Die Inanspruchnahme anderer Förderprogramme wie KFN innerhalb der BEG kann diese Mehrkosten teilweise kompensieren. Eine Integration der dezentralen Wärmepumpen in das gesamte nach BEW förderfähige System erscheint aber vorteilhafter.

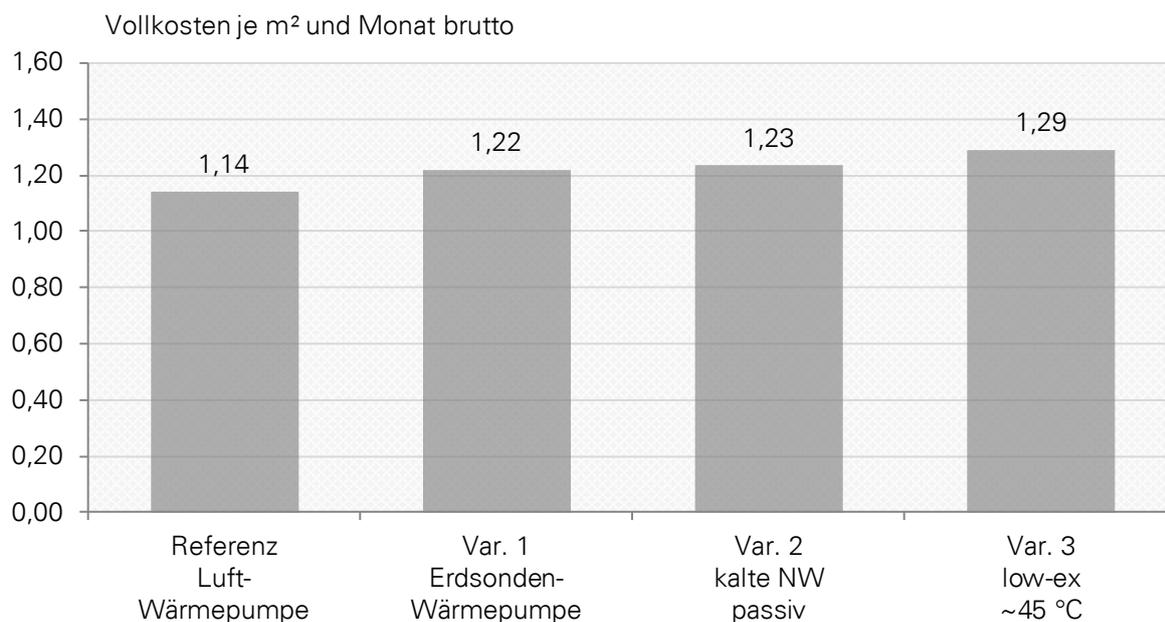


Abbildung 16 wohnflächenspezifische Wärmekosten

Die auf die Wohnfläche bezogenen spezifischen monatlichen Bruttokosten (Endkundensicht) liegen bei ca. 1,20 €/m<sup>2</sup> – im Vergleich zu üblichen Neubaumieten oder Finanzierungsbelastungen ein sehr geringer Betrag.

## 6.4 Gebäudekühlung

Die Varianten 1 und 2 bieten die Möglichkeit zur Kühlung der Gebäude. Die Sole aus eigener Bohrung oder aus dem kalten Netz hat ca. 10 °C und kann ohne nennenswerten Energieaufwand zur moderaten Temperierung der Gebäude im Sommer genutzt werden. Die Wärmepumpe ist zu diesem Zweck entsprechend in der hydraulischen Verschaltung mit Wärmetauscher und Regelung auszurüsten. Der Aufwand liegt bei ca. 2.000 – 3.000 €.

Die monetäre Bewertung der Vorteile und Kosten einer Gebäudekühlung kann nicht in den Wirtschaftlichkeitsvergleich integriert werden, da unklar ist, ob und in welchem Umfang ein Kühlbedarf vorliegt.

Zur Orientierung kann hilfsweise der Unterschied der Miete für klimatisierte und nicht klimatisierte Büroflächen herangezogen werden. Dieser liegt in Paderborn bei 1,00 – 2,00 €/m<sup>2</sup>Monat. Auch wenn nicht alle Gebäude die Kühloption nutzen werden, handelt es sich um eine relevante Größenordnung im Vergleich mit den Wärmekosten, die monatlich bei ca. 1,20 €/m<sup>2</sup> liegen.

