

# Energiekonzept

## Wachstuchfabrik Borsdorf

Endfassung

---



SRM Holding GmbH



## Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Konzept verfügt der Projektentwickler über ein Instrumentarium an Möglichkeiten zur nachhaltigen Entwicklung des Plangebietes „Wachstumfabrik Borsdorf“. Es werden bauliche und energetische Aspekte der Baulandentwicklung beleuchtet sowie weiterführende Empfehlungen zu den Energiesystemlösungen gegeben.

Ausgehend von der geplanten Ertüchtigung der Bestandsgebäude auf einen KfW-Effizienzhausstandard 85 sowie eines KfW55 für die Neubauten über die im städtebaulichen Entwurf vorgesehenen überbaubaren Flächen und Geschossigkeiten kann für die Versorgung des Plangebietes ein **Endenergiebedarf über Strom und Wärme von 3,5 GWh/a** ermittelt werden. Damit liegt der Energiebedarf im Bestandsgebiet (Teilgebiet 3) höher als in Teilgebiet 2 (Neubebauung im Nordwesten) und Teilgebiet 1 (reine Einfamilienhaussiedlung im Süden des Plangebietes).

Im **Wärmesektor** kann die Versorgung der Gebäude durch eine zentrale Versorgung über ein Wärmenetz oder durch dezentrale Einzelversorgungsanlagen erfolgen. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich jedoch bei einer zentralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz. Zudem ergeben sich geringere durchschnittliche Wärmegestehungskosten bei einer gemeinsamen Wärmenetzversorgung über die Teilgebiete 2&3 anstelle von zwei getrennten Einzelnetzen. Die Heizzentrale für das Teilgebiet 3 wird im geplanten Parkdeck untergebracht. Im Baufeld 2 ist eine Freifläche im Westen für eine zentrale Einheit vorgesehen.

Das **Potenzial** für solarthermische Anlagen liegt vor allem im Parkhausbereich. Aufgrund der Volatilität kann in Kombination mit Wärmespeichern ein Deckungsgrad von bis zu 47 % erreicht werden. Bei einer zentralen Wärmeversorgung über eine Heizzentrale könnte durch die Nutzung von ca. einem Drittel der Dachflächen ein Solaranteil von 15-20 % erreicht werden. Eine weitere zentrale erneuerbare Energiequelle ist die Geothermie. Trotz des gespannten Grundwassers gibt es nach Rücksprache mit der Unteren Wasserschutzbehörde kein offensichtliches Ausschlusskriterium im Plangebiet. Die Potenzialflächen unter dem Parkdeck, entlang der Verkehrswege sowie auf ausgewählten Grünflächen lassen grundsätzlich eine 100%ige Wärmebereitstellung über Erdwärmesonden und nachgeschaltete Wärmepumpen zu. Weitere regionale Potenziale konnten nicht identifiziert werden. Zur Abdeckung der Spitzenlast stellt jedoch überregionale feste Biomasse eine weitere Option dar.

Im **Strombereich** kann durch die Nutzung von Dachflächen auf (Wohn-)Gebäuden von Unternehmen in Kombination mit einem Batteriespeicher ein potenzieller Deckungsgrad von bis zu 90 % erreicht werden. Ohne Batteriespeicher werden bis zu 50 % erreicht. Zusätzliche Fassadenmodule auf der Südseite der Gebäude werden daher nicht empfohlen. Der Strombedarf für die Wärmebereitstellung über Wärmepumpen bei zentraler Versorgung kann wiederum durch die PV-Anlage auf dem Parkdeck (ein Drittel Flächennutzung) zu 19 % inklusive

Batteriespeicher gedeckt werden. Der Nutzungsgrad erreicht bei der untersuchten PV-Anlage mit einer Leistung von 100 kWp ca. 38 %.

Die **zentrale Wärmeversorgung** kann entlang der untersuchten Teilgebiete (Teilgebiet 2 und Teilgebiet 3) in verschiedenen Szenarien als zwei Teilnetze oder als ein gemeinsames Wärmenetz realisiert werden. Mit zunehmendem Ausbau des Wärmenetzes sinken die Wärmegegestehungskosten von anfänglich 350 €/MWh auf bis zu 220 €/MWh. Eine abschließende Erweiterung auf das Teilgebiet 1 führt wiederum zu einem weiteren Anstieg der Wärmegegestehungskosten auf 270 €/MWh. Eine abschließende Empfehlung der Wärmenetzszenerarien kann im Rahmen dieses Konzeptes jedoch nicht getroffen werden. Die technische und wirtschaftliche Machbarkeit einer Gesamtlösung wäre zwar gegeben, jedoch ist die zeitliche Abfolge der Fertigstellung der Bestandsgebäude sowie der Neubauten für eine gemeinsame zentrale Lösung noch zu klären.

Die daraus abgeleiteten **Versorgungsvarianten** werden hinsichtlich der verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen, der Wirtschaftlichkeit und Genehmigungsfähigkeit, der regionalen Wertschöpfung sowie der Versorgungssicherheit untersucht. Als **Vorzugsvariante** kristallisiert sich eine Versorgung mittels Sole/Wasser-Wärmepumpe unter Nutzung der Geothermie sowie Solarthermie und Photovoltaik auf dem Dach des Parkdecks in Kombination mit einem Biomasse- oder Erdgas-Spitzenlastkessel heraus. Eine weitere Option ist die zusätzliche Einbindung einer Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Im Vergleich empfiehlt sich für eine **Einzelversorgung** die Wärmebereitstellung über eine L/W- oder S/W-Wärmepumpe mit PV-Anlage und der Option einer zusätzlichen solarthermischen Anlage. Eine Alternative ist die Versorgung mittels Luft/Wasser-Wärmepumpe, Heizstab und PV-Anlage oder auch eine Kombination aus beiden Systemen. Die Wärmegegestehungskosten betragen im günstigsten Fall für ein Einfamilienhaus ca. 470 €/MWh, für ein Mehrfamilienhaus ca. 380 €/MWh und für die KiTa 315 €/MWh.

Die Entscheidung für eine zentrale oder dezentrale Versorgung hängt letztlich von verschiedenen Faktoren ab, die im Konzept benannt werden. Für die **Umsetzung** einer zentralen Wärmeversorgung zu wirtschaftlich attraktiven Preisen ist die Inanspruchnahme der Wärmenetzförderung nach BEW und die damit verbundene Durchführung der Machbarkeitsstudie sowie der Planung zu nennen. Die Inbetriebnahme könnte bei rechtzeitiger Beantragung der Fördermittel bis Anfang 2025 im Rahmen des Förderprogramms erreicht werden. Ohne Förderung würden sich die Wärmegegestehungskosten um ca. 15 % erhöhen.

# Impressum

Herausgeber:

SRM Holding GmbH

Herr Stefan Martin

Wittenberger Str. 15 A

04129 Leipzig

Redaktion, Satz und Gestaltung:

Seecon Ingenieure GmbH,

Spinnereistraße 7, Halle 14

04179 Leipzig

Stand bzw. Redaktionsschluss:

19.06.2023

Bildnachweis Titelseite:

© seecon, Digitales Quartiersmodell

Anmerkung:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die Verwendung gendergerechter Sprache verzichtet. Alle geschlechtsspezifischen Bezeichnungen, die in generisch männlicher oder weiblicher Form benutzt wurden, gelten für alle sozialen Geschlechter gleichermaßen ohne jegliche Wertung oder Diskriminierungsabsicht.

## Abkürzungen und Einheiten

a	Jahr
äq	Äquivalent
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauGB	Baugesetzbuch
BEG	Bundesförderung effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsche Industrienorm
EG	Erdgeschoss
EFH	Einfamilienhaus
EH	Effizienzhaus
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GRZ	Grundflächenzahl
ha	Hektar
KfW	Kreditanstalt für Wirtschaftsförderung
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt-Peak
l	Liter
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
mm	Millimeter
NGF	Nettogeschossfläche
OG	Obergeschoss
PV	Photovoltaik
t	Tonne
TG	Teilgebiet
TRT	Thermal Response Test
W	Watt
WP	Wärmepumpe
WW	Warmwasser

## Vorwort

Zur Neige gehende konventionelle Energiequellen (Kohle, Öl, Gas, Uran), risikoreiche Energieerzeugung (Atomkraftwerke), Abhängigkeit von Energieimporten, Versorgungsengpässe und der Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>) bei der Energieerzeugung sind die Hauptmotive für die deutsche Energiewende. Sie steht somit als Vision für eine sichere, zukunftsfähige und saubere Energieversorgung.

Untrennbar verbunden mit diesem Anspruch sind die übergeordneten Themen des Klima- und Umweltschutzes. Beide Themen sind seit etlichen Jahren zentraler Bestandteil vieler Debatten und in den Medien omnipräsent vertreten. Dabei wird deutlich, dass die gesteckten Ziele ebenso ambitioniert wie notwendig sind. Folglich gestalten sich die Herausforderungen an Politik und Gesellschaft, die eine nachhaltige Entwicklung Deutschlands mit sich bringt, als vielseitig und komplex. Daraus abgeleitet ergeben sich zahlreichen Unterthemen und Wirkbeziehungen, die für den Einzelnen kaum zu fassen sind und dennoch alle betreffen (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1 Elemente von Klimaschutzstrategie und Energiewende

Im Zusammenhang mit dem energetischen Gesamtkonzept sind die drei wesentlichen Punkte **Einsparung** von Energie, die **effiziente Nutzung** dieser und ihre möglichst große Bereitstellung über **erneuerbare Energieträger** zu nennen. Sie bilden die Schwerpunkte der nachfolgenden Untersuchungen und Lösungsansätze.

Mit der Ausschreibung zur Erstellung dieses Konzeptes wird deutlich, dass sich die SRM Holding GmbH dieser anspruchsvollen Aufgabe stellt und sich aktiv mit einer effektiven Energie- und Klimaschutzpolitik auseinandersetzt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>IMPRESSUM .....</b>	<b>3</b>
<b>ABKÜRZUNGEN UND EINHEITEN.....</b>	<b>4</b>
<b>VORWORT .....</b>	<b>5</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>6</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>8</b>
1.1 Kontext und Zielsetzung .....	8
1.2 Vorgehen bei der Konzeptbearbeitung.....	8
1.3 Vorbetrachtungen: Klimafreundliche Energieversorgung .....	9
1.3.1 Stromversorgung .....	11
1.3.2 Wärmeversorgung .....	13
<b>2 STANDORTANALYSE .....</b>	<b>14</b>
2.1 Allgemeine Stadt- und Quartiersanalyse .....	14
2.2 Bebauungsplangebiet .....	14
2.3 Städtebaulicher Entwurf.....	15
<b>3 ENERGIEBEDARFSERMITTLUNG .....</b>	<b>18</b>
<b>4 POTENZIALANALYSE.....</b>	<b>20</b>
4.1 Strom aus solarer Energie .....	21
4.1.1 PV-Anlagen auf Gebäuden.....	21
4.1.2 PV-Anlagen auf Freiflächen .....	25
4.2 Wärme aus solarer Energie .....	25
4.3 Erdwärme .....	25

4.4	Feste Biomasse .....	30
4.5	Fernwärme .....	32
4.6	Bewertung der Potenziale .....	32
<b>5</b>	<b>VERSORGUNGSVARIANTEN .....</b>	<b>33</b>
5.1	Wärmeversorgung .....	33
5.1.1	Energiebilanz .....	38
5.1.2	CO2-Bilanz .....	40
5.1.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	42
5.2	Stromversorgung .....	51
5.2.1	PV-Dachanlagen auf Parkdeck .....	51
5.2.2	PV-Dachanlagen auf Wohnblöcken (Mieterstrom) .....	51
<b>6</b>	<b>ZIELVARIANTE UND EMPFEHLUNG.....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>UMSETZUNG .....</b>	<b>57</b>
7.1	Anwendbare Förderprogramme .....	57
7.2	Festsetzungen im Bebauungsplan .....	60
7.3	Ablaufplan Nahwärmelösung .....	61
	<b>QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>65</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>68</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>70</b>
	<b>ANLAGEN .....</b>	<b>71</b>
	Parameterliste .....	71
	Mindestanforderungen BEW – Fördermodul I .....	73
	Mindestanforderungen BEW – Fördermodul II .....	73
	Planungsschema oberflächennahe Geothermie .....	75



# 1 Einleitung

## 1.1 Kontext und Zielsetzung

Die SRM Holding GmbH plant auf dem Gelände der ehemaligen „Zweenfurther Kunstleder und Wachstumsfabrik Alexander Schumann“ (nachfolgend Wachstumsfabrik genannt) innerhalb der Gemeinde Borsdorf im Landkreis Leipzig eine Umgestaltung des Areals zur Wohnsiedlung, um dem Bedarf an Wohnraum im Gemeindegebiet gerecht zu werden. Das hier vorgestellte Energiekonzept dient der frühzeitigen Prüfung unterschiedlicher Energieversorgungsvarianten des Plangebietes, um zukünftigen Klima- und Nachhaltigkeitszielen gerecht zu werden.

Als übergeordneten Rahmen hat sich die gesamte Bundesrepublik zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu werden und ihren Energiebedarf ausschließlich aus erneuerbaren Energien zu decken. Eine klimaschonende städtebauliche Entwicklung – die u.a. durch Energieeffizienz, geringen Flächenverbrauch und nachhaltige Mobilität gekennzeichnet ist – stellt einen wesentlichen Bestandteil der Energiewende dar und trägt zur Erreichung der Klimaschutzziele bei.

Gemäß dieser Klimaschutzziele möchte sich die SRM Holding GmbH für eine klimaschonende städtebauliche Entwicklung einsetzen. So beabsichtigt sie ein energetisches Gesamtkonzept gemäß Bebauungsplan zu entwickeln.

Mit Hilfe des Energiekonzeptes zielt die SRM Holding GmbH darauf ab, das Potenzial für die jeweiligen erneuerbaren Energien in dem Gebiet, die Methoden zur Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Energie sowie einen sinnvollen Autarkiegrad – unter Berücksichtigung der Umweltaspekte – zu erheben und künftig zu erschließen. Dabei werden ebenfalls die Verbesserung der Lebensqualität und des Stadtbildes angestrebt sowie die Schaffung von Voraussetzungen für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Plangebiet.

## 1.2 Vorgehen bei der Konzeptbearbeitung

Unter der Maßgabe des Klimaschutzes berücksichtigt das Konzept alle notwendigen Aspekte von der ersten Idee bis zur Ertüchtigung von Bestandsgebieten sowie Realisierung von Neubau-Mischgebieten (Wohnen und Gewerbe) und betrachtet dabei sowohl die energetischen Auswirkungen verschiedener Effizienzhaus-Standards als auch eine möglichst klimaschonende Energieversorgung im Gebiet.

## Erster Teil

Im ersten Teil des Konzepts werden das Plangebiet und der städtebauliche Entwurf als Grundlage aller folgenden Analysen betrachtet: In den Vorbetrachtungen werden Anregungen zur klimafreundlichen Energieversorgung, zur Errichtung möglicher Baukonstruktionen für ein klimaschonendes Neubau- und Entwicklungsgebiet gegeben.

## Zweiter Teil

Als Hauptteil des Energiekonzepts wird der zukünftige Energiebedarf gemäß städtebaulichem Entwurf und Bebauungsplan abgeschätzt und die Potenziale zur regionalen und lokalen Versorgung mit erneuerbaren Energien bestimmt. Darauf aufbauend werden verschiedene Versorgungsvarianten hinsichtlich technischer Machbarkeit, CO<sub>2</sub>-Emissionen und wirtschaftlicher Gesichtspunkte untersucht.

## Dritter Teil

Abschließend umreißt ein Umsetzungskonzept mögliche Förderprogramme, weiterführende Festsetzungen im Bebauungsplan sowie einen Zeitplan für die weitere Umsetzung insb. der empfohlenen zentralen Versorgung über ein Wärmenetz zur Verstetigung des Projektes.

# 1.3 Vorbetrachtungen: Klimafreundliche Energieversorgung

Gemäß GEG müssen bei einem Neubau mindestens 15 % der Wärme- und Kälteversorgung von erneuerbaren Energien gedeckt werden. Abhängig vom gewählten Energieträger kann der Anteil auch höher ausfallen:

- Solarthermie: 15 %
- Kraft-Wärme-Kopplung: 50 %
- Biomasse: 50 % (z.B. bei Biogas, biogenes Flüssiggas, Holzpellets)
- Wärmepumpen: 50 %
- Fernwärme: 50 %

Mit dem aktuellen Referentenentwurf zum GEG soll ab dem 1. Januar 2024 tritt die Novelle des GEG in Kraft treten. Damit verbundene sich ändernde Anforderungen an die Gebäudeeffizienz sowie die Energieversorgung sind im Hinblick auf die Dauer einer Realisierung der

Bauvorhaben bereits heute zu berücksichtigen und werden demnach als aktueller Maßstab bei der Analyse herangezogen.

Die wichtigsten und im Konzept berücksichtigten Änderungen werden entsprechend der Angaben im Referentenentwurf<sup>1</sup> vom 03.04.2023 nachfolgend aufgeführt:

#### § 71: Anforderungen an Heizungsanlagen (Gebäudenetz)

- Mindestanteil Erneuerbare Energien oder unvermeidbarer Abwärme: 65 %
- in Neubauten nicht zulässig ist die vollständige Wärmebereitstellung durch Biomasse in einem Gebäude(-netz)
- zulässig ist die dezentrale elektrische Warmwasserbereitung
- handbeschickten Einzelraumfeuerungsanlage von maximal 7,5 % anrechenbar

#### § 71a Messausstattung von Heizungsanlagen, Informationspflichten, Gebäudeautomation

- bei Nennleistung der Heizung von mehr als 290 Kilowatt müssen bis zum 1. Januar 2025 mit Systemen für die Gebäudeautomatisierung und -steuerung ausgerüstet werden

#### § 71b: Anforderungen bei Anschluss an Wärmenetze und Pflichten für Wärmenetzbetreiber

- Mindestanteil Erneuerbare Energien oder unvermeidbarer Abwärme bei neuem Wärmenetz: 65 % (nach 31.12.2023). Wenn nicht erreicht, kann alternativ ein Transformationsplan bis 31.06.2026 Nachweis für EE-Anteil erstellt werden
- Wärmenetz gilt, wenn bei Erweiterung bestehendes Netz, mehr als 20% der Wärmebereitstellung über neues Netz bereitgestellt wird
- § 71j (Übergangsfristen bei Anschlüssen an Wärmenetze): Nachweis von 65 % EE-Anteil muss bis 2035 erreicht werden

#### § 71c: Anforderungen an die Nutzung von Wärmepumpen

- EE-Anteil gilt als erfüllt an, wenn eine oder mehrere Wärmepumpen den ges. Wärmebedarf des Gebäudes oder der über ein Gebäudenetz verbundenen Gebäude deckt

#### § 71d: Anforderungen an die Nutzung von Stromdirektheizungen

- erhöhte Anforderungen an baulichen Wärmeschutz:
  - Neubau: mindestens 45 Prozent zum Referenzgebäude unterschreiten
  - Bestandsbau: mindestens 30 Prozent
- nicht erfüllt bei Wohngebäuden mit bis zu sechs vermieteten Wohnungen

#### § 71e: Anforderungen an solarthermische Anlagen

- Zertifizierung nach europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“

#### § 71f: Anforderungen an Biomasse und Wasserstoff incl. daraus hergestellter Derivate

---

<sup>1</sup> Referentenentwurf „Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes und zur Änderung der Heizkostenverordnung sowie zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung“ durch das des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen vom 03.04.2023

- Anforderungen an Zusammensetzung der Derivate

#### § 71g: Anforderungen an Heizungsanlagen bei Nutzung von fester Biomasse

- Anlagen nach Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlage:
  - Nutzung in einem Biomassekessel oder einem automatisch beschickten Biomasseofen
  - ausschließlich gesetzlich zulässige Biomasse

#### § 71h: Anforderungen an Wärmepumpen-Hybridheizungen

- Betrieb Spitzenlasterzeuger nur bei Überschreitung Heizleistung Wärmepumpe
- thermische Leistung der Wärmepumpe mindestens 30 Prozent
- Spitzenlasterzeuger muss ein Brennwertgerät sein

#### § 71k Anforderungen an Heizungsanlagen, die Gas und Wasserstoff verbrennen können

- neue Heizungsanlage, die sowohl Erdgas als auch 100 Prozent Wasserstoff nutzen kann, darf bis zum 1. Januar 2035 Erdgas nutzen

#### § 71o: Regelungen zum Schutz von Mietern

- Modernisierungsmaßnahmen und Einbau von Wärmepumpen
  - Effizienz von Wärmepumpen: min. 2,5
  - Effizienzgebäude: 100
  - Vorlauftemperatur: max. 55 °C

## 1.3.1 Stromversorgung

Die Stromversorgung wird für die Hauptverbraucher betrachtet. Diese setzen sich aus dem Strombedarf des Gebäudes, dem Hilfsstrom für die Wärmeerzeugungsanlagen (Pumpen, etc.) zusammen. All diese Verbraucher sollen möglichst günstig und effizient versorgt werden. Dies erreicht man in der Regel über eigens installierte Stromerzeugungsanlagen.