Der Bedarf ist von der subjektiven Einschätzung der Nutzer abhängig, eine Wohngebäudekühlung ist in Deutschland noch kein verbreiteter Standard.

Ein zweiter Aspekt der Kühlung ist die Regeneration der Wärmequelle Erdreich. Die hier zugrunde liegenden Erdsondenabstände und die Aufteilung der Sondenfelder sollten sicherstellen, dass keine starke Auskühlung im Laufe der Betriebsjahre mit Absinken der Jahresarbeitszahlen eintreten wird. Ein verbleibendes Restrisiko kann durch Kühlung/Regeneration noch weiter gemindert werden.

## 7 Zusammenfassung und Empfehlung

Die Kommune hat über Festsetzungen in den Kaufverträgen, über eine Ortssatzung mit Anschluss- und Benutzungszwang oder den B-Plan Einfluss auf die Wahl des Wärmeversorgungssystems und die Errichtung von PV-Anlagen. Eine vergleichbar wirksame direkte Beeinflussung des Verbrauchs von Haushaltsstrom und der Anschaffung und Nutzung von E-Fahrzeugen gibt es nicht.

### 7.1 Wärmeversorgung

Bei der Entscheidung über das System der Wärmeversorgung ist im ersten Schritt zwischen den Aspekten der Wirtschaftlichkeit als Wärmekosten und des Klimaschutzes als CO<sub>2e</sub>-Emissionen abzuwägen.

Da alle Systeme Wärmepumpen mit dem Energieträger Strom einsetzen, sind die Abweichungen nicht so groß wie in Systemvergleichen mit unterschiedlichen Energieträgern (Gas, Holz, Strom) und Energiesystemen (Kessel, BHKW, Wärmepumpe).

Die Variante 3 bringt höhere Emissionen ohne Kostenvorteil mit sich und muss von daher nicht weiterverfolgt werden.

Die Varianten 1 und 2 liegen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen um 15% unter denen der Referenzvarianten, bei den Kosten liegen sie um 7% bis 8% höher. Diese beiden Varianten stellen sich etwas besser dar, die Unterschiede reichen für eine eindeutige Empfehlung aber nicht aus.

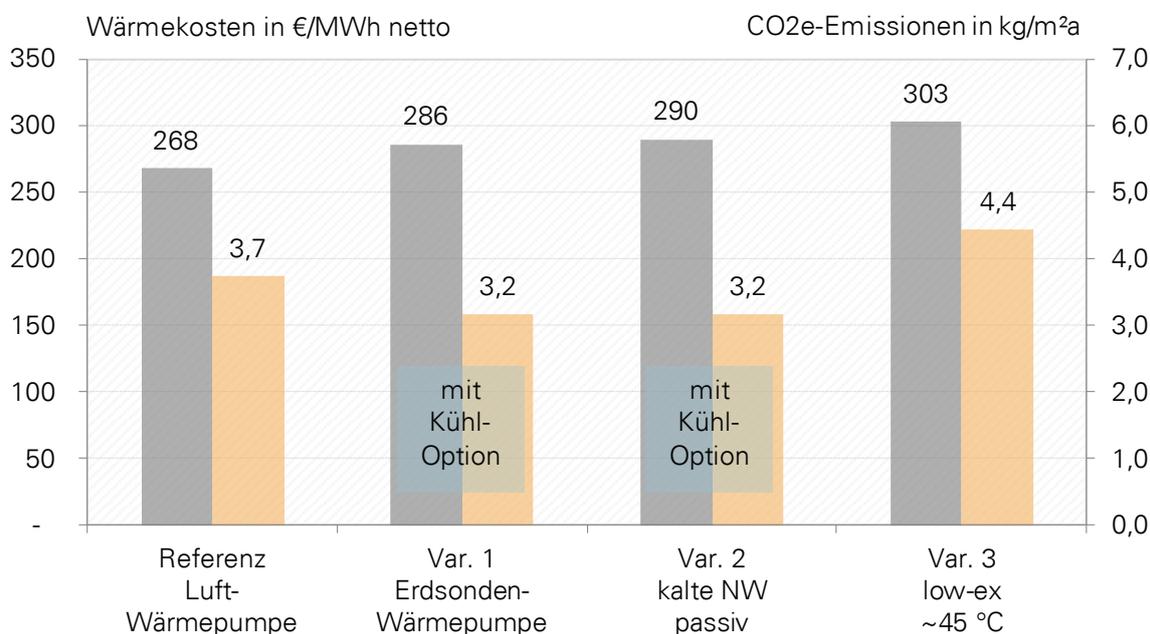


Abbildung 17 Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz

Vorteil von Var. 1 und 2 als qualitativer Aspekt ist die Möglichkeit der Kühlung (ohne relevanten Energieverbrauch – nur Hilfsenergie), die für das Gebäude eine gewisse Erhöhung des Komfortstandards mit sich bringt und zusätzlich eine Regeneration der Wärmequelle Erdreich über Wärmezufuhr im Sommer.

Bei langjähriger Nutzung von Erdsonden und insbesondere Erdsondenfeldern besteht das Risiko der allmählichen Auskühlung und des Absinkens der Jahresarbeitszahl.

Die Kühloption mit Quellenregeneration spricht somit für die Varianten 1 und 2.

Variante 1 mit dezentralen Erdsonden ohne Netz benötigt keinen Netzbetreiber – die Umsetzung kann ohne aufwändige Organisation der Betreiberschaft erfolgen. Falls keine Festlegungen im Kaufvertrag erfolgen, wird das Baugebiet über eine Mischung von Luft-Wärmepumpen und Erdsonden-Wärmepumpe versorgt werden. Erfahrungsgemäß werden dabei überwiegend Luft-Wärmepumpe zum Einsatz kommen. Die Verpflichtung zur Erdsondenbohrung über den Kaufvertrag wäre denkbar, könnte aufgrund des geringen Unterschiedes zwischen Luft- und Sole-WP als unverhältnismäßig angesehen werden.

Variante 2 mit kaltem Nahwärmenetz braucht einen Netzbetreiber. Dabei ist der Leistungsumfang zu klären, d.h. soll er nur die Bohrungen und das kalte Netz betreiben und die Quelle frei Haus zur Verfügung stellen, oder soll er auch die Wärmepumpen in den Gebäuden betreiben und als Wärmelieferant im Gebiet auftreten.

Der Fall der umfassenden Wärmelieferung ist in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugrunde gelegt, da dies eine höhere Förderung nach BEW ermöglicht. Die Reduzierung des Leistungsumfangs auf den reinen Netzbetrieb ohne Einbeziehung der Wärmepumpen erhöht die Kosten um ca. 10%.

Der organisatorische Aufwand der Betreiberfindung ist erheblich. Wenn nicht ein lokales Unternehmen diese Aufgabe übernimmt und angemessene Anschluss- oder Wärmepreise über kommunalen Einfluss gesichert werden, muss eine Ausschreibung der Leistungen erfolgen. Es ist nicht sicher, dass diese Ausschreibungen mit Erfolg und akzeptablen Preisen abgeschlossen werden können. Kostensteigerungen bei Bau und Anlagentechnik sowie sich häufig und schnell ändernde Rahmenbedingungen erschweren eine solide Angebotskalkulation ohne Sicherheitsaufschläge bei den Preisen. Für geothermische Anlagen besteht eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich der energetischen Ergiebigkeit. Aus Sicht der potenziellen Contractoren wäre eine Probebohrung als kommunale Vorleistung wünschenswert, um dieses Risiko einzugrenzen.

## 7.2 PV

Die weitgehende Ausnutzung der Dachflächen für PV-Anlagen ist ein wichtiger Beitrag zur Herstellung der Klimaneutralität, zumindest bei einer Bilanzierung der jährlichen Energiemengen ohne Berücksichtigung der Lastprofile von Verbrauch und Erzeugung.

Die Stadt Salzkotten hat bisher schon in B-Plänen eine PV-Pflicht festgesetzt. Dies sollte auch für das Wohngebiet SH 6 „Am Knükel“ übernommen werden. Das Land NRW hat seitdem die Landesbauordnung mit gleicher Zielrichtung angepasst, bisher ohne Festlegung auf einen Mindestflächenanteil, sondern nur als „technisch-wirtschaftliches Optimum“.

Die örtlichen Regelungen im B-Plan haben Vorrang vor den Pflichten nach § 42a Landesbauordnung. Die Festsetzung aus SK 46 „Osterfeld“ mit „mindestens 50%“ der nutzbaren Dachfläche erscheint ausreichend, um in der praktischen Umsetzung das ermittelte Potenzial zu erreichen.