### Varianten der Stromerzeugung

**KWK-Anlagen** (Kraft-Wärme-Kopplung) stellen Strom und Wärme gleichzeitig unter dem Einsatz von meist fossilen Energieträgern bereit. Ein Motor erzeugt mittels eines Generators Strom, die Abwärme wird als Heizenergie verwendet. KWK-Anlagen werden meist für die Grundlastabdeckung verwendet, um eine möglichst gleichmäßige Betriebsart zu erreichen und die Nutzungsdauer des Motors zu erhöhen. Häufig sind KWK-Anlagen daher wärmegeführt betrieben, d.h. der Wärmebedarf bestimmt die Laufzeiten der Anlage. Durch die gleichzeitige

Nutzung von Strom und Wärme erreichen diese Anlagen im Durchschnitt einen Gesamtwirkungsgrad von 85-90 %.

Abhängig von der Art des Motors und seiner Leistung beträgt ein durchschnittlicher elektrischer Wirkungsgrad eines BHKW zwischen 30 und 40 % und ein thermischer Wirkungsgrad zwischen 50 und 60 %. Bei kleineren Anlagen (bis ca. 1.000 kW) ist der Anteil des produzierten Stroms im Vergleich zum thermischen Anteil geringer. Erst bei großen Anlagen halten sich Strom- und Wärmebereitstellung die Waage.

**PV-Anlagen** (Photovoltaik = „Solarzellen“) auf Dach oder Fassaden erzeugen Strom direkt aus solarer Strahlung. Hauptbestandteil der Solarzellen ist Silizium, welches zu den häufigsten natürlich vorkommenden Elementen in der Erdschicht zählt. Die einzelnen Solarzellen werden zu PV-Modulen verschaltet.

Es gibt drei unterschiedlich Zelltypen:

- Monokristalline Zellen
- Polykristalline Zellen
- Amorphe Zellen (Dünnschichtzellen)

Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Produktion, den damit verbundenen Kosten und der Ausnutzung des Sonnenlichts bei unterschiedlichen Einstrahlungswerten. So eignen sich monokristalline Zellen besonders für Dachanlagen mit Ausrichtung gen Süden. Amorphe Zellen wiederum erzeugen auch bei geringeren Strahlungswerten Energie und eignen sich daher besonders gut für Fassaden.

PV-Module werden in Leistungsklassen von 360 bis 410 Wp hergestellt und vertrieben. Der Wirkungsgrad der Module ist hierbei stark vom verwendeten Zelltyp abhängig.

PV-Dach-Anlagen können oft nicht flächendeckend auf dem gesamten Dach installiert werden. Oft ergeben sich Hindernisse aus der Gebäudeplanung (z.B. RLT-Anlagen, Kamine, Oberlichter), welche auch Flächen benötigen oder Schatten werfen. Im Normalfall können ca. 70 – 80 % der Dachfläche für PV genutzt werden.

PV-Fassaden-Anlagen weisen aufgrund der schlechteren Solarstrahlungswerte und der Verwendung amorpher Zellen einen geringeren Wirkungsgrad (ca. 2/3 von Dachanlagen) auf. Hinzu kommen höhere Investitionskosten durch die aufwendige Montage. Dennoch können Fassaden-Anlagen einen erheblichen Teil zur Strombereitstellung beitragen, wenn z.B. Dachflächen nicht oder nur unzureichend genutzt werden können.

Ausschlaggebend für die Rentabilität einer PV-Anlage ist heutzutage der Nutzungs- und Deckungsgrad, welcher mit der Anlage erreicht werden kann. Durch Nutzung eines Batteriesystems kann der Wert um bis ca. 20 % erhöht werden. Der Deckungsgrad einer Wärmepumpe liegt bei ca. 20 % und kann mittels Batterie auf rund 25 % steigen.

Wie bereits erwähnt kann ein Batteriespeicher den Nutzungsgrad bzw. auch den Deckungsgrad erhöhen. Dieser gleicht die volatile Erzeugung durch Zwischenspeichern aus und bringt somit den Stromertrag mit dem -bedarf in Einklang.

## **PVT**

PVT-Module kombinieren herkömmliche PV-Module mit einem Solarthermie-Modul. Hinter den PV-Zellen wird ein Solarthermie-Kollektor installiert, welcher die Erwärmung des Gesamtmoduls nutzt, um Warmwasser zur Heizungsunterstützung bereit zu stellen. Solche Anlagen eignen sich besonders bei eingeschränkten Platzverhältnissen oder in Kombination mit Geothermie-Bohrungen zur Regeneration während der Sommermonate.

## 1.3.2 Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung hängt stark von der zukünftigen Nutzung ab. Für Heizwärme genügen in der Regel Flächenheizungen mit einer Vorlauftemperatur von 35 °C, die Warmwasseraufbereitung erfolgt bei 60 °C und Industrieprozesse können mehrere 100 °C voraussetzen. Daher können der Wärmebedarf und somit die Versorgungsvariante im Vorfeld nicht pauschalisiert werden.

Bei Raumheizungen bieten sich Wärmepumpen an, die als Quellmedium Erdwärme oder die Umgebungsluft nutzen und bei geringen Vorlauftemperaturen hohe Effizienzgrade erreichen. Der Strombedarf kann neben dem Netzbezug über PV- oder KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) gedeckt werden.

Die Warmwasserversorgung ist über den Heizkreislauf oder dezentral möglich. Bei geringem Bedarf bietet sich die dezentrale Warmwasseraufbereitung über einen Heizstab an, dessen Strombedarf über PV-Anlagen gedeckt wird. Die zentrale Versorgung könnte über verschiedene Formen eines Nahwärmenetzes erfolgen:

- kaltes Nahwärmenetz (10 °C)  
Wie beim Heizwärmebedarf wird Umweltwärme als Quellmedium verwendet. Der Temperaturhub erfolgt dezentral mittels Wärmepumpen.
- Niedertemperaturnetz (35-45 °C)  
Der Temperaturhub erfolgt zentral über eine Wärmepumpe oder ein bivalentes System mit Verbrenner. Die Nacherhitzung geschieht mittels Heizstab in einem dezentralen Wärmespeicher.
- Heißwassernetz (ca. 60 °C)  
Kombination eines Verbrenners wie ein Blockheizkraftwerk (BHKW) und eines zentralen Großwärmespeichers

## 2 Standortanalyse

### 2.1 Allgemeine Stadt- und Quartiersanalyse

Das Plangebiet befindet sich innerhalb der Gemeinde Borsdorf, welche verwaltungsmäßig dem Landkreis Leipzig zugehörig ist. Bis zum östlich gelegenen Oberzentrum Leipzig sind es ca. 12 km. Wie 15 andere Ortschaften und Gemeinden rund um die Stadt Leipzig ist Borsdorf Teil der freiwilligen und gleichberechtigten Stadt-Umland-Kooperation „Grüner Ring Leipzig“.

Vom Umgriff betroffen ist das Gelände der ehemaligen „Zweenfurther Kunstleder und Wachstumfabrik Alexander Schuhmann“ (nachfolgend Wachstumfabrik genannt) sowie angrenzende Grünflächen.

Das Plangebiet wird im Norden durch die Leipziger Straße begrenzt. Östlich grenzen landwirtschaftlich genutzte Flächen, südlich die Bahnstrecke der S6 Leipzig—Dresden und die S4 Hoyerswerda über Eilenburg nach Markkleeberg an das Areal. Bahneigener Grundbesitz wird durch das o.g. Verfahren nicht in Anspruch genommen.

Westlich liegt der Kleingartenverein Hans Otto e. V. sowie weitere landwirtschaftliche Flächen. Die Ausnahme bildet ein viergeschossiges Wohngebäude an der westlichen Plangebietsgrenze.

### 2.2 Bebauungsplangebiet

Das Areal selbst besteht zum überwiegenden Teil aus ehemaligen Fabrikanlagen und größtenteils versiegelten Flächen. Der Bereich wird seit Jahren nicht mehr bewirtschaftet. Der Prozess zur Brache ist hier vorgeprägt.

Der genaue Verlauf der Grenze des räumlichen Geltungsbereiches und die betroffenen Flurstücke bzw. Flurstücksteile können der Übersichtskarte entnommen werden.

Der Geltungsbereich entspricht dem bestehenden Bebauungsplan „Gewerbegebiet an der Dresdener Landstraße“ und hat damit eine Fläche von ca. 11,6 ha.

Die mit der Beendigung der Fabrikation einhergehende zunehmende Verödung des innerörtlichen Areals der ehemaligen Wachstumfabrik hat die Entwicklung einer Brache verursacht. Zur Unterbindung dieser fortschreitenden Entwicklung ist ein vordringlicher städtebaulicher Planungsbedarf für das Areal gegeben.



Abbildung 2 Geltungsbereich (rot gestrichelt) für das Plangebiet „Wachstumfabrik Borsdorf“.

## 2.3 Städtebaulicher Entwurf

Im Plangebiet kommt bei der CO<sub>2</sub>-Einsparung dem städtebaulichen Entwurf eine zentrale Rolle zu. Eine sorgfältige baukulturelle Gestaltung von Gebäuden sichert das Stadtbild und kann zugleich der Beseitigung bestehender städtebaulicher Mängel dienen sowie Akzente zur Weiterentwicklung gewachsener Quartiere im Betrachtungsgebiet setzen.

In folgender Tabelle 1 werden die Kennzahlen der geplanten Gebäudetypen gemäß dem städtebaulichen Entwurf betrachtet.





Abbildung 3 Städtebaulicher Entwurf für das Plangebiet<sup>2</sup>

Tabelle 1 Kennzahlen des städtebaulichen Entwurfs

Gebäudebez.	Gebäudetyp	Anzahl	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	Geschosse	BGF [m <sup>2</sup> ]	BGF* (Gesamt) [m <sup>2</sup> ]
<b>Gebiet 1</b>						
WA 4.2	Doppelhaus (DHH)	4	80	2	160	640
WA 5	Doppelhaus (DHH)	23	80	2	160	3.680
WA 6	Doppelhaus (DHH)	12	80	2	160	1.920
<b>Gebiet 2</b>						
WA 1 - Haus A	Mehrfamilienhaus (Typ IV)	1	1.535	4	6.140	6.140
Haus C	Kindergarten	1	840	2	1.680	1.680
WA 2 - Haus F1	Reihenhaus (Typ III)	1	595	3	1.785	1.785

<sup>2</sup> Quelle homuth + trappe architekten)

Gebäudebez.	Gebäudetyp	Anzahl	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	Geschosse	BGF [m <sup>2</sup> ]	BGF* (Gesamt) [m <sup>2</sup> ]
WA 3 - Haus F2	Reihenhaus (Typ III)	1	390	3	1.170	1.170
WA 3 - Haus F3	Reihenhaus (Typ III)	1	390	3	1.170	1.170
WA 4.1 - Haus F4	Reihenhaus (Typ III)	1	390	3	1.170	1.170
WA 3 - Haus G1	Reihenhaus (Typ III)	1	896	3	2.688	2.688
WA 4.1 - Haus G2	Reihenhaus (Typ III)	1	700	3	2.100	2.100
WA 4.1 - Haus H	Reihenhaus (Typ III)	1	626	3	1.878	1.878
WA 4.1 - Haus I	Reihenhaus (Typ III)	1	468	3	1.404	1.404
Erweiterung	Reihenhaus (Typ IV)	1	636	4	2.544	2.544
<b>Gebiet 3</b>						
WA 7.4 - Haus 24	Mehrfamilienhaus (Typ I)	1	340	1	340	340
Haus 13	Mehrfamilienhaus (Typ I)	1	50	1	50	50
WA 7.2 - Haus 31	Mehrfamilienhaus (Typ III)	1	276	3	828	828
Haus 27	Mehrfamilienhaus (Typ III)	1	687	3	2.061	1.669
-	Mehrfamilienhaus (Typ I)	1	724	1	724	724
WA 7.3 - Haus 32	Mehrfamilienhaus (Typ IV)	1	1.300	4	5.200	5.200
WA 7.1 - Haus 5	Mehrfamilienhaus (Typ II)	1	1.548	4	6.192	3.228
Haus 36	Mehrfamilienhaus (Typ IV)	1	134	2	268	268
WA 7.1 - Haus 3/4	Mehrfamilienhaus (Typ II)	1	1.014	2	2.028	2.304
WA 7.1 - Haus 1	Mehrfamilienhaus (Typ II)	1	295	2	590	590
WA 7.1 - Haus 2	Mehrfamilienhaus (Typ IV)	1	1.607	4	6.428	5.348

### 3 Energiebedarfsermittlung

Für die Erstellung des Energiekonzeptes ist es erforderlich, den benötigten Endenergiebedarf des Plangebietes abzuschätzen. Hierbei sollen die Bereiche Wärme bzw. Kühlung und Strom einzeln betrachtet werden, um Lösungsansätze für eine nachhaltige Energieversorgung zu entwickeln.

Grundlage zur Ermittlung des Energiebedarfs ist der städtebauliche Entwurf mit spezifischen Verbrauchswerten für entsprechende Gebäudestandards in Zusammenhang mit Nutzungsprofilen für Wärme und Strom. Zu beachten ist, dass der tatsächliche Energiebedarf im Neubaugebiet in beide Richtungen variieren kann, da das Nutzerverhalten sehr stark von den individuellen Bedürfnissen der zukünftigen Bewohner abhängig ist.

In der nachfolgenden Abbildung 4 ist die Unterteilung des Plangebietes in die verschiedenen Teilgebiete dargestellt. Im weiteren Bericht werden die energetischen Auswertungen nach diesen Teilgebieten differenziert betrachtet.

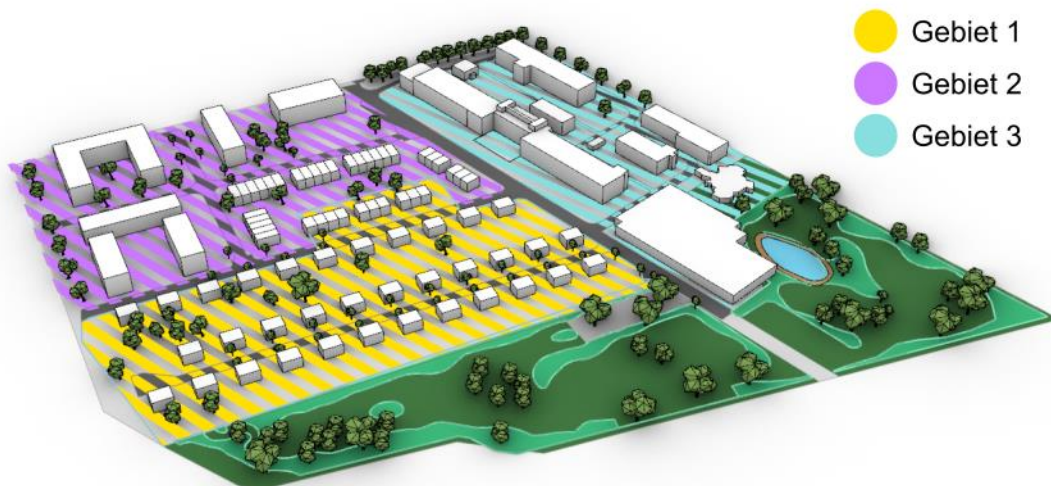


Abbildung 4 Darstellung der Einzelgebiete im Plangebiet

Der Strombedarf wurde auf Basis durchschnittlicher Verbrauchsdaten von Haushalten ermittelt.

Der Wärmebedarf ist, neben dem Nutzerverhalten, im Wesentlichen vom Standard der Gebäudehülle abhängig. Sie ist mit den Wärmedurchgangskoeffizienten für Transmissionswärmeverluste verantwortlich. Diese Verluste gehen durch die Außenfläche verloren und werden an die Umgebung abgegeben. Für die Ausführung der Gebäudehülle wurden zur

Energiebedarfsermittlung für die Neubauten KfW55 und für die Bestandsgebäude KfW85 miteinander verglichen.<sup>3</sup>

Neben dem Heizwärmebedarf wird die Erwärmung des Trinkwassers ebenfalls im Wärmebedarf berücksichtigt. Diese wird in allgemeinen Berechnungen mit dem Standardwert 8,5 kWh pro Quadratmeter und Tag festgesetzt, der sich aus dem durchschnittlichen Warmwasserverbrauch pro Kopf<sup>4</sup> und der Erwärmung des Leitungswassers um 50 K auf gesundheitlich unbedenkliche 60 °C mit 0,058 kWh/l ergibt (ebd.). Der Trinkwarmwasserbedarf und Nutzungstage für die Kita wurde der DIN V 18599-10 entnommen, in der unter anderem energetische Standardwerte für verschiedene Gebäudetypen ersichtlich sind.<sup>5</sup>

Tabelle 2 Zusammenfassung der Bedarfe an Heizwärme, Warmwasser und Strom für die einzelnen Gebäudetypen der jeweiligen Teilgebiete

Art	BF (m <sup>2</sup> )	BGF (m <sup>2</sup> )	Heizwärme (kWh/a)	Warmwasser (kWh/a)	Wärme gesamt (kWh/a)	Strom (kWh/a)
<b>Gebiet 1 – KfW 55</b>	<b>240</b>	<b>480</b>	<b>182.458</b>	<b>63.648</b>	<b>246.105</b>	<b>172.380</b>
Doppelhaus DHH	240	480	182.458	63.648	246.105	172.380
<b>Gebiet 2 – KfW 55</b>	<b>7.529</b>	<b>23.855</b>	<b>724.508</b>	<b>219.293</b>	<b>943.801</b>	<b>586.855</b>
Mehrfamilienhaus Typ IV	1.535	6.140	181.646	44.883	226.529	118.809
Kindergarten	840	1.680	77.683	12.138	89.821	28.560
Reihenhaus Typ III	4.455	13.365	390.793	136.323	527.116	369.208
Reihenhaus Typ IV	636	2.544	74.387	25.948	100.335	70.278
<b>Gebiet 3 – KfW 85</b>	<b>7.975</b>	<b>24.709</b>	<b>938.391</b>	<b>212.066</b>	<b>1.150.456</b>	<b>397.623</b>
Mehrfamilienhaus Typ I	1.177	1.177	50.872	11.496	62.368	21.556
Mehrfamilienhaus Typ II	2.857	6.122	279.567	63.179,0	342.746	118.461
Mehrfamilienhaus Typ III	963	2.497	114.028	25.769	139.797	48.317
Mehrfamilienhaus Typ IV	3.041	10.816	493.923	111.621	605.545	209.290
<b>Gesamt</b>	<b>15.744</b>	<b>49.044</b>	<b>1.845.357</b>	<b>495.007</b>	<b>2.340.362</b>	<b>1.156.858</b>

<sup>3</sup> Seit dem 24. Januar 2022 wurde die KfW 55 Förderung für Neubauten eingestellt. KfW 40 bleibt 2022 für Neubauten bestehen, allerdings mit geringeren Fördersummen.