## 8 Anhang

### Berechnungen des Variantenvergleichs, Teil 1

|                                             |        | Referenz   | Var. 1     | Var. 2   | Var. 3 |
|---------------------------------------------|--------|------------|------------|----------|--------|
| Salzkotten                                  |        | Luft-      | Erdsonden- | kalte NW | low-ex |
| Scharmede                                   |        | Wärmepumpe | Wärmepumpe | passiv   | ~45 °C |
| alle Kosten netto                           |        |            |            |          |        |
| <b>Grunddaten</b>                           |        |            |            |          |        |
| Anzahl Gebäude                              | Geb    | 82         | 82         | 82       | 82     |
| Wohnfläche je Gebäude Ø                     | m²/Geb | 194        | 194        | 194      | 194    |
| beheizte Wohnfläche                         | m²     | 15.895     | 15.895     | 15.895   | 15.895 |
| Anzahl Wohnungen                            | WE     | 121        | 121        | 121      | 121    |
| <b>Energiebedarf Heizung und Warmwasser</b> |        |            |            |          |        |
| EFH                                         | kW     | 403        | 403        | 403      | 403    |
| DH                                          | kW     | 112        | 112        | 112      | 112    |
| MFH                                         | kW     | 106        | 106        | 106      | 106    |
| Summe Anschlussleistungen                   | kW     | 621        | 621        | 621      | 621    |
| Gleichzeitigkeitsfaktor                     | -      | 1,00       | 1,00       | 0,89     | 0,89   |
| notwendige Wärmeleistung                    | kW     | 621        | 621        | 552      | 552    |
| Energiebedarf Heizung                       | MWh/a  | 432        | 432        | 432      | 432    |
| Energiebedarf Warmwasser                    | MWh/a  | 249        | 249        | 249      | 249    |
| Energiebedarf gesamt                        | MWh/a  | 682        | 682        | 682      | 682    |
| Netzverluste                                | MWh/a  |            |            | -        | 93     |
| prozentuale Netzverluste                    | -      |            |            | 0%       | 12%    |
| notwendige Wärmeerzeugung                   | MWh/a  | 682        | 682        | 682      | 774    |
| <b>Wärmeerzeugungsstruktur</b>              |        |            |            |          |        |
| Erdgas-Kessel (Spitzenlast)                 | MWh/a  | -          | -          | -        | 39     |
| Strom direkt Heizstab (Spitzenlast)         | MWh/a  | 27         | 14         | 14       | -      |
| Strom direkt TWW (Nachheizung)              | MWh/a  | -          | -          | -        | 12     |
| Wärme aus Wärmepumpe                        | MWh/a  | 654        | 668        | 668      | 723    |
| gesamt                                      | MWh/a  | 682        | 682        | 682      | 774    |
| <b>thermische Nutzungsgrade</b>             |        |            |            |          |        |
| Erdgas-Kessel (Spitzenlast)                 | -      | 0,96       | 0,96       | 0,96     | 0,96   |
| Strom direkt Heizstab (Spitzenlast)         | -      | 1,00       | 1,00       | 1,00     | 1,00   |
| Strom direkt TWW (Nachheizung)              | -      | 1,00       | 1,00       | 1,00     | 1,00   |
| Jahresarbeitszahl Wärmepumpe                | -      | 3,24       | 4,35       | 4,35     | 3,60   |
| Mischwert Strom (WP und direkt)             | -      | 3,15       | 4,28       | 4,28     | 3,56   |
| <b>Endenergieverbrauch</b>                  |        |            |            |          |        |
| Erdgas für Kessel (Spitzenlast)             | MWh/a  | -          | -          | -        | 40     |
| Strom direkt Heizstab (Spitzenlast)         | MWh/a  | 27         | 14         | 14       | -      |
| Strom direkt TWW (Nachheizung)              | MWh/a  | -          | -          | -        | 12     |
| Stromverbrauch Wärmepumpe                   | MWh/a  | 202        | 154        | 154      | 201    |
| Hilfsstrom Wärmenetze+Solekreislauf         | MWh/a  | -          | 27         | 27       | 23     |

## Berechnungen des Variantenvergleichs, Teil 2

|                                                                |                     | Referenz   | Var. 1     | Var. 2   | Var. 3 |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|------------|------------|----------|--------|
| Salzkotten                                                     |                     | Luft-      | Erdsonden- | kalte NW | low-ex |
| Scharmede                                                      |                     | Wärmepumpe | Wärmepumpe | passiv   | ~45 °C |
| alle Kosten netto                                              |                     |            |            |          |        |
| <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Faktoren AGFW-Leitfaden heute</b> |                     |            |            |          |        |
| Faktor Erdgas                                                  | g/kWh               | 227        | 227        | 227      | 227    |
| Faktor Strombezugsmix                                          | g/kWh               | 375        | 375        | 375      | 375    |
| gesamt                                                         | t/a                 | 86         | 73         | 73       | 98     |
| bezogen auf beheizte Fläche                                    | kg/m <sup>2</sup> a | 5,4        | 4,6        | 4,6      | 6,2    |
| <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Faktoren AGFW-Leitfaden 2030</b>  |                     |            |            |          |        |
| Faktor Erdgas                                                  | g/kWh               | 227        | 227        | 227      | 227    |
| Faktor Strombezugsmix                                          | g/kWh               | 260        | 260        | 260      | 260    |
| gesamt                                                         | t/a                 | 60         | 51         | 51       | 71     |
| bezogen auf beheizte Fläche                                    | kg/m <sup>2</sup> a | 3,7        | 3,2        | 3,2      | 4,4    |
| <b>Endenergiepreise</b>                                        |                     |            |            |          |        |
| Erdgas für Kessel (Spitzenlast)                                | €/MWh               | -          | -          | -        | 120    |
| Strom direkt Heizstab (Spitzenlast)                            | €/MWh               | 300        | 300        | 300      | -      |
| Strom direkt TWW (Nachheizung)                                 | €/MWh               | -          | -          | -        | 300    |
| Wärme für Wärmepumpe                                           | €/MWh               | 260        | 260        | 260      | 260    |
| Hilfsstrom Wärmenetze+Solekreislauf                            | €/MWh               | -          | 300        | 300      | 300    |
| <b>Investitionen</b>                                           |                     |            |            |          |        |
| <b>dezentrale Anlagen je Gebäude</b>                           |                     |            |            |          |        |
| Wärmepumpe                                                     | €/Geb               | 14.916     | 12.707     | 12.707   | -      |
| Übergabestation                                                | €/Geb               | -          | -          | -        | 5.000  |
| Speicher WW, Frischwasserstation                               | €/Geb               | 2.674      | 2.674      | 2.674    | 3.743  |
| Erdsondenbohrung mit Anbindung                                 | €/Geb               | -          | 8.157      | -        | -      |
| Hausanschluss                                                  | €/Geb               | -          | -          | 2.983    | 3.770  |
| Summe                                                          | €/Geb               | 17.589     | 23.537     | 18.364   | 12.513 |
| Förderung HA+HAST BEW 40%                                      | €/Geb               | -          | -          | 6.276    | 3.508  |
| Förderung WP BEG-WG                                            | €/Geb               | -          | -          | -        | -      |
| Summe ./ Förderung                                             | €/Geb               | 17.589     | 23.537     | 12.088   | 9.005  |
| <b>dezentrale Anlagen gesamt im Plangebiet</b>                 |                     |            |            |          |        |
| Wärmepumpe                                                     | T€                  | 1.223      | 1.042      | 1.042    | -      |
| Übergabestation                                                | T€                  | -          | -          | -        | 410    |
| Speicher WW, Frischwasserstation                               | T€                  | 219        | 219        | 219      | 307    |
| Erdsondenbohrung mit Anbindung                                 | T€                  | -          | 669        | -        | -      |
| Hausanschluss                                                  | T€                  | -          | -          | 245      | 309    |
| Summe                                                          | T€                  | 1.442      | 1.930      | 1.506    | 1.026  |
| Förderung HA+HAST BEW 40%                                      | T€                  | -          | -          | 515      | 288    |
| Förderung WP BEG-WG                                            | T€                  | -          | -          | -        | -      |
| Summe ./ Förderung                                             | T€                  | 1.442      | 1.930      | 991      | 738    |