<sup>4</sup> Vgl. RP-Energie-Lexikon (2023).

<sup>5</sup> Vgl. DIN (2018).

## 4 Potenzialanalyse

In diesem Kapitel werden Potenziale im Gebäudebestand und zur Wärme- und Stromversorgung mit erneuerbaren Energien aufgezeigt. Die ergebnisoffene Potenzialanalyse wird den konkreten Umsetzungsmöglichkeiten in Kapitel 5 vorangestellt, da Potenziale in der Regel nicht ihre Gültigkeit verlieren. So werden etwaige variable Restriktionen wie z.B. der Denkmalschutz nicht berücksichtigt. Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht, wie der Potenzialbegriff während der Konzeptbearbeitung geschärft wird, um zu realistischen Umsetzungsmöglichkeiten zu gelangen.

Tabelle 3 Definition des Potenzialbegriffs

Potenzial	Beschreibung
Theoretisch	Maximal mögliches Potenzial ohne Einschränkungen
Technisch	Berücksichtigung technischer Möglichkeiten sowie rechtlicher und ökologischer Beschränkungen
Wirtschaftlich	Ökonomisch sinnvoll erschließbares Potenzial unter Berücksichtigung von Investitionskosten, Wärmegestehungskosten, Annuitäten und Sensitivitäten

Abbildung 5 zeigt erneuerbare Energiequellen sowie mögliche Bereitstellungspfade auf. Grün markiert (durchgezogener Rahmen) sind lokale Potenziale, die in der nachfolgenden Analyse betrachtet werden.

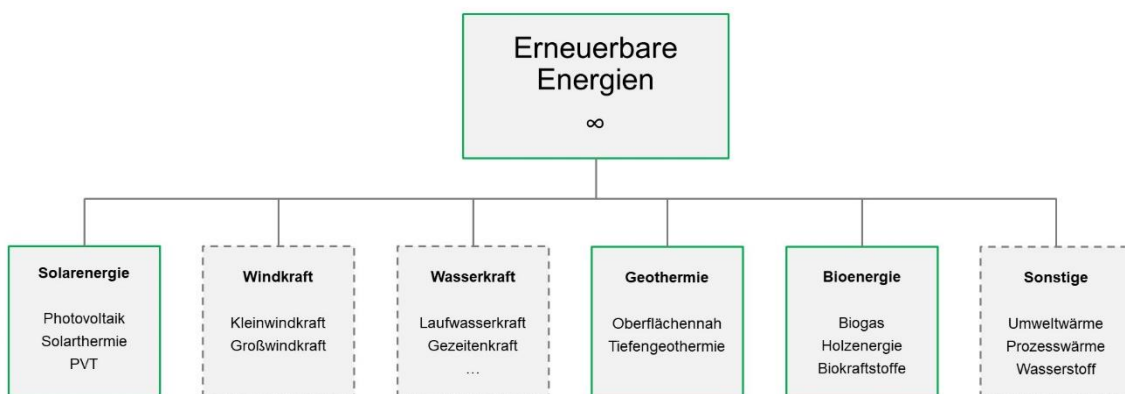


Abbildung 5 Erneuerbare Energiequellen und mögliche Bereitstellungspfade<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Eigene Darstellung

Wärmetauscher wie z.B. Wärmepumpen werden als Standard in der Betrachtung angesehen und gehören i.d.R. im Verbund mit der geothermischen Nutzung, der Umgebungsluft oder dem Grundwasser zur technischen Ausstattung.

Wärmepumpen, die mit der Umgebungsluft arbeiten, punkten mit geringen Anschaffungskosten. Allerdings benötigen sie im Vergleich zu Sole-Wasser-Wärmepumpen bis zu 40 % mehr Strom<sup>7</sup>. Da der überwiegende Anteil an Heizwärme auf die häufigen milden Wintertage (0-10 °C) entfällt und die Entwicklung der Energiepreise nicht abzusehen ist, könnten die Betriebskosten sehr hoch ausfallen.

## 4.1 Strom aus solarer Energie

### 4.1.1 PV-Anlagen auf Gebäuden

Die Dachflächen der geplanten Gebäude haben ein großes PV-Potenzial. Entsprechend den vorgegebenen Kubaturen, der angenommenen Bewohnerzahl sowie der spezifischen Modulleistung von 360 Wp eines modernen Photovoltaik-Panels könnte der Strombedarf des gesamten Quartiers zu das Dreifach gedeckt werden.

Ausgehend von einer 3D-Gebäudemodellierung werden die potenziellen Dachflächen analysiert und eine Auslegung der PV-Dachanlagen vorgenommen (siehe Abbildung 6).

Entsprechend den vorgegebenen Kubaturen können auf den Dachflächen aller Gebäude der Gebiete rund 8.000 Module mit einer Gesamtleistung von 2.892 kWp<sup>8</sup> installiert werden. Mit einem spezifischen Ertrag bei südlicher Ausrichtung der Module von rund 1.078 kWh/kW<sub>p</sub> wird ein potenzieller solarer Ertrag von 3.117 MWh pro Jahr erzielt.

Dieser Ertrag stellt jedoch lediglich ein theoretisches Potenzial dar. In der Praxis ist durch die Volatilität der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs der Deckungsgrad einer PV-Anlage geringer. Durch Lastganganalysen lässt sich der Deckungsanteil von PV-Anlagen am Strombedarf errechnen. Der Deckungsanteil kann durch die zusätzliche Installation von Batteriespeichern gesteigert werden. Ob sich die Investitionskosten für die Batteriespeicher lohnt, ist in detaillierteren Analysen zu prüfen. Die Abbildung 7 stellt die Deckungsgrade der einzelnen Gebäude mit und ohne Batteriespeicher gegenüber.

Es zeigt sich, der Deckungsgrad der Gebäude ohne zusätzlichen Batteriespeicher in einem Bereich zwischen 41 und 54 % befindet. Im Vergleich kann in Verbindung mit einem Batteriespeicher ein Deckungsgrad von 60 – 90 % erreicht werden.

---

<sup>7</sup> Ostschweizer Fachhochschule (2020).

<sup>8</sup> Prämisse: spezifische Leistung der gewählten PV-Module von 360 W



Abbildung 6 Lageplan mit beispielhafter, potenziell maximaler Belegung der Dachflächen

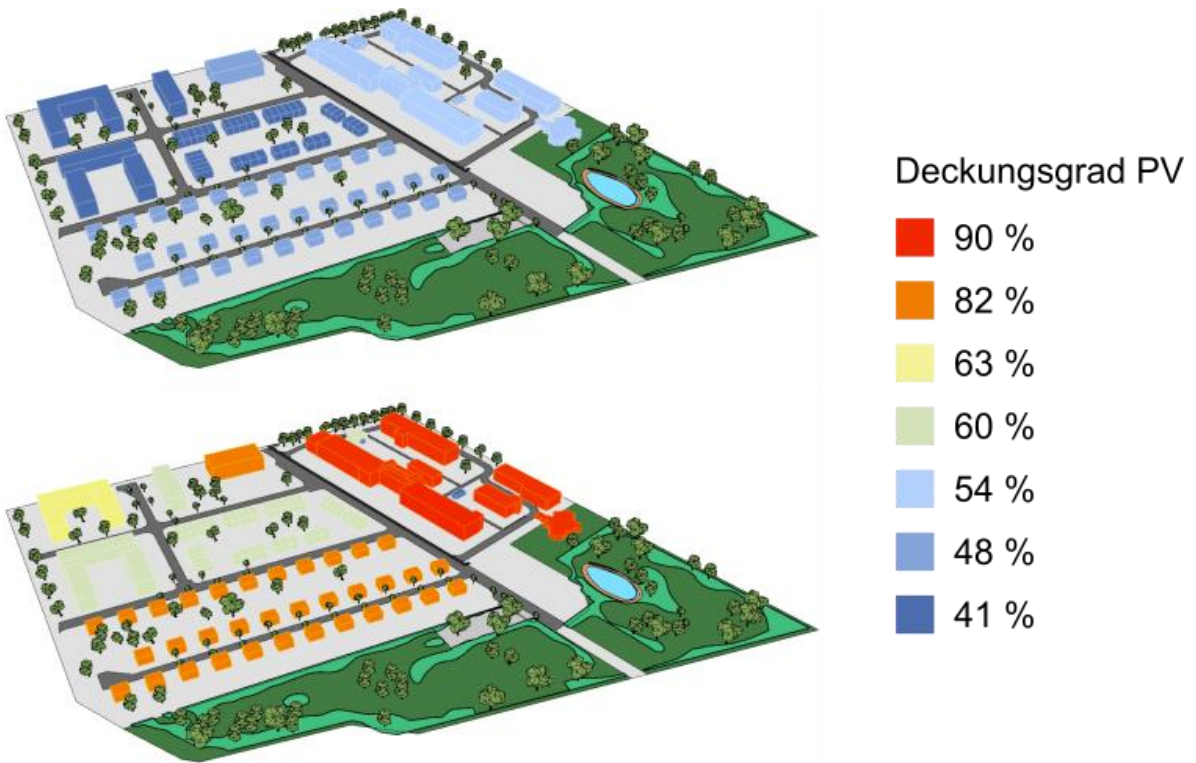


Abbildung 7 Deckungsgrad der PV ohne Batteriespeicher (oben) und mit Batteriespeicher (unten)

Es ist zu beachten, dass die Installation von PV-Modulen auf den denkmalgeschützten Gebäuden im Gebiet 3 nur nach eingängiger Prüfung denkmalschutzrechtlicher Belange möglich ist. Hierzu zählen:

- **Denkmalschutzrechtliche Genehmigung:**  
Diese Genehmigung muss bei der zuständigen Denkmalschutzbehörde beantragt werden. In Sachsen ist das Landesamt für Denkmalpflege zuständig.
- **Denkmalschutzrechtliche Auflagen:**  
Dies können beispielsweise Vorgaben zur Gestaltung, Platzierung oder Größe der Anlage sein.
- **Berücksichtigung der Bausubstanz:**  
Es ist darauf zu achten, dass die Bausubstanz des Gebäudes nicht beeinträchtigt wird. Es sollten keine irreversiblen Veränderungen vorgenommen werden, die das Erscheinungsbild oder die Struktur des Gebäudes beeinflussen.
- **Integration der Anlage:**  
PV-Anlagen sollen so gestaltet sein, dass sie sich harmonisch in das Erscheinungsbild des Gebäudes einfügt. Dies kann bedeuten, dass die Module unauffällig platziert werden oder bestimmte Farb- oder Materialeingaben einhalten.

Es ist wichtig zu beachten, dass die genauen Vorgaben und Anforderungen je nach denkmalgeschütztem Gebäude und der konkreten Situation variieren können. Eine erste Annäherung der Eignung denkmalgeschützter Gebäude für die Installation von PV-Modulen kann über die Gebäudehöhe erfolgen. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei hohen Gebäuden das Erscheinungsbild nur geringfügig beeinträchtigt wird. Abbildung 8 stellt eine erste Einschätzung der Eignung von denkmalgeschützten Gebäuden in Gebiet 3 dar. Als Basis dieser Einschätzung gilt die Gebäudehöhe. Weitere restriktive Kriterien wie Bausubstanz und Statik sind in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.



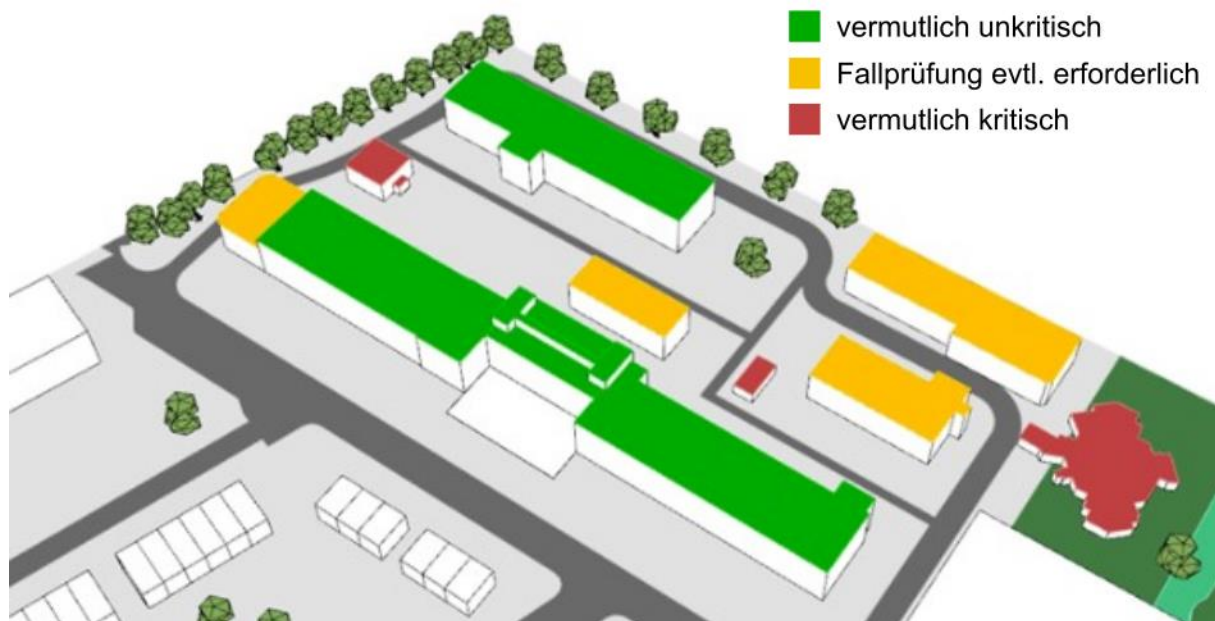


Abbildung 8 Einschätzung der Eignung denkmalgeschützter Gebäude in Gebiet 3 auf Basis der Gebäudehöhe

## Parkdeck

Eine Besonderheit innerhalb des Plangebietes stellt das neu geplante Parkhaus dar, Aufgrund der Größe, der fehlenden verschattenden Elemente und des flachen Dachaufbaus bietet es optimale Voraussetzungen für die Installation einer PV-Anlage auch in Kombination einer Solarthermie-Anlage (vgl. Kapitel 4.2) vordergründig für die Energiebereitstellung eine zentrale Wärmebereitstellung und Gebietsversorgung mittels Wärmenetz. Aus diesem Grund wurde für das Parkdeck eine detaillierte Simulation unterschiedlicher Varianten für die Ausrichtung der Module durchgeführt.

Tabelle 4 Ergebnisse des Variantenvergleich verschiedener Ausrichtung der PV-Module auf dem Parkdeck

Varianten	PV-Generatorfläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl PV-Module	PV-Generatorleistung (kW <sub>p</sub> )	Jährlicher Ertrag (kWh/a)
Süd	1.632	896	322	347.950
Ost-West	2.182	1.198	431	415.098
Süd-Ost	1.679	922	331	357.868
Süd-West	1.712	940	338	340.169

## 4.1.2 PV-Anlagen auf Freiflächen

Im Plangebiet stehen aufgrund der dichten Bebauung der Wohnkomplexe sowie der Freianlagen keine relevanten Freiflächen zur Nutzung von erneuerbaren Energien zur Verfügung.

## 4.2 Wärme aus solarer Energie

Entsprechend der Analyse der PV-Anlagen auf den Dachflächen des geplanten Parkdecks wird das solare Wärmepotenzial von Solarthermie-Anlagen als Quelle für eine zentrale Wärmebereitstellung der Versorgungsgebiete über ein Wärmenetz untersucht.

Als Untersuchungsgegenstand werden marktübliche Solarkollektoren, die nach dem Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert sind, herangezogen. Im Jahresverlauf kann ein spezifischer Ertrag von rund 650 kWh/m<sup>2</sup> Generatorfläche erzielt werden. Bei einer möglichen Generatorfläche bei einer reinen Südausrichtung der Kollektoren von rund 1.680 m<sup>2</sup> der 922 Solarkollektoren liegt der potenzielle solare Wärmeertrag bei rund 1.100 MWh/a.

Bilanziell könnte demnach durch die vollständige Belegung der Dachfläche auf dem Parkdeck der Wärmebedarf aller Gebäude im Plangebiet zu 47,0 % gedeckt werden. Inwiefern der Wärmebedarf im Jahresverlauf aufgrund der Volatilität der solaren Wärmezeugung durch die Anlage gedeckt werden kann, soll in den jeweilig untersuchten zentralen Quartiersvarianten mit Wärmenetz weiter vertieft werden. Grundsätzlich ist bei einem, aus wirtschaftlichen Aspekten, empfohlener Deckungsgrad am Wärmebedarf von 15 – 20 % ausreichend.

Demnach wird für eine zentrale Wärmeversorgung über ein Wärmenetz mit Einbindung solarer Wärme über die Dachflächen des Parkdecks nur ein Drittel oder weniger benötigt. Eine detaillierte Bewertung erfolgt im Kapitel 5.

## 4.3 Erdwärme

Eine Möglichkeit zum Decken des Wärmebedarfs stellt die Zuhilfenahme von Umweltwärme aus dem Erdreich dar. Mit der Verwendung von Erdsonden oder Erdwärmekollektoren werden im Folgenden zwei etablierte und verbreitete Technologien beschrieben.

Erdwärmekollektoren sind horizontal im Erdreich verlegte Wärmetauscher, die die Wärme des Bodens als Energiequelle für eine Wärmepumpe nutzbar machen. Den größten Nachteil dieser Technologie stellt der zumeist hohe Flächenbedarf dar. Des Weiteren wirkt sich ihr

Wärmeentzug auf das Ökosystem Grundwasser aus, was im Einzelfall ein gesondertes Genehmigungsverfahren nach sich ziehen könnte.<sup>9</sup>

Erdwärmesonden hingegen können Wärme aus tieferen Erdschichten mittels Bohrungen nutzbar machen und weisen dadurch einen geringeren Flächenbedarf auf, haben jedoch i.d.R. höhere Investitionskosten durch den erhöhten Aufwand der Bohrungen. Üblicherweise werden Erdwärmesonden mit einer maximalen Tiefe von 100 m ausgeführt, da ab dieser Tiefe einer zusätzlichen Abstimmung mit dem Landesbergamt notwendig ist und somit ein erhöhter Planungsaufwand im Rahmen eines bergrechtlichen Betriebsplanverfahrens besteht (siehe Zeitraum für „Genehmigung durch Behörde“ in den Anlagen unter Planungsschema oberflächennahe Geothermie). Zudem ist im Plangebiet mit Festgestein ab 50 – 60 Meter<sup>10</sup> zu rechnen, welches zu einem höheren Aufwand bei der Bohrung der Sondenschächte führt.

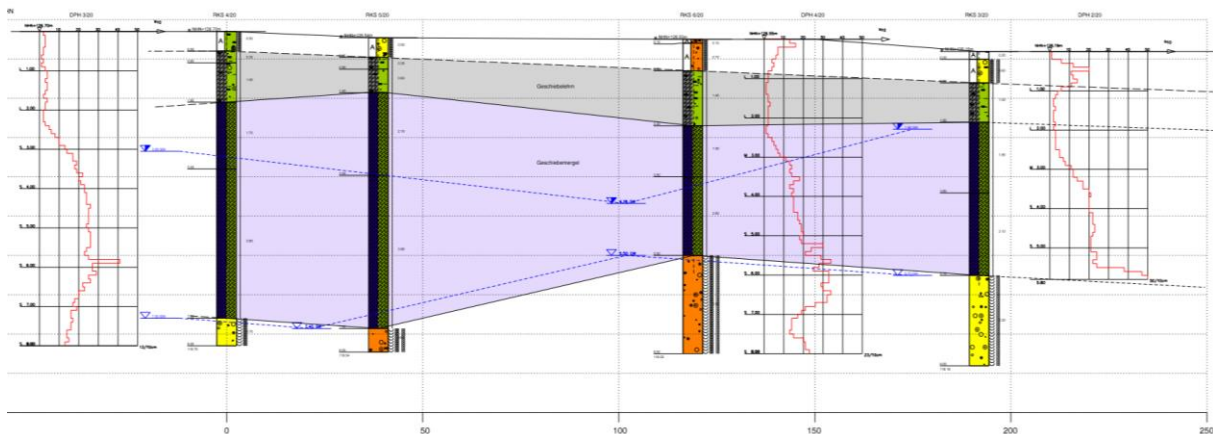


Abbildung 9 Auswirkung geothermischer Bohrungen auf die Spannung des Grundwassers

Eine weitere Besonderheit besteht durch das gespannte Grundwasser im Plangebiet, welche aufgrund von Geschichten- und Geschiebemergel hervorgerufen wird. Nach dem vorliegenden Bodengutachten wird aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse eine Wasserhöhe von bis zu max. 2 Meter über dem Erdreich erreicht (siehe Abbildung 9). Damit sind die Verhältnisse bei der Bohrung zum aktuellen Kenntnisstand und in Rücksprache mit der zuständigen Behörde beherrschbar.

Demnach ist nach obigen Untersuchungen die Nutzung von Erdwärmesonden im Plangebiet grundsätzlich zulässig. Da bisher noch keine Bohrungen durchgeführt wurden, ist das genaue Potenzial mittels Probebohrung(en) noch zu erheben. Als erste Annäherung können geothermische Potenzialkarten dienen. In diesen sind die spezifischen Entzugsleistungen des Bodens

<sup>9</sup> Griebler (2014).

<sup>10</sup> Video-Konferenz: Dominique Langner, SG Wasser/Abwasser, Landkreis Leipzig (01.06.2023)

am Standort dargestellt. Beispielhaft ist in Abbildung 10 die spezifische Entzugsleistung aus dem Geothermieatlas Sachsen für eine Bohrtiefe von 100 Metern dargestellt.

Auf Basis des Geothermieatlas kann die Entzugsleistung auf dem Plangebiet mit rund 51 W/m angenommen werden. Bei Anlagen mit einer Leistung von mehr als 30 kW ist eine Simulation des Sondenfeldes notwendig. Diese wird im Rahmen von Pilotbohrungen bzw. eines Thermal Response Tests (TRT) durchgeführt (vgl. Planungsschema oberflächennahe Geothermie).

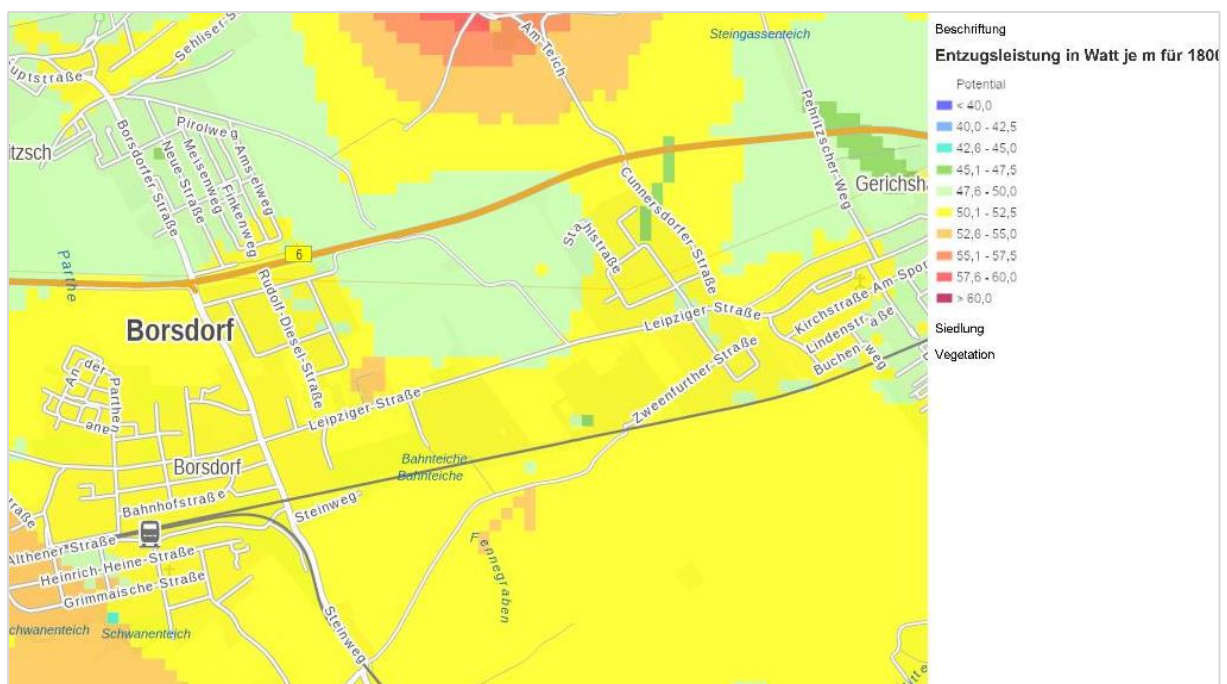


Abbildung 10 Lage des Plangebiets in einem für Erdwärmesonden zulässigen Bereich<sup>11</sup>

Für die Anzahl der vorzuhaltenden Erdwärmesonden ist der zu erwartende Wärmebedarf des Plangebietes entscheidend. Darauf basierend sind standortabhängige technische Parameter wie Bodenbeschaffenheit, geologische Besonderheiten und thermische Entzugsleistungen zu bestimmen, um eine Dimensionierung der Geothermie-Anlage realisieren zu können. Grundsätzlich sollte bei der Verortung von Erdwärmesonden bestimmte Mindestabstände eingehalten werden, um eine Gegenseitige Beeinflussung einzelner Sonden und Konflikte mit weiteren in der Erde verlegten Medien zu vermeiden. Einzuhaltende Mindestabstände für Erdwärmesonden sind zum Beispiel:

- Abstand zwischen Bohrungen: 8 m
- Abstand zu Bauwerken: 2,5 m
- Abstand zu Nachbargrundstücken: 3,0 m

<sup>11</sup> Geothermieatlas Sachsen

- Abstand zu Verkehrswegen: 0,3 m

In folgender Abbildung 11 ist eine mögliche Verortung möglicher Potenzialflächen auf dem Plangebiet dargestellt. Dabei ist die Priorisierung einzelner Flächen mit angegeben. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Flächen entlang der neu erschlossenen Verkehrswege sowie unterhalb des Parkdecks als optimale Potenzialfläche für die Bohrung von Erdwärmesonden anbieten. Im Vergleich dazu ist die Priorisierung der Freiflächen vor der Kita und der Wohnanlage und der Grünfläche im Süden (zusätzlich optional) als gering einzuschätzen.

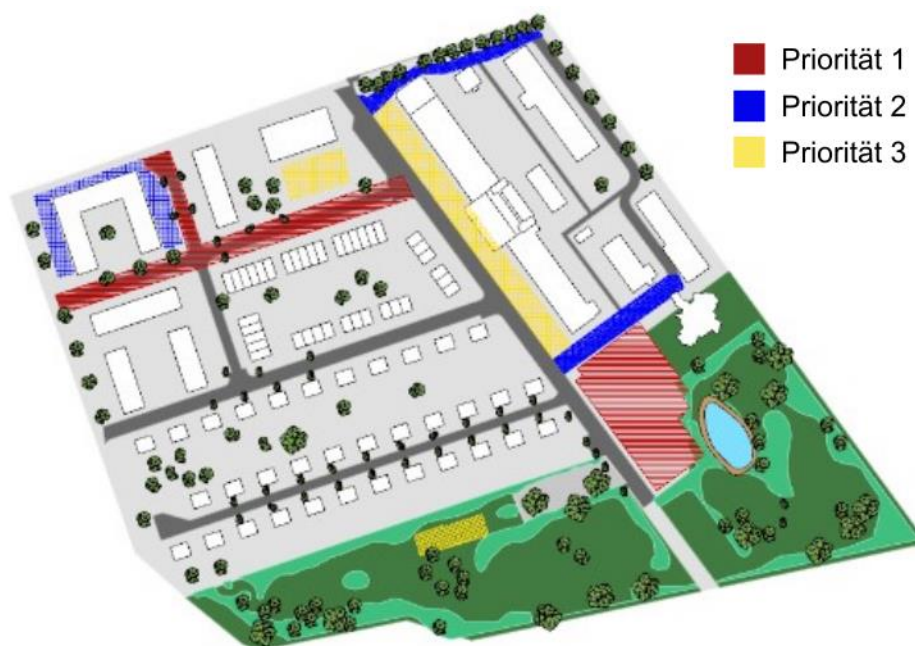


Abbildung 11 Prioritäre Flächen für die Verortung von Erdwärmesonden im Plangebiet

Unter Beachtung einzuhaltender Abstände für die Bohrungen ergibt sich für die in Abbildung 11 dargestellten Flächen eine Gesamtzahl von 203 möglichen Bohrungen. Dadurch errechnet sich ein theoretisches geothermisches Potenzial von insgesamt 1.873 MWh im Jahr.

In Abbildung 12 ist die maximale Belegung der Potenzialflächen mit Erdwärmesonden dargestellt. Die Grünfläche im südlichen Bereich wurde in dieser Betrachtung nicht weiter berücksichtigt, da diese lediglich als optionale Zusatzfläche vorgesehen wird.

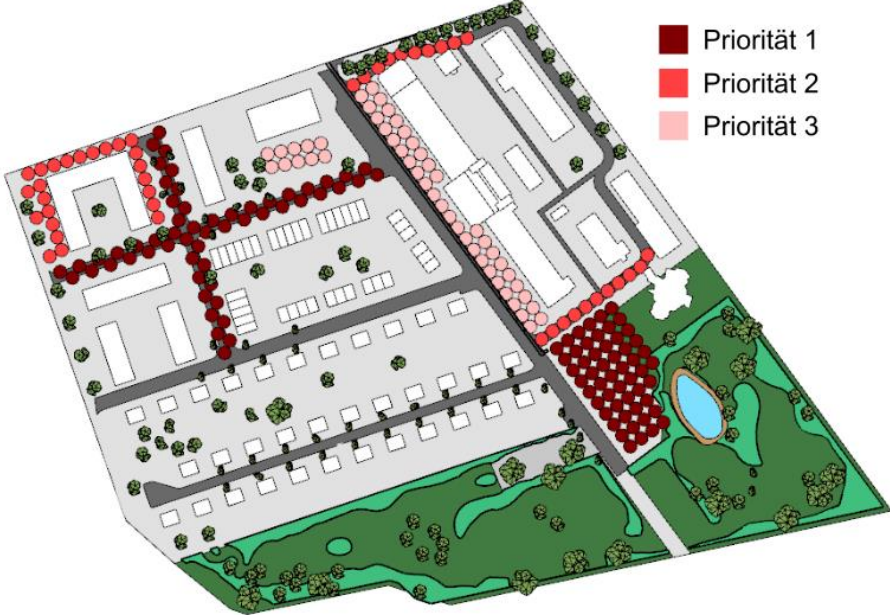


Abbildung 12 Belegung der Potenzialflächen mit Erdwärmesonden (theoretisches Potenzial)

## 4.4 Feste Biomasse

In diesem Kapitel werden Potenziale der biogenen Festbrennstoffe betrachtet. Entsprechend den unterschiedlichen Eigenschaften wird zwischen halmgutartigen, holzartigen und sonstigen Brennstoffen unterschieden (siehe Abbildung 13).

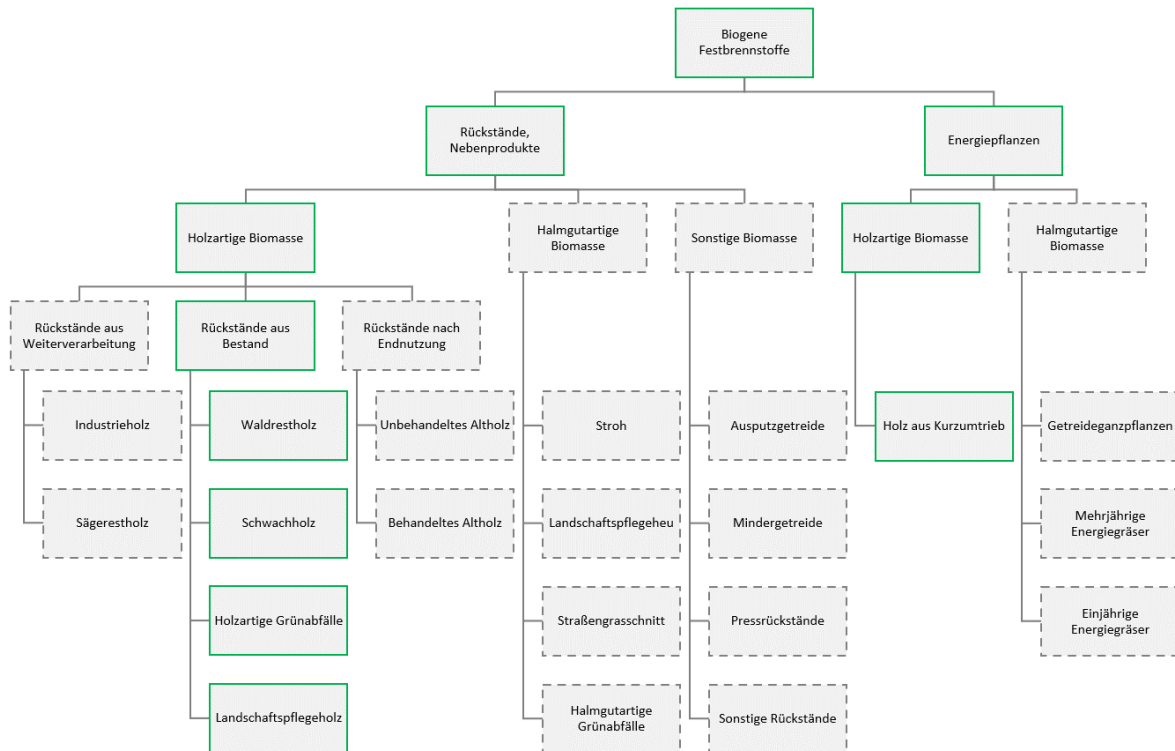


Abbildung 13 Formen biogener Festbrennstoffe in Deutschland<sup>12</sup>, grün markiert die betrachteten Bereitstellungswege für das Plangebiet

### Regionale Waldbestände

Im Rahmen einer Potenzialkalkulation zur Energieholzproduktion aus den Waldgebieten im Gemeindegebiet Borsdorf ergeben sich folgende Erkenntnisse. Die Gesamtwaldfläche innerhalb des Gemeindegebietes beträgt ca. 33 ha. Weitere 1169 ha großflächiger Waldbestände befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Gemeindegebiet. Schätzungsweise 95 % dieser Waldbestände befindet sich in privatem Besitz weswegen der Bezug von Holz aus diesen Quellen vermutlich schwer zu realisieren ist. Von einer detaillierteren Betrachtung dieser Energiequelle wird daher abgesehen. Abbildung 14 zeigt die Waldbestände im Gemeindegebiet und weitere großflächige Waldflächen in der unmittelbaren Umgebung.

<sup>12</sup> Bearbeitet nach: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2007), S. 15.

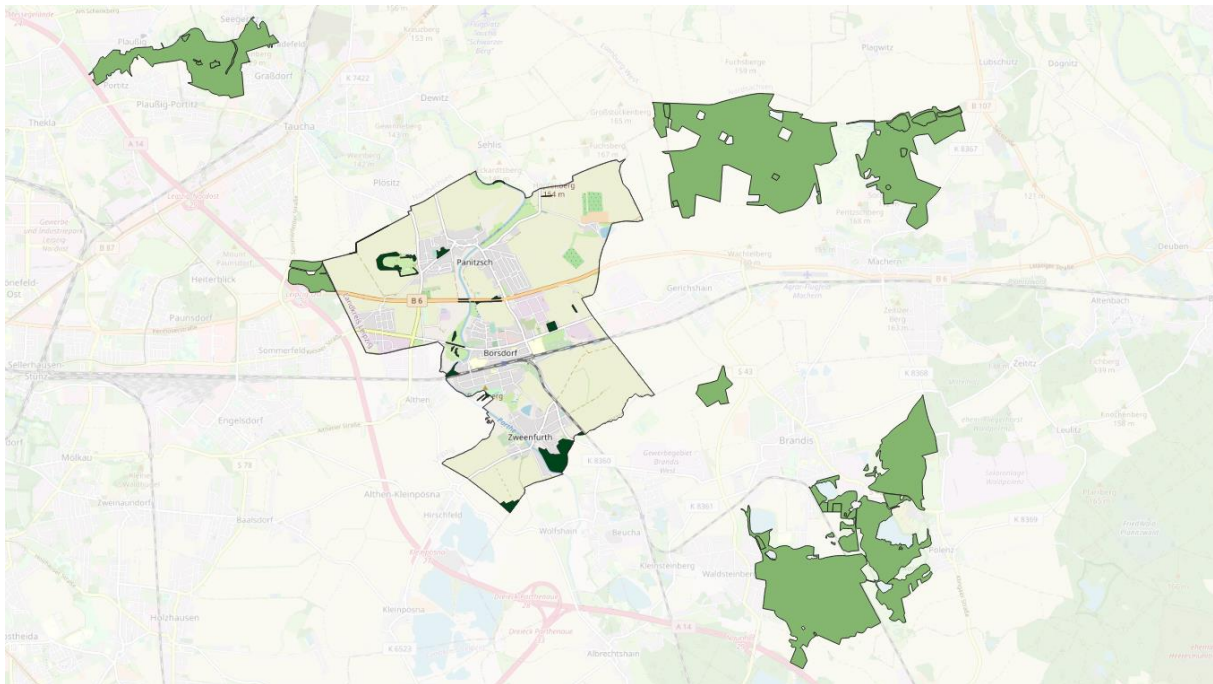


Abbildung 14 Waldgebiete innerhalb des Gemeindegebiet Borsdorf und in unmittelbarer Umgebung

## Regionaler Grünverschnitt

Die Feuerung von Grünschnitt kann einen Beitrag zur nachhaltigen Wärmeversorgung von Quartieren leisten. Für die Abschätzung des Potenzials dieser Energiequelle sind Informationen zur Art und Menge des Grünschnitts entscheidend. Die Kell GmbH verwaltet die Grünschnittsammelstellen des gesamten Landkreises Leipzig. Im Bearbeitungszeitraum dieses Konzeptes konnten keine relevanten Informationen für die Potenzialeinschätzung von Grünschnitt zur Wärmeversorgung des Plangebietes eingeholt werden. Daher wird von einer weiteren Betrachtung abgesehen.

## Überregionale feste Biomasse

Der Bezug fester Biomasse in Form von Holzpellets ist durch überregionale Lieferungen grundsätzlich möglich. Die Lieferung erfolgt in regelmäßigen Abständen mit fest vereinbarten Liefermengen. Für die Speicherung von Pellets sind Lagerräume mit entsprechender Belüftung und Auffangbehältern notwendig. Die Art der Lieferung hängt von der jeweiligen Lage vor Ort ab und Bedarf einer detaillierten Prüfung möglicher Lieferangebote.



## 4.5 Fernwärme

Großteil der leitungsgebundenen Wärmeenergie wird in der Gemeinde durch Erdgas bereitgestellt. Es gibt eine geringe Anzahl an Wärmenetzen im Landkreis. Diese sind jedoch nicht im näheren Umfeld, so dass hier von keinem Potenzial ausgegangen werden kann.

## 4.6 Bewertung der Potenziale

Analog zum Variantenvergleich sollen hier die Potenziale kurz gegenübergestellt und zusammengefasst werden. Mögliche Inhalte:

- Deckungsgrade
- Restriktionen im Vergleich theoretisches / technisches / wirtschaftliches Potenzial

## 5 Versorgungsvarianten

Auf Grundlage der Potenzialanalyse werden nachfolgend mögliche Versorgungsvarianten für Strom und Wärme im Plangebiet dargestellt. Die unterschiedlichen Varianten wurden in ihrer technischen Umsetzbarkeit, ihren wirtschaftlichen Kennwerten und unter ökologischen Aspekten (stellvertretend durch freigesetzte CO<sub>2</sub>-Emissionen) beurteilt.

### 5.1 Wärmeversorgung

Zur Beurteilung der Energieversorgungsmöglichkeiten für die Wärmebereitstellung wurden diverse zentrale und dezentrale Versorgungssysteme für die Teilgebiete im Plangebiet (siehe Abbildung 15) gegenübergestellt und die Auswirkungen dieser Systeme hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Emissionen miteinander verglichen.

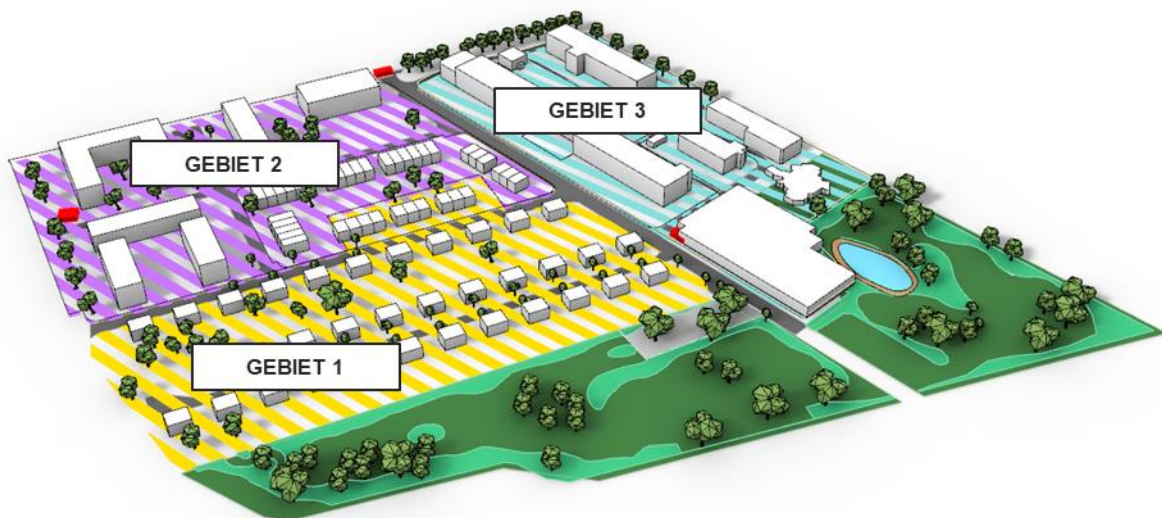


Abbildung 15 Darstellung der untersuchten Teilgebiete 1,2 und 3 im Plangebiet

Die folgenden Abbildungen und Beschreibungen geben einen Überblick über die betrachteten Energiesysteme.

## Teilgebiet 1

Im Teilgebiet 1 (TG1) ist aufgrund der ausschließlich geplanten Einfamilien- bzw. Doppelhäuser als Neubauten eine eigene zentrale Wärmeversorgung nicht vorgesehen. Diese werden jedoch im Rahmen einer zentralen Gesamtlösung betrachtet (vgl. Teilgebiete 1,2 & 3). Als Referenz zu den untersuchten zentralen Energiesystemen werden drei klassische Einzelversorgungsvarianten (EV) untersucht:

- TG1\_EV1\_EFH: L/W-WP mit PV
- TG1\_EV2\_EFH: S/W-WP mit PV
- TG1\_EV3\_EFH: S/W-WP und ST mit PV

## Teilgebiet 2

Im Teilgebiet 2 (TG2) wird eine zentrale Wärmeversorgung über ein Nahwärmenetz untersucht. Die Versorgung erfolgt über eine Heizzentrale im Westen des Plangebietes. Da zum aktuellen Stand eine Anbindung der öffentlichen KiTa im Norden sowie des Wohnheims (WH) im Nordwesten des Teilgebietes nicht abschließend geklärt ist, wird neben der zentralen Lösung auch eine dezentrale Einzelversorgung der benannten Gebäude vorgenommen.



Abbildung 16 Lageplan Teilgebiet 2 mit Trassierung Nahwärmenetz

Für das untersuchte Nahwärmenetz bei einer Gesamtversorgung aller Gebäude werden folgende Angaben als Planungsgrundlage herangezogen:

- Leitungslänge: Hauptleitung: 430 Tm; Anschlussleitung: 230 Tm
- Leitungsdurchmesser: Hauptleitung: max. DN80; Anschlussleitung: DN32

Daraus ergeben sich, entsprechend der Einzelversorgung der EFH, folgende Versorgungsszenarien für die KiTa und das Wohnheim:

- TG2\_EV1\_KiTa/WH: L/W-WP mit PV
- TG2\_EV2\_KiTa/WH: S/W-WP mit PV
- TG2\_EV3\_KiTa/WH: S/W-WP und ST mit PV

Für die zentrale Wärmeversorgung über das Nahwärmenetz mit einer Vorlauftemperatur von 45 °C werden für die dargestellte Gesamtversorgung aller Gebäude nach Abbildung 16 sowie einer alternativen zentralen Wärmeversorgung der Wohngebäude ohne KiTa und Wohnheim folgende Quartiersversorgungsszenarien (QV) untersucht:

- TG2\_QV1: L/W-WP mit PV
- TG2\_QV2: S/W-WP mit PV
- TG2\_QV3: S/W-WP und L/W-WP mit PV

Hinweis: Solare Wärme findet, aufgrund der fehlenden potenziellen Flächen, in der zentralen Wärmeversorgung durch ST-Anlage keine Anwendung. Ein Contracting-Modell mittels Dachpacht der naheliegenden Gebäude wird nicht verfolgt.

### Teilgebiet 3

Im Teilgebiet 3 (TG3) wird eine zentrale Wärmeversorgung aller Bestandsgebäude über ein Nahwärmenetz untersucht. Die Versorgung erfolgt über eine Heizzentrale im Parkdeck des Plangebietes. Da eine Versorgung über einen Erdgas-Spitzenlasterzeuger bei dem untersuchten Wärmenetz bei einer Vorlauftemperatur im Wärmenetz von ca. 60 °C nicht ausgeschlossen wird, wird neben der Trassierung des Nahwärmenetzes auch die Anschlussleitung des Erdgasleitung mit dargestellt.

Für das untersuchte Nahwärmenetz werden folgende Angaben als Planungsgrundlage herangezogen:

- Leitungslänge: Hauptleitung: 260 Tm; Anschlussleitung: 105 Tm
- Leitungsdurchmesser: Hauptleitung: max. DN80; Anschlussleitung: DN32



Abbildung 17 Lageplan Teilgebiet 3 mit Trassierung Erdgasanschluss sowie Nahwärmenetz

Für die zentrale Wärmeversorgung über das Nahwärmenetz werden für die dargestellte Gesamtversorgung aller Gebäude folgende QV untersucht und eine konventionelle Versorgung (Referenzszenario nach Fördermodul BEW) über einen Erdgas-Kessel mit ST gegenübergestellt:

- TG3\_QV0: Erdgas-Kessel und ST
- TG3\_QV1: LW-WP und Erdgas-Kessel mit PV
- TG3\_QV2: SW-WP und Erdgas-Kessel mit PV
- TG3\_QV3: SW-WP, ST und Erdgas-Kessel mit PV
- TG3\_QV4: SW-WP, ST mit PV
- TG3\_QV5: SW-WP, L/W-WP, ST und Erdgas-Kessel mit PV
- TG3\_QV6: Erdgas-BHKW, S/W-WP, L/W-WP & ST mit PV

Hinweis: Als eine alternative wird zudem eine Gegenüberstellung der Wärmebereitstellung durch den Energieträger Holzpellets untersucht und dem Energieträger Erdgas gegenübergestellt.

## Teilgebiete 1,2 und 3

Abschließend wird durch Zusammenschluss der einzelnen Nahwärmenetze in TG2 und TG3 eine Versorgung der beiden TG über ein gemeinsamen Nahwärmenetz untersucht. Mit der Anbindung der EFH im TG1 erfolgt in der letzten Ausbaustufe des Nahwärmenetzes eine zentrale Gesamtversorgung aller Gebäude im Quartier.

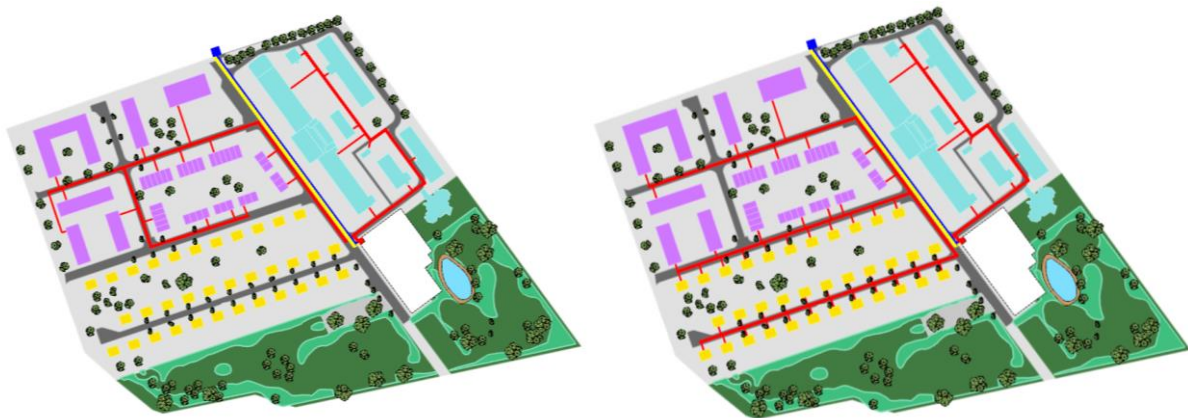


Abbildung 18 Lageplan Teilgebiet 1,2 und 3 mit Trassierung Nahwärmenetz für Teilgebiet 2 und 3 (links) und Gesamtgebiet (rechts)

Für das untersuchte Nahwärmenetz werden folgende Angaben als Planungsgrundlage für die Nahwärmelösung im Gesamtgebiet herangezogen:

- Leitungslänge: Hauptleitung: 1060 Tm; Anschlussleitung: 605 Tm
- Leitungsdurchmesser:
  - Hauptleitung Gebiet 3: max. DN125-140;
  - Hauptleitung Gebiet 1,2: max. DN80-100
  - Anschlussleitung: DN24-32

Für die zentrale Wärmeversorgung über das Nahwärmenetz werden für die dargestellten zwei Szenarien folgende QV untersucht:

- TG1,2,3\_QV1: SW-WP, ST und Erdgas-Kessel mit PV
- TG1,2,3\_QV2: SW-WP, L/W-WP, ST und Erdgas-Kessel mit PV
- TG1,2,3\_QV3: Erdgas-BHKW, S/W-WP, ST mit PV

## 5.1.1 Energiebilanz

Nachfolgenden Abbildungen zeigen die Energiebilanz der beschriebenen Versorgungsvarianten für die Wärmebereitstellung nach Einzel- und Quartiersversorgung.

Die Darstellung der Energieerzeuger richtet sich jeweils nach der Priorität der Wärmeerzeuger. Als Beispiel hat die Nutzung der solaren Wärme über die ST-Anlage gegenüber der S/W- bzw. L/W-Wärmepumpe und anschließend dem Spitzenlastkessel den Vorrang und wird im unteren Bereich ausgegeben.

In der **Einzelversorgung** nach Abbildung 19 wird durch einen elektrischen Erzeuger die Nacherhitzung des Warmwassers mit einem Deckungsanteil von 12 %. Die übrigen 88 % werden in den verschiedenen Varianten durch die L/W-WP bzw. S/W-WP bereitgestellt. Am Beispiel der Einzelversorgung eines EFH nach Szenario „TG1\_EV3\_EFH“ wird ergänzend durch eine ST-Anlage ein Deckungsanteil von 26 % erreicht.

Am Beispiel der untersuchten **Quartiersversorgung** im Teilgebiet 3 wird nach Szenario TG3\_QV6 durch das BHKW mit 21 % am Deckungsgrad, der gesetzlich zulässige Anteil ausgereizt. So erfolgt wiederum in den Szenarien mit dem Erdgas-Kessel eine maximale Wärmebereitstellung von 10 %. Die Solarthermie orientiert sich aus wirtschaftlichen Aspekten an einem Deckungsgrad von 15 %. Die restliche Wärmemenge wird durch die Wärmepumpen bereitgestellt. In den kombinierten Varianten der L/W-WP und S/W-WP mit Erdsonden wird die Außenluft mittels L/W-WP im Sommer maximal genutzt und bei sinkendem COP der L/W-WP in den Übergangs- und Winterzeiten auf die S/W-WP regelt (siehe Abbildung 20).

In dem Referenzszenario, bei der Einzelversorgung mit EV0 und bei der Quartiersversorgung mit QV0 bezeichnet, mit einem Deckungsgrad von 85 % durch einen Erdgas-Kessel und 15 % durch eine ST-Anlage gedeckt.

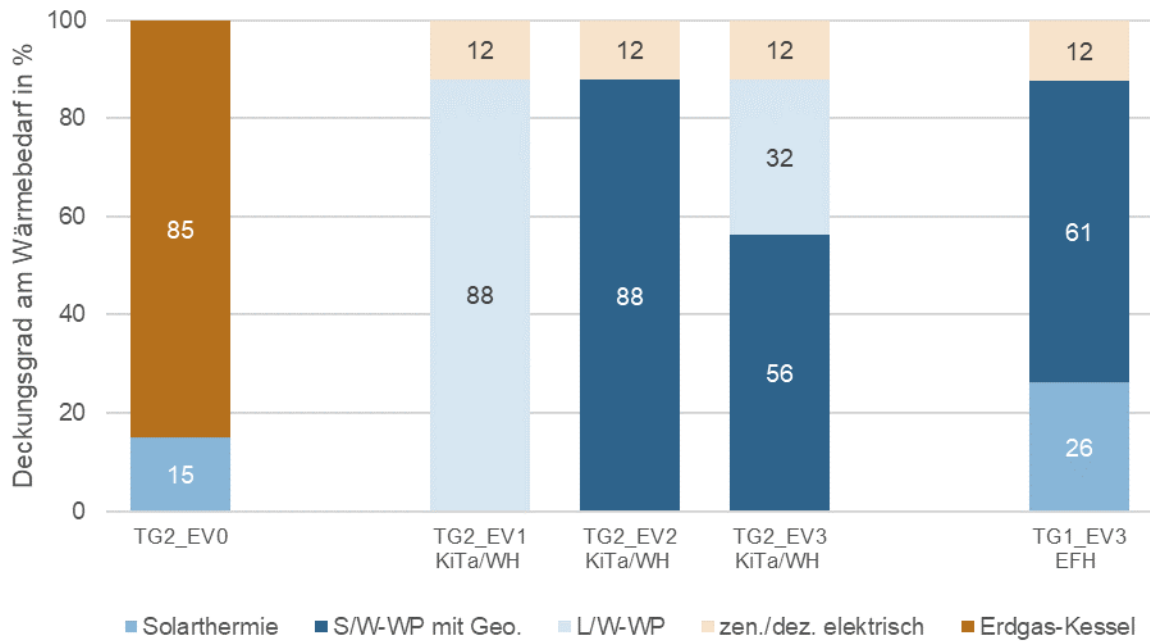


Abbildung 19 Deckungsgrad an der Wärmebereitstellung nach Wärmeerzeuger der Einzelversorgungsvarianten

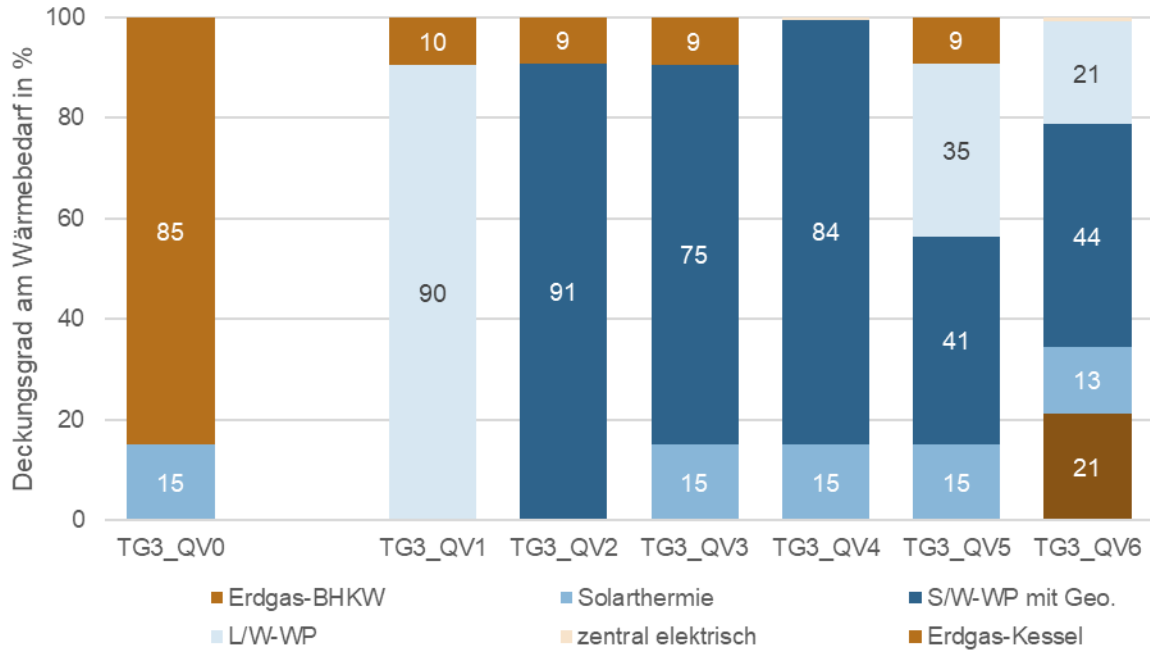


Abbildung 20 Deckungsgrad an der Wärmebereitstellung nach Wärmeerzeuger der Quartiersversorgungsvarianten



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

Damit die Vergleichbarkeit der freigesetzten CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen der Einzelversorgung und der Quartiersversorgung mit einem deutlich höheren Energieeinsatz gewährleisten zu können, wird die CO<sub>2</sub>-Bilanz der nachfolgend dargestellten Versorgungsszenarien als spez. Emissionen in kg/kWh dargestellt.

Abbildung 21 verdeutlicht, dass die Wärmebereitstellung aus dem bestehenden Erdgasnetz mit 200 kg/MWh um bis zu 2-mal höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht als die vorgestellten Einzelversorgungsszenarien mit Wärmepumpen. Die geringsten Emissionswerte werden mit einem Wert von 106 kg/MWh mittels S/W-WP mit Erdsonden erreicht und liegen um rund 33 % unter den Emissionen der L/W-WP. Durch Einbindung einer ST-Anlage werden die Emissionen um weitere 28 kg/MWh auf 80 kg/MWh reduziert.

Durch Netzverluste zeigen sich in der Quartiersversorgung nach dem Referenzszenario QV0 geringfügig höhere Emissionswerte mit 220 kg/MWh gegenüber der Einzelversorgung. Die Substitution von Erdgas durch Biomasse führt zu einer Reduktion der freigesetzten Emissionen um einen Faktor 10. Durch die KWK-Stromgutschrift liegt der Wert in dem Versorgungsszenario „TG3\_QV6“ mit 100 kg/MWh unter den Emissionswerten der Wärmepumpen-Szenarien mit Graustrom.

Hinweis: Durch die Umstellung auf Grünstrom werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen um einen Faktor von 30 gegenüber dem konventionellen Bezug von grauem Strom (Strommix) reduziert. So können am Beispiel der S/W-WP mit ST-Anlage die freigesetzten Emissionen auf weniger als 3 kg/MWh reduziert und damit eine bereits heute klimaneutrale Wärmeversorgung sichergestellt werden.

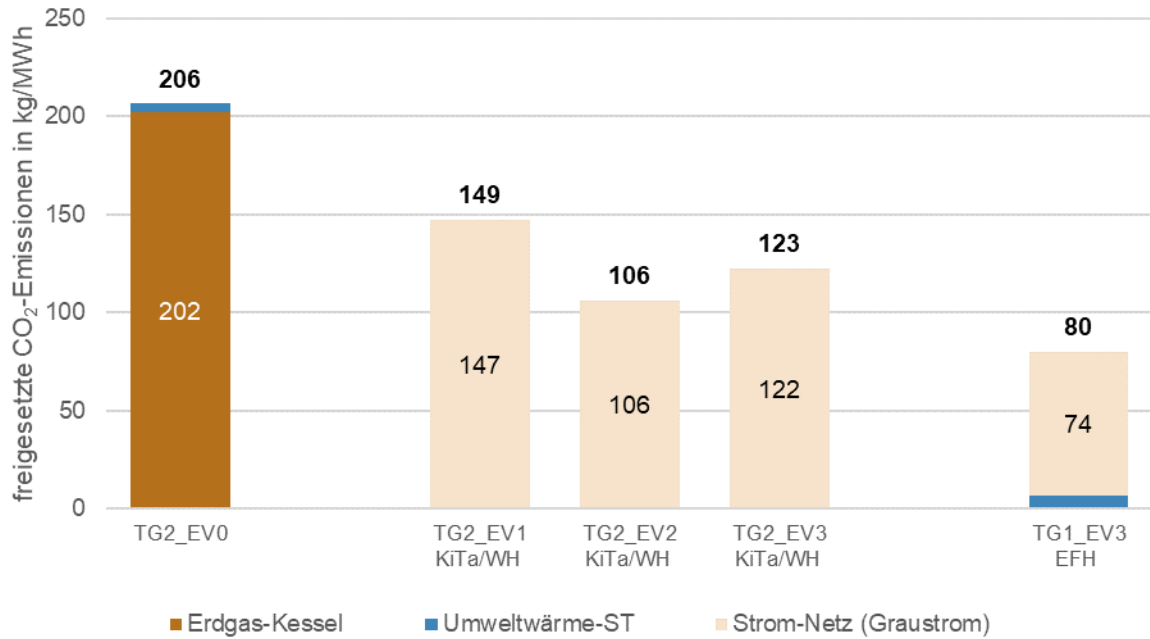


Abbildung 21 freigesetzte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Herkunft der Einzelversorgungsvarianten

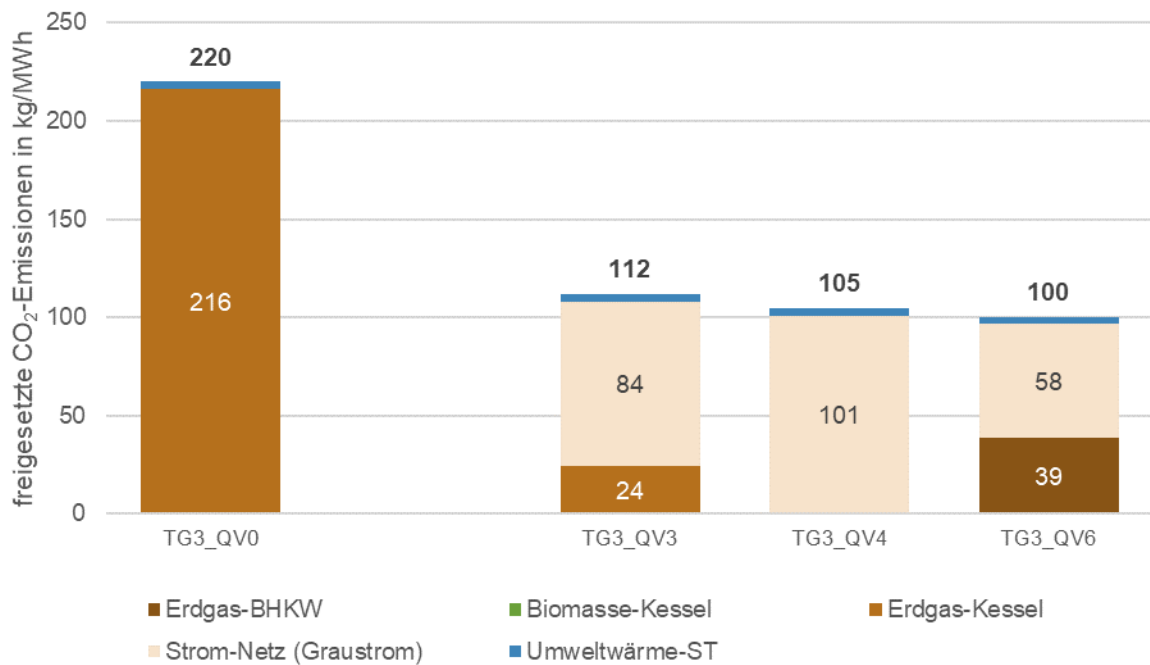


Abbildung 22 freigesetzte CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Herkunft der Quartiersversorgungsvarianten

### 5.1.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit der Versorgungsvarianten erfolgt die Berechnung und Beurteilung der Fernwärmeversorgung anhand der Annuitätenmethode nach VDI 2067 und unterliegt den kapital-, bedarfs-, betriebsgebundenen Kosten sowie sonstigen Kosten.

Die Investitionskosten bzw. kapitalgebundenen Kosten des Versorgungssystems bestehen aus den Kosten des residualen Wärmeerzeugers, mit dessen Zubehör und Einbindung in das Wärmesystem sowie der Hauptkomponente zur Wärmebereitstellung. Die spezifischen Kosten für die Hausanschlussstation (HAST) variieren abhängig von der Anschlussleistung der jeweiligen Abnehmer und werden nach den spezifischen Kosten ermittelt. Die Trassierung des Wärmenetzes gibt Aufschluss über den Kostenaufwand für die Verlegung der Rohrleitung. Abhängig von der Beschaffenheit des Terrains (Grundfläche, Asphalt, Straßenbelag) variieren die Kosten für Aushub, Straßenaufriß und Wiederherstellung des Ausgangszustands.

Die Kosten für die Steuerungs- und Regelungstechnik, Elektrik (EMSR-Technik) sowie für die hydraulische Einbindung und Druckhaltung belaufen sich jeweils auf rund 20 % der Investitionskosten. Die Investitionskosten werden zudem um weitere Kosten für die Planung und Baugenehmigung um 20 % ergänzt. Die jährlichen Kosten nach Annuität werden über die Nutzungsdauer nach VDI 2067 sowie einen kalkulatorischen Zinssatz von 3,0 % ermittelt.

Die Investition in das Nahwärmeversorgungssystem wird durch diverse Förderprogramme gestützt. Hier ist vor allem die bundesweite Netzförderung nach Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) oder durch das BEW der BAFA zu nennen. Die allgemeine Förderhöhe entspricht in der Regel ca. 35-40 % der Investitionskosten. Weitere Details zu den Förderprogrammen können Kapitel 7.1 entnommen werden.

Unter die bedarfsgebundenen Kosten fallen alle mengenabhängigen Faktoren, die bei der Lieferung von Wärme oder beim Bezug von fossilen Energieträgern anfallen. Den Energiekosten wird eine jährliche Preissteigerung entsprechend beigefügter Anlage zugrunde gelegt.

Die betriebsgebundenen Kosten für die Instandhaltung und Wartung sowie sonstige Kosten für die Versicherung der Erzeugungsanlagen werden nach den Richtwerten der VDI 2067 prozentual zu den Investitionskosten veranschlagt. Die Kosten für die Bedienung der Anlagen ergibt sich wiederum aus Erfahrungswerten, bezogen auf den jährlichen Aufwand und einem branchenüblichen Stundensatz. Für die Betriebskosten wird eine jährliche Preissteigerung in Höhe von 3,0 % angesetzt.

Weitere Informationen sind der entsprechenden Anlage beigefügt.

## Investitionskosten

Die Investitionskosten sind die Ausgaben zur Beschaffung der technischen Anlagen. Darin enthalten sind Montagekosten, Kosten für Planung und Umsetzung sowie die Berücksichtigung von Kapitaleinsparungen durch die Verwendung von Fördermitteln.

Nachfolgend werden für die wesentlichen Quartiersversorgungsvarianten die absoluten Erstinvestitionskosten und die fördermittelbereinigten Investitionskosten dargestellt. In den Quartiersversorgungsvarianten QV1 bis QV3 im Teilgebiet liegen die Investitionskosten zwischen 1,4 - 2,3 Mio. €. Nach Abzug der Förderung reduzieren sich diese auf 0,9 - 1,5 Mio. €. Die deutlich höheren Investitionskosten in QV2 sind im Wesentlichen auf die Erdwärmesonden zurückzuführen. In der Quartiersversorgung für das Teilgebiet 3 liegen die Investitionskosten aufgrund der höheren Anlagenleistung bei einem um die Förderung bereinigten Wert von 1,2 bis 2,2 Mio. €.

Entlang der Ausbaustufen fallen durch Synergien in der gemeinsamen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz nach TG2&3 nur ca. 75 % der Kosten einer getrennten Wärmeversorgung an. Bei einem zusätzlichen Anschluss aller Einfamilienhäuser steigen die Investitionskosten im letzten Ausbauszenario auf 3,7 Mio. €. Der deutliche Kostenanstieg ist neben der zusätzlichen Netzleitung auf die Kosten für die Hausanschlussstationen zurückzuführen.

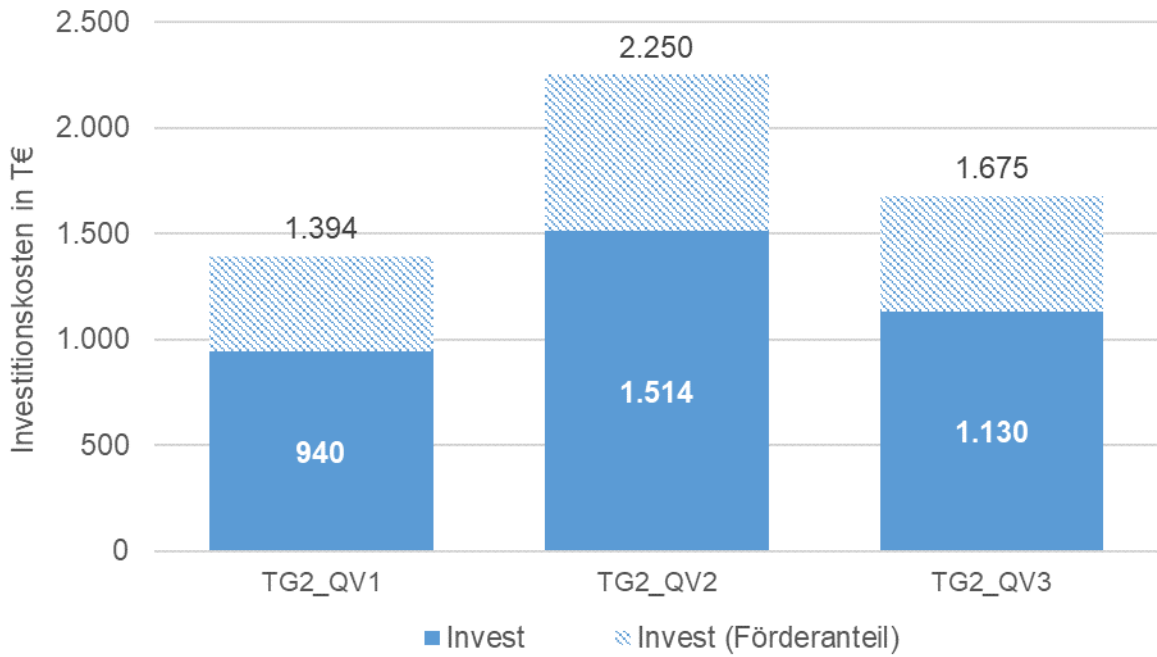


Abbildung 23 Investitionskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 2

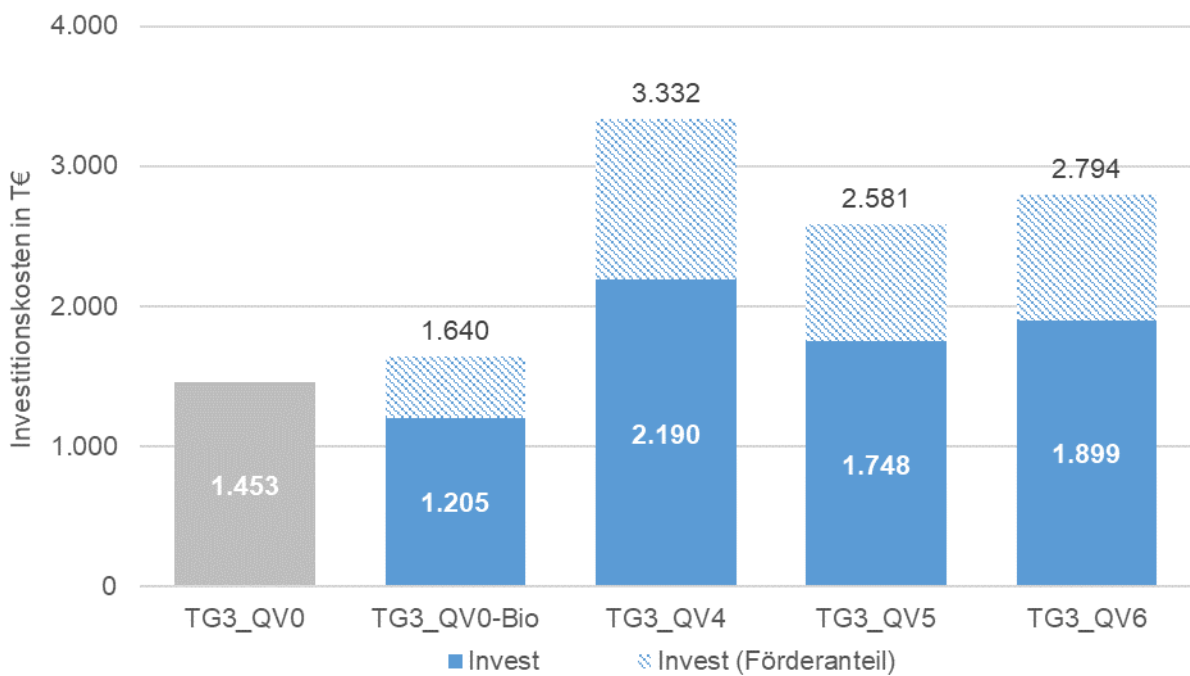


Abbildung 24 Investitionskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 3

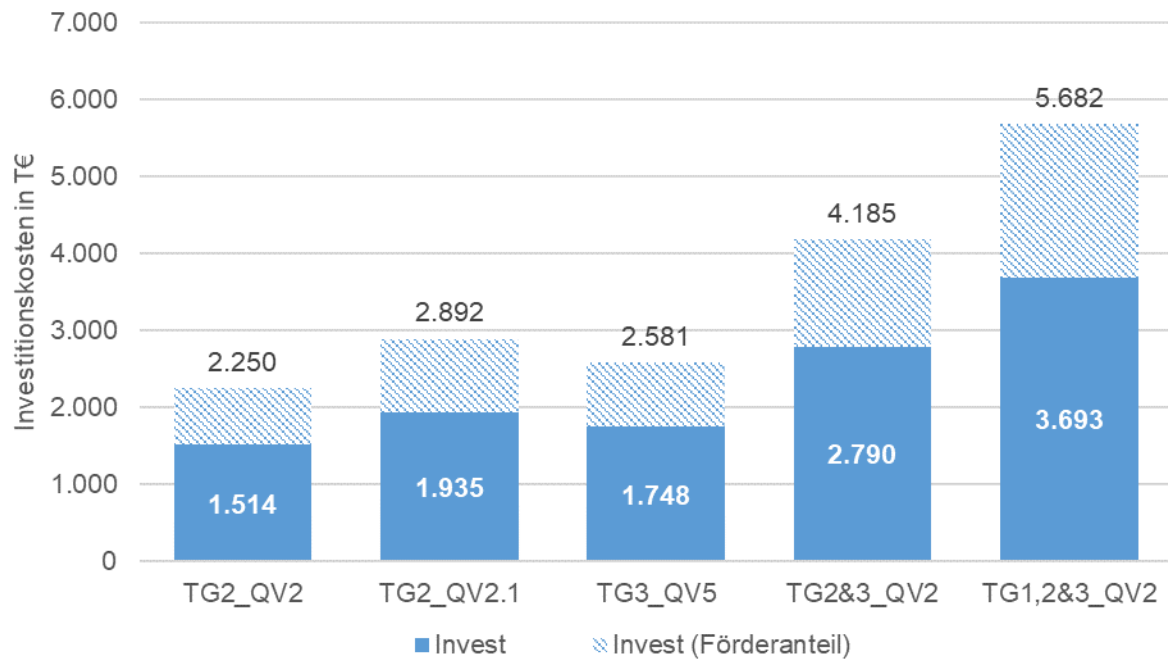


Abbildung 25 Investitionskosten für die Quartiersversorgung in verschiedenen Ausbaustufen

## Annuitäten

Für den wirtschaftlichen Vergleich wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 durchgeführt. Darin enthalten sind die auf die Nutzungsdauer umgelegten fördermittelbereinigten Investitionskosten sowie Reinvestitionen und Restwerte als sogenannte kapitalgebundene Kosten, die Energiebezugskosten als bedarfsgebundene Jahreskosten sowie betriebsgebundene und sonstige Kosten wie Wartung, Versicherung, Pacht etc.

Die jährlichen Kosten liegen in den Quartiersversorgungsvarianten nach Teilgebiet 2 sowie Teilgebiet 3 bei ca. 230 - 280 T€. Entlang der Ausbaustufen nach Abbildung 28 steigen sie auf bis zu 560 T€/a.

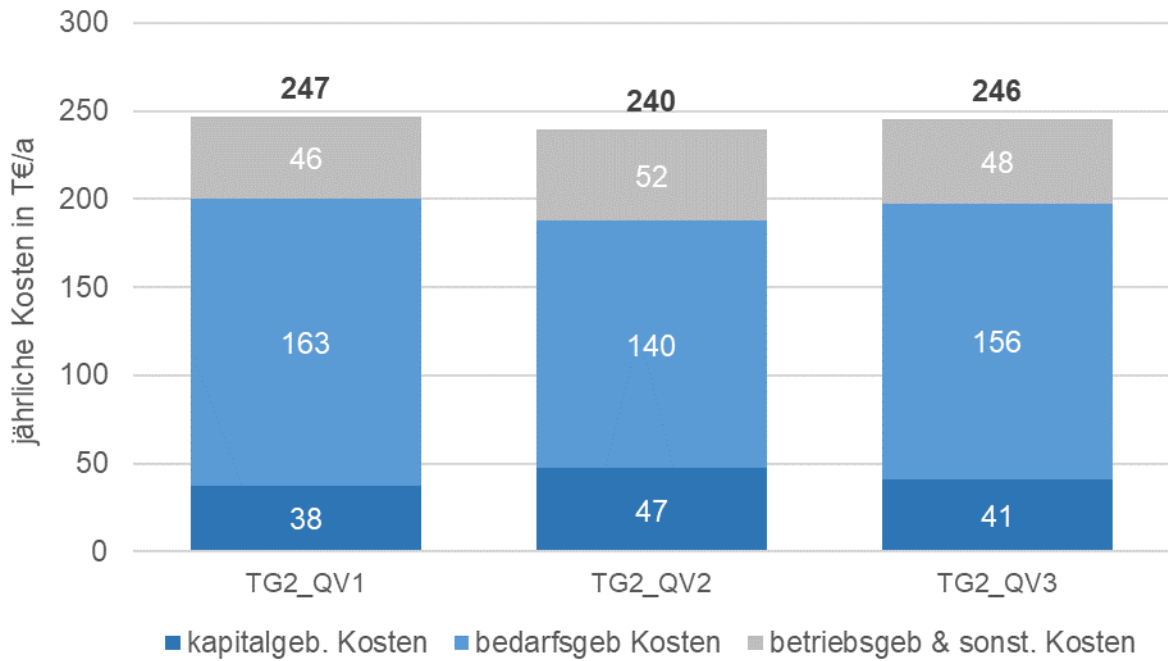


Abbildung 26 laufenden Kosten (Annuität) für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 2

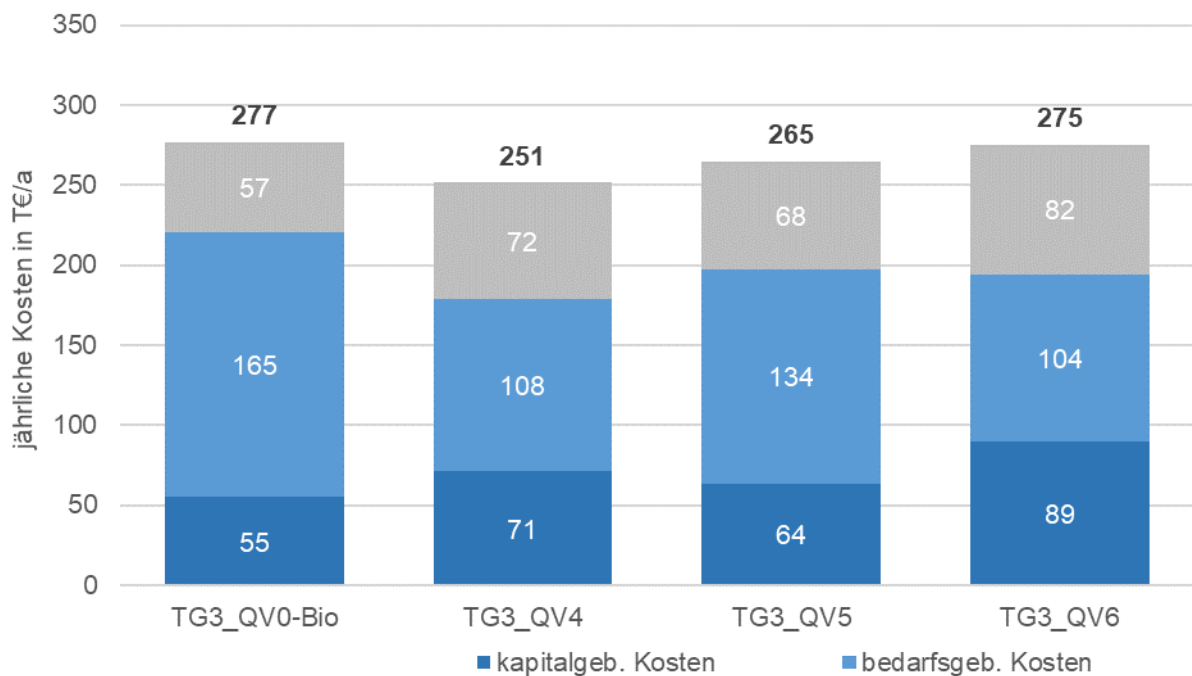


Abbildung 27 laufenden Kosten (Annuität) für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 3

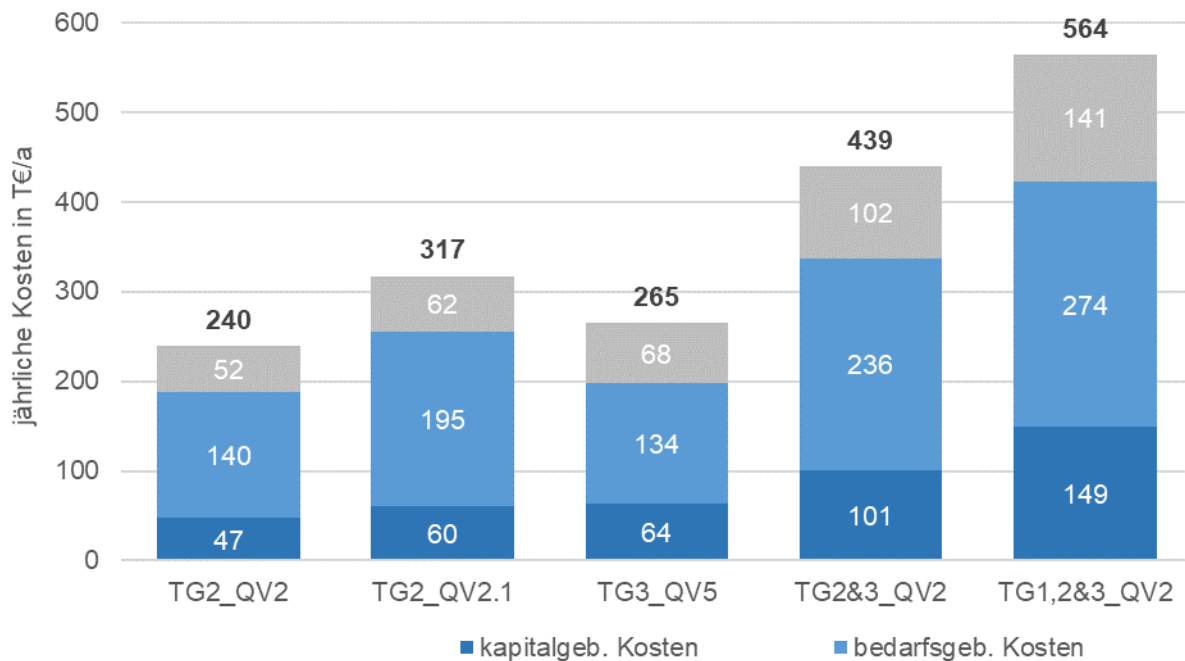


Abbildung 28 laufenden Kosten (Annuität) für die Quartiersversorgung in verschiedenen Ausbaustufen

## Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten (WGK) sind die über die Laufzeit der Heizanlage konstant angenommenen Kosten, die der Nutzer für die Produktion einer Wärmeinheit zahlt (hier € je MWh). Sie errechnen sich aus den Investitionskosten und jährlichen Kosten während der Lebensdauer geteilt durch die abgesetzte Wärmemenge.

Der Vergleich der Wärmegestehungskosten zeigt, dass entlang der Ausbaustufen der zentralen Quartiersversorgung über ein Wärmenetz die Wärmegestehungskosten nach Förderung auf bis zu 240 €/MWh bei gemeinsamer Versorgung der Teilgebiete 2 & 3 gesenkt werden können. Bei einer getrennten Versorgung der Gebiete liegen die Wärmegestehungskosten im Teilgebiet 3 bei 220 €/MWh und im Teilgebiet 2 bei 306 €/MWh. Damit ergeben sich in einer Mischkalkulation Wärmegestehungskosten von ca. 260 €/MWh, die über einer gemeinsamen Netzlösung liegen würden.

Im Vergleich dazu ergeben sich bei den Einzelversorgungsvarianten Wärmegestehungskosten von 480 €/MWh für ein Einfamilienhaus, rund 380 €/MWh für ein Mehrfamilienhaus und 315 €/MWh für die untersuchte Kindertagesstätte.

Die Quartiersversorgung weist somit in allen Szenarien einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber der Einzelversorgungslösung auf.



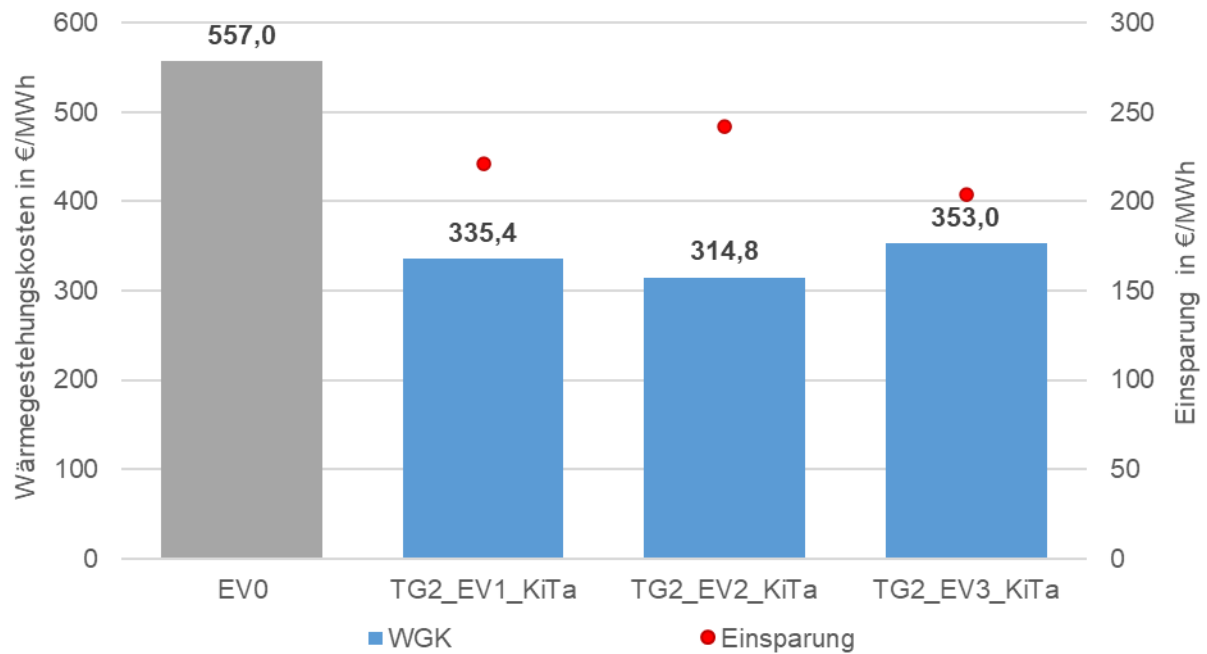


Abbildung 29 Wärmegestehungskosten für die Einzelversorgung der KiTa

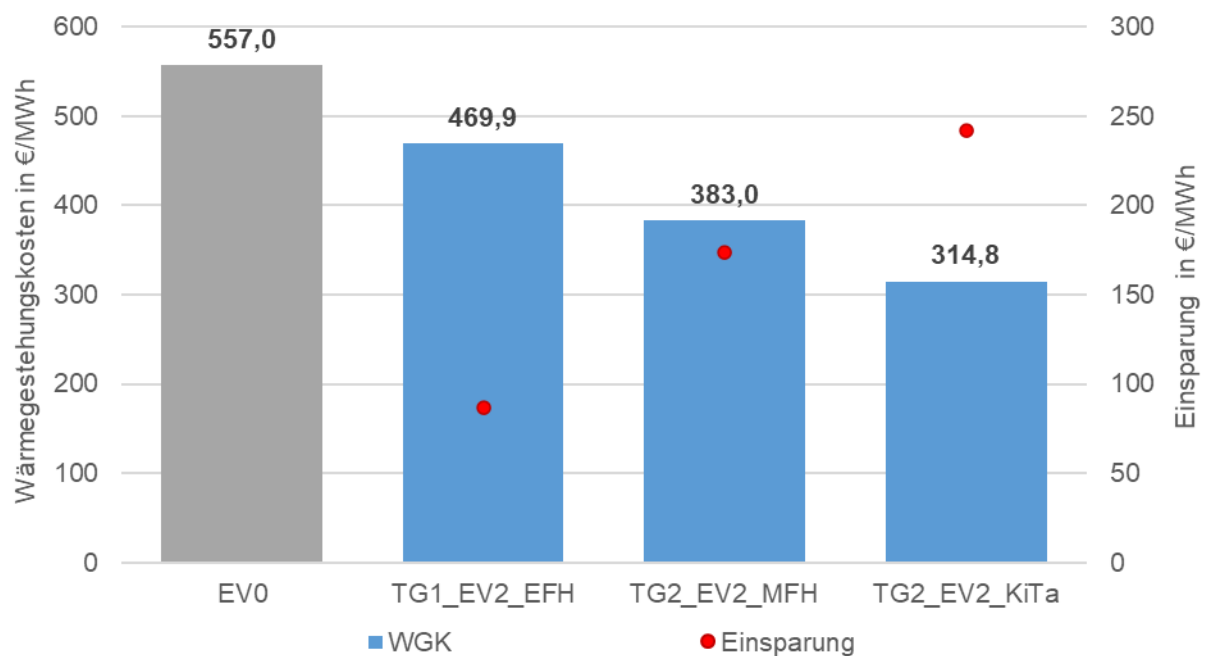


Abbildung 30 Wärmegestehungskosten für die Einzelversorgung TG2 eines EFH, MFH und der KiTa

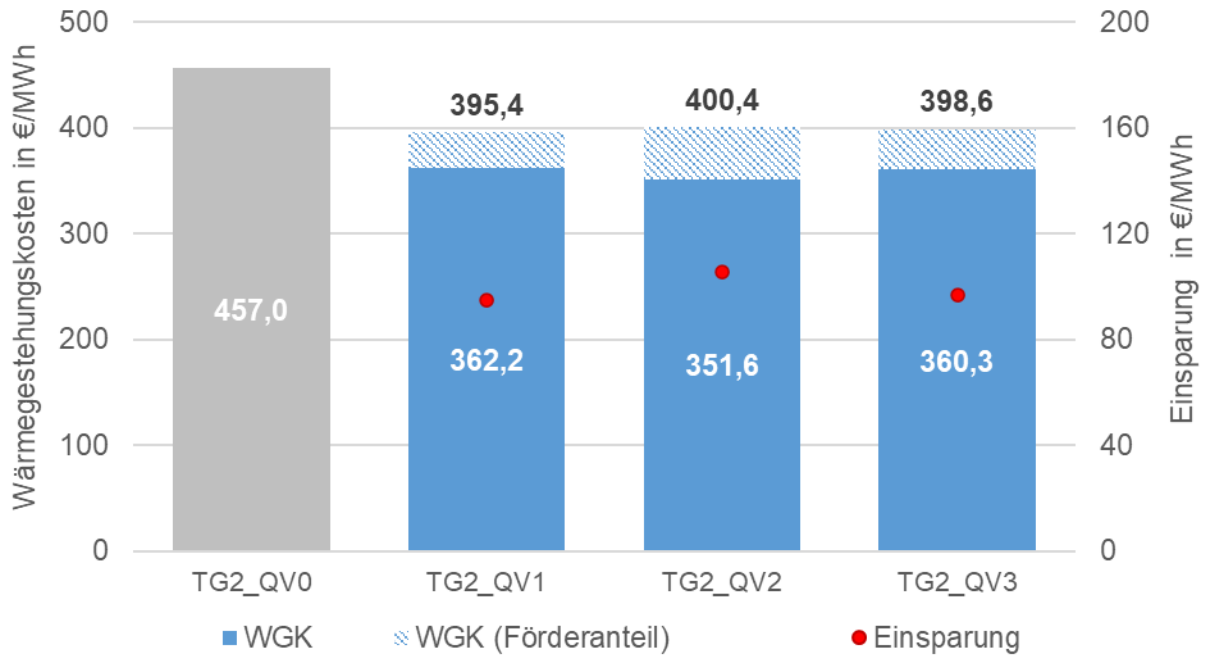


Abbildung 31 Wärmegestehungskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 2

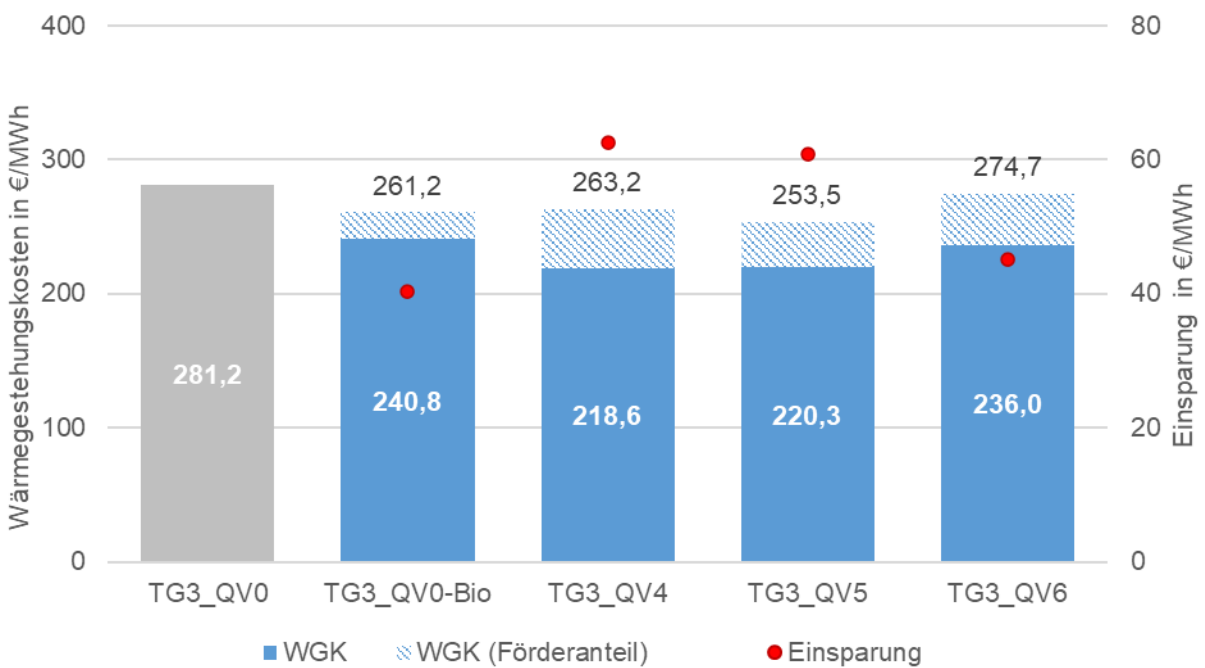


Abbildung 32 Wärmegestehungskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 3

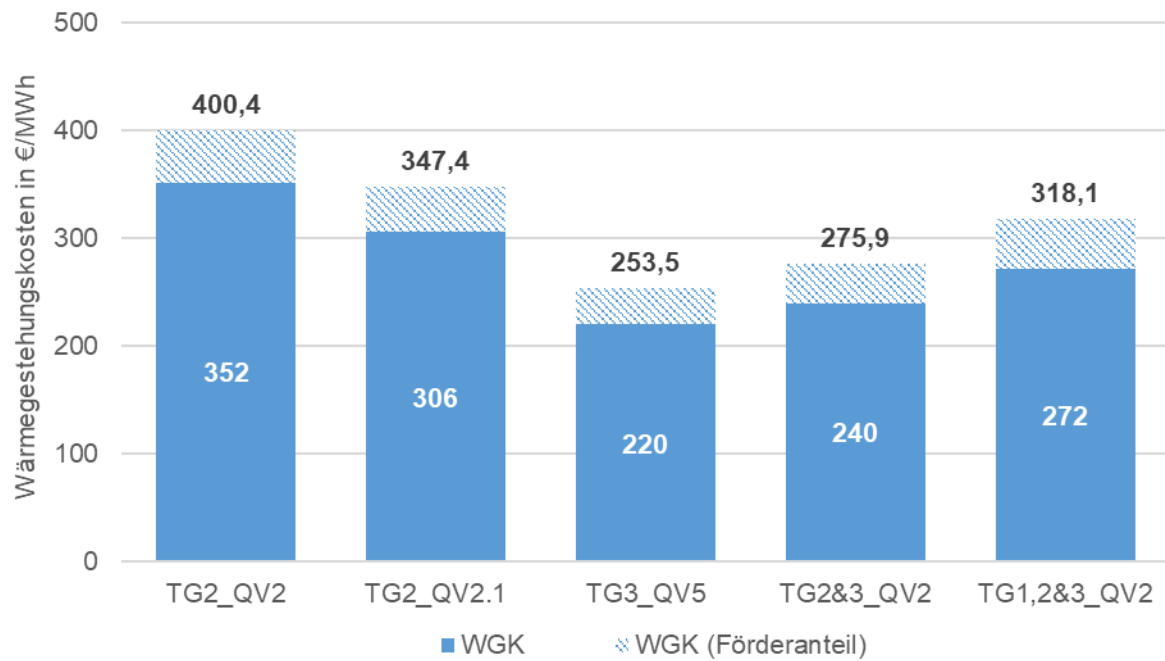


Abbildung 33 Wärmegestehungskosten für die Quartiersversorgung in verschiedenen Ausbaustufen

## 5.2 Stromversorgung

### 5.2.1 PV-Dachanlagen auf Parkdeck

Am Beispiel einer PV-Anlage mit einer Leistung von 100 kWp wird in der Quartiersversorgung TG2&3\_Q2 ein Deckungsgrad von ca. 15 % des Wärmepumpenstroms bei einem Nutzungsgrad von knapp 30 % erreicht. In Kombination mit einem Batteriespeicher erhöht sich der Nutzungsgrad um ca. 8 % auf 38 % bei einem Deckungsgrad von 19 %.

Über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und spezifischen Investitionskosten von ca. 1.230 €/kWp ergeben sich Gestehungskosten des erzeugten PV-Stroms von ca. 11,2 ct/kWh bzw. 12,8 ct/kWh mit Batteriespeicher, die dem Wärmeversorgungssystem zugerechnet werden können. Damit ergeben sich wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem Netzbezug.

### 5.2.2 PV-Dachanlagen auf Wohnblöcken (Mieterstrom)

Als Mieterstrom wird jener Strom bezeichnet, der von einer auf dem Dach oder an der Fassade eines Wohngebäudes installierten PV-Anlage erzeugt und an Letztverbraucher (insbesondere Mieter) in diesem Gebäude geliefert wird (Abbildung 34). Dabei kann der Anlagenbetreiber der Aufdach-PV-Anlage der Vermieter des Hauses sein (z. B. Genossenschaft), aber auch ein spezieller Mieterstrom-Dienstleister.

Von den Mietern nicht verbrauchter Strom kann ins Netz der allgemeinen Stromversorgung eingespeist oder zwischengespeichert werden. Bei Mieterstrommodellen fallen einige Kostenbestandteile im Vergleich zum Strombezug aus dem Netz nicht an (Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgabe). Davon können betroffene Mieter und Vermieter profitieren und die Abhängigkeit vom Strommarkt und den aktuellen Preisschwankungen reduzieren.

Das Potenzial im Mieterstrommodell liegt darin, Mieter unmittelbarer als bisher als Akteure der Energiewende zu beteiligen und den PV-Ausbau in einer umweltschonenden Art und Weise (Mehrfachnutzung von Dächern) voranzutreiben. Die Mieter sind in ihrer Entscheidung für oder gegen Mieterstrom frei. Ausdruck der Vertragsfreiheit ist es auch, dass die an einem Mieterstrommodell beteiligten Parteien bei der Vertragsgestaltung Spielraum haben. Dennoch wird grundsätzlich die wirtschaftliche Teilhabe des Mieters sichergestellt.

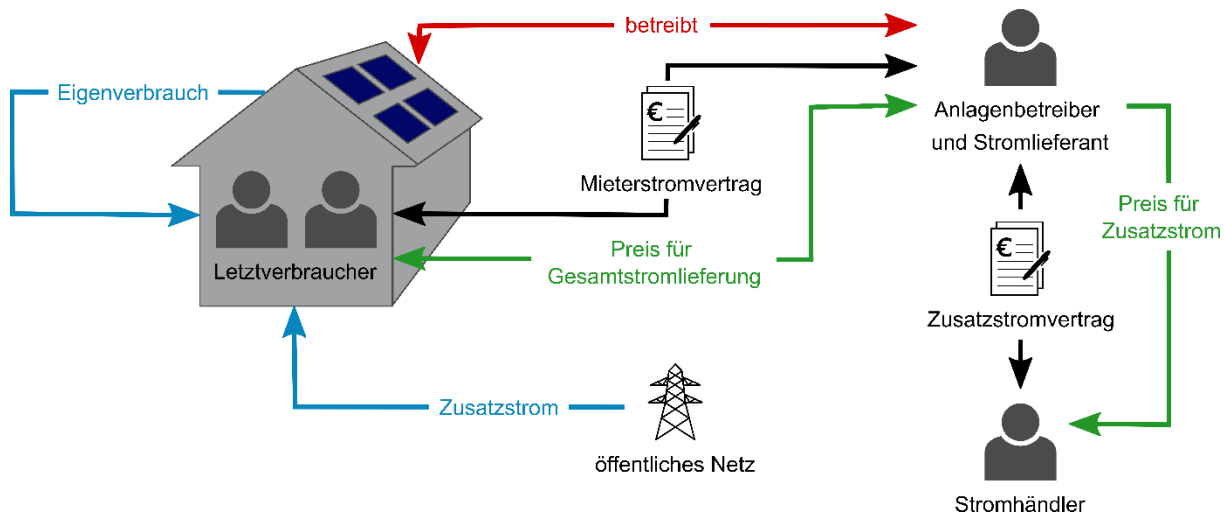


Abbildung 34 Schematische Darstellung der Vertragsbeziehungen im Mieterstrommodell<sup>13</sup>

Zielstellung und Rahmenbedingungen der Förderung von Mieterstrommodellen geben vor, dass ausschließlich Gebäude mit überwiegender Wohnnutzung als potenzielle Objekte in Frage kommen. Bei dem vorliegenden Energiekonzept wird das umfangreiche Potenzial von PV-Anlagen auf Gebäuden mit überwiegender Wohnnutzung herausgestellt (siehe Kapitel 4.1). Mit Hilfe einer exemplarisch durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnung für ausgewählte Objekte wird der Ablauf und die Machbarkeit einer realistischen Umsetzung aufgezeigt. Dieses Kapitel liefert beispielhaft eine übergreifende Bewertung von aktuellen Mieterstrommodellen für PV-Anlagen auf dem Wohnheim im Quartier.

## Potenzialanalyse

Für das Plangebiet wird eine Aufdach-PV-Anlage untersucht. Unter Berücksichtigung von Hindernissen wie Brandschutzwände, Dachfenster, Schornsteine und einer max. Belegung von 85 % der Dachflächen erfolgt eine Auslegung der Anlage auf knapp 138 kW<sub>p</sub>. Die Modulfläche wurde so gewählt, dass sie auf Grundlage der vorliegenden Informationen als realistisch eingeschätzt werden kann. Die PV-Module sind nach Süd ausgerichtet und werden durch eine Unterkonstruktion auf 30° geneigt. Ertragsminderungen aus auftretenden Verschattungen durch umliegende Objekte werden in der Simulation berücksichtigt.

Aus der solaren Potenzialanalyse lassen sich PV-Erträge mit einer bestimmten PV-Leistung ableiten. Die Ertragsprognose der vorausgesetzten PV-Anlage wird für die Anlagenkonfiguration von 100 kW<sub>p</sub> angenommen. Die Ergebnisse zeigen einen spezifischen Jahresertrag von über 1.078 kWh/kW<sub>p</sub>. Die jährliche Stromerzeugung beläuft sich auf ca. 108 MWh.

<sup>13</sup> Nach: Bundesnetzagentur (2023).

Da keine Lastgangdaten des Stromverbrauchs der zukünftigen Mietparteien in der Wohnanlage vorliegen, wird in der Simulation auf Standardlastprofile (SLP) zurückgegriffen. Abweichungen des Eigenverbrauchsanteils vom simulierten Jahreslastgang können daher nicht ausgeschlossen werden.

## Eigenverbrauchsanteil

Nach Energiewirtschaftsgesetz besteht für den Endverbraucher eine freie Wahl des Stromanbieters. Das bedeutet, dass bei einer Bewertung der anschließenden Wirtschaftlichkeit eines Mieterstrommodells insbesondere auf die Anschlussbeteiligung einzugehen ist. Der Eigenverbrauchsanteil sowie der solare Deckungsgrad werden abhängig des Beteiligungsgrades von 50 und 100 % in der Potenzialanalyse betrachtet. Bei einer Auslegung der Anlage auf 100 kW<sub>p</sub> und einer 100 %-igen Beteiligung der Mieter am Mieterstrommodell werden rund 42,2 % des erzeugten PV-Stroms direkt genutzt. Mit abnehmender Beteiligung von 50 % sinkt der Eigenverbrauchsanteil auf 24,6 %.

## Wirtschaftlichkeit

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Mieterstrommodells kann festgehalten werden, dass dessen ökonomische Vorteile überwiegend aus den Erlösen durch die Direktlieferung des erzeugten PV-Stroms an den Mieter (Endverbraucher) erzielt werden und demnach ein möglichst hoher Eigenverbrauchsanteil angestrebt werden sollte.

Dabei darf der Mischpreis nach dem Gesetz zur Förderung von Mieterstrom maximal 90 % des im jeweiligen Netzgebietes geltenden Grundversorgungstarif betragen. Dagegen steigen mit dem höherem Beteiligungsgrad die Kosten für die Messtechnik sowie die Ablesung und das Abrechnungswesen, wodurch der solare Deckungsgrad ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit mit sich bringt.

Der Strombedarf, der nicht durch die PV-Anlage gedeckt werden kann, muss durch den Anlagenbetreiber, der im Mieterstrommodell zum Vollversorger wird, über das öffentliche Netz bezogen werden. Dadurch steigen die Kosten bei einem höheren Beteiligungsgrad aufgrund des geringeren solaren Deckungsgrades und dem damit verbundenen „Stromhandel“ bezüglich des Graustromes aus dem Netz für die Endverbraucher.

Der eingespeiste Strom wird nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütet. Die anzusetzenden Vergütungssätze richten sich nach der installierten Leistung der PV-Anlage und werden mit dieser anteilig verrechnet. Zukünftige Vergütungssätze können zum aktuellen Zeitpunkt nur prognostiziert werden, da sich die fortführende Degression der Vergütung nach der aktuellen Zubaurate der neu installierten PV-Leistungen in Deutschland richtet. Die Degression beträgt zum aktuellen Zeitpunkt 1,4 % monatlich. Ihre Entwicklung wird linear für die darauffolgenden Monate angesetzt.

Der aktuelle Fördersatz für die Einspeisung des überschüssigen PV-Stroms aus Anlagen mit Eigenversorgung ergibt sich aus zwei Stufen.

Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Simulation beider Anlagenkonzepte für das untersuchte Mieterstrommodell mit jeweiligen Beteiligungsraten und ausgewählten Stromkosten für Endkunden werden im kommenden Abschnitt dargestellt. Es wird ersichtlich, dass mit zunehmender Beteiligung die Rentabilität der Investition steigt. In Abbildung 35 werden der Kapitalwert und die interne Verzinsung der einzelnen Varianten dargestellt. Der maximal erzielte Kapitalwert beläuft sich nach aktuellen Stromtarifen (ca. 39 ct/kWh) bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und einer 100 %-igen Beteiligung auf 65 T€. Mit -2 T€ fällt der Kapitalwert bei 50 %-iger Beteiligung bereits negativ aus.

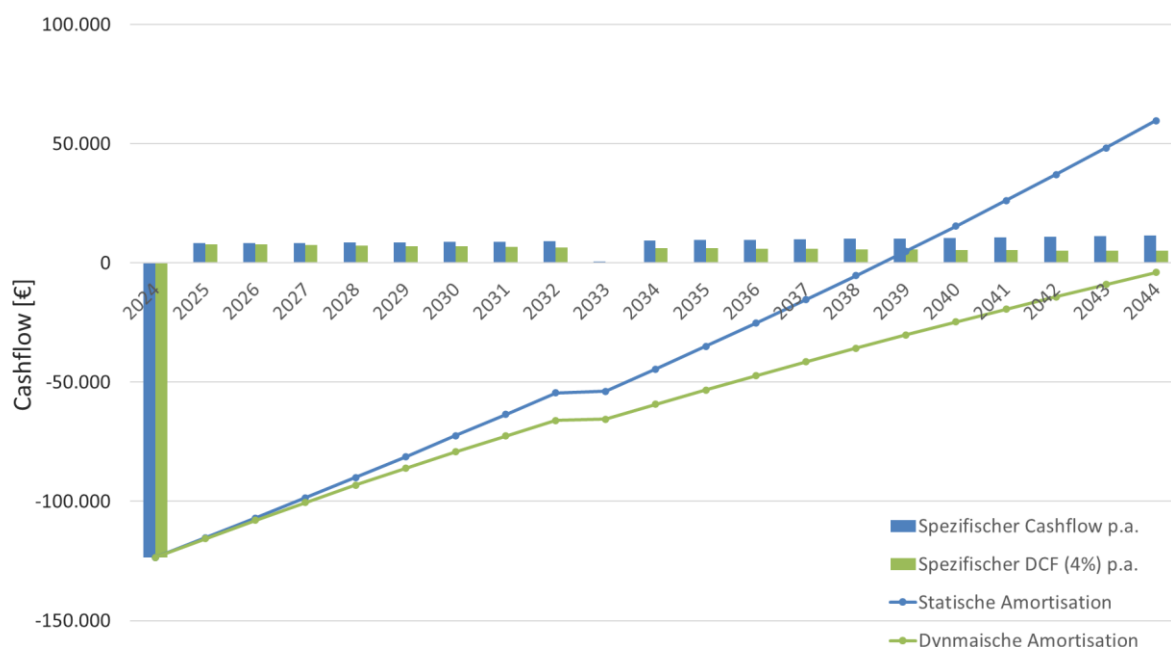


Abbildung 35 statische und dynamische Amortisation bei einer Anschlussbeteiligung von 50 % am Mieterstrommodell am Beispiel des Wohnheimes

## Fazit

Im Mieterstrommodell agiert der Mieterstromlieferant als Vollversorger mit den entsprechenden gesetzlichen Rechten und Pflichten. Für eine erfolgreiche Umsetzung des Mieterstrommodells sind an den Mieterstromlieferanten bestimmte Anforderungen gestellt, welche unter anderem die Stromablesung und das Abrechnungswesen umfassen. Für eine erste Potenzialanalyse bezüglich des Mieterstrommodells ist deshalb die Betrachtung der Eigentümerstruktur sinnvoll.

Für eine großflächige Umsetzung des Mieterstrommodells mit bedeutender Auswirkung auf die Energiewende im Betrachtungsgebiet sollten Lösungen angestrebt werden, die eine Implementierung eines spezialisierten Mieterstrom-Dienstleisters ermöglichen. Dieser kann Wohnungsunternehmen sowie Betreiber des Wohnheimes bei der Umsetzung des Mieterstrommodells unterstützen. Daraus folgen Dienstleistungen, die von einem Vertragsmanagement zwischen Mietern und Vermietern bis hin zur Planung und Wartung der Aufdach-PV-Anlagen reichen. Im Zuge dessen werden u.a. die städtischen Werke der Region als einen möglichen Kooperationspartner gesehen.



## 6 Zielvariante und Empfehlung

IM Ergebnis des Variantenvergleichs wird die Errichtung eines zentralen Wärmenetzes als Quartierslösung empfohlen. Hier bietet sich ein Niedertemperaturnetz mit einer Vorlauftemperatur von 45 °C für das Teilgebiet 2 an sowie 60 °C für die Versorgung der Bestandsgebäude im Teilgebiet 3. Inwieweit zwei getrennte Netze je Teilgebiet oder ein gemeinsames Netz realisiert werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschließend beantwortet werden, da dies auch stark von der Fertigstellung der einzelnen Bauabschnitte (Gebäude der Teilnetze) abhängt.

Letztendlich kann festgehalten werden, dass mit steigendem Anschlussgrad die Wärmelinien-dichte zunimmt und damit die Wärmegestehungskosten für alle am Wärmenetz Beteiligten sinken. Im Ergebnis ergeben sich für die betrachteten Szenarien im Wesentlichen geringere Wärmepreise als bei einer Einzelversorgungslösung.

Für die Realisierung der Gebäude bietet sich die „Bundesförderung effiziente Gebäude“ (BEG) an, welche seit 28. Juli 2022 mit neuen Förderkonditionen aufwartet. Für das Wärmenetz kommt die „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) infrage, welche die bisherige Förderkulisse „Wärmenetze 4.0“ seit 15. September 2022 abgelöst hat (siehe Tabelle 5).

Für die Realisierung der Vorzugsvariante würden jeweils die Fördermodule I (Machbarkeitsstudie Geothermie) und II (Neubau Nahwärmenetz) infrage kommen. Um die Förderung des Moduls II nach