## Berechnungen des Variantenvergleichs, Teil 3

|                                                 |            | Referenz   | Var. 1     | Var. 2        | Var. 3        |
|-------------------------------------------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|
| Salzkotten                                      |            | Luft-      | Erdsonden- | kalte NW      | low-ex        |
| Scharmede                                       |            | Wärmepumpe | Wärmepumpe | passiv        | ~45 °C        |
| alle Kosten netto                               |            |            |            |               |               |
| <b>Netze</b>                                    |            |            |            |               |               |
| Netzlänge                                       | m          |            |            | 1.286         | 1.156         |
| spezifische Kosten Ø                            | €/m        |            |            | 292           | 492           |
| Nahwärmenetz                                    | T€         |            |            | 375           | 568           |
| Planung 20%                                     | T€         |            |            | 75            | 114           |
| Unvorhergesehenes 10%                           | T€         |            |            | 37            | 57            |
| Summe                                           | T€         |            |            | 487           | 739           |
| <b>Förderung BEW 40%</b>                        | <b>T€</b>  |            |            | <b>195</b>    | <b>296</b>    |
| Summe ./. Förderung                             | T€         |            |            | 292           | 443           |
| <b>zentrale Anlagen und Quellenerschließung</b> |            |            |            |               |               |
| Gaskessel (200-300 kW)                          | T€         |            |            |               | 30            |
| Holzpellet-Kessel                               | T€         |            |            |               |               |
| Wärmepumpe zentral                              | T€         |            |            |               | 159           |
| hydraulische/elektrische Einbindung             | T€         |            |            |               | 101           |
| Sondenfeld                                      | T€         |            |            | 535           | 535           |
| Anbindung bis Verteiler                         | T€         |            |            | 75            | 137           |
| Verteilerbauwerke                               | T€         |            |            | 40            | 40            |
| Netzpumpen, Druckhaltung                        | T€         |            |            |               | 30            |
| Gebäude Heizzentrale (350 - 500 €/m³)           | T€         |            |            |               | 50            |
| Planung 20%                                     | T€         |            |            | 130           | 217           |
| Unvorhergesehenes 10%                           | T€         |            |            | 65            | 108           |
| Summe Wärmeerzeugung zentral                    | T€         | -          | -          | 845           | 1.408         |
| <b>Förderung BEW 40%</b>                        | <b>T€</b>  |            |            | <b>338</b>    | <b>563</b>    |
| Summe Wärmeerzeugung zentral                    | T€         | -          | -          | 507           | 845           |
| Summe Wärmenetze                                | T€         | -          | -          | 292           | 443           |
| Summe Gebäudetechnik dezentral                  | T€         | 1.442      | 1.930      | 991           | 738           |
| gesamt                                          | T€         | 1.442      | 1.930      | 1.791         | 2.026         |
| <b>kapitalgebundene Kosten</b>                  |            |            |            |               |               |
| Kapitaldienst ohne Förderung                    | €/a        | 88.207     | 106.995    | 146.808       | 151.235       |
| Kapitaldienstfaktor Ø                           | %          | 6,1%       | 5,5%       | 5,2%          | 4,8%          |
| <b>Absenkung durch Fördermittel</b>             | <b>€/a</b> | <b>-</b>   | <b>-</b>   | <b>42.458</b> | <b>44.227</b> |
| Kapitaldienst ./. Fördermittel                  | €/a        | 88.207     | 106.995    | 104.350       | 107.008       |
| bezogen auf Wärmeabnahme                        | €/MWh      | 129        | 157        | 153           | 157           |
| <b>Betriebskosten</b>                           |            |            |            |               |               |
| Wartung und Instandhaltung                      | €/a        | 33.866     | 36.026     | 41.260        | 31.947        |
| bezogen auf Wärmeabnahme                        | €/MWh      | 50         | 53         | 61            | 47            |
| <b>Verbrauchskosten</b>                         |            |            |            |               |               |
| gesamt                                          | €/a        | 60.681     | 52.187     | 52.187        | 67.788        |
| bezogen auf Wärmeabnahme                        | €/MWh      | 89         | 77         | 77            | 99            |
| <b>Kostenübersicht</b>                          |            |            |            |               |               |
| Kapitalkosten                                   | €/MWh      | 129        | 157        | 153           | 157           |
| Betriebskosten                                  | €/MWh      | 50         | 53         | 61            | 47            |
| Verbrauchskosten                                | €/MWh      | 89         | 77         | 77            | 99            |
| gesamte Wärmeerzeugung/-Bezug                   | €/MWh      | 268        | 286        | 290           | 303           |
| Vollkosten je m² und Monat brutto               | €/m²Monat  | 1,14       | 1,22       | 1,23          | 1,29          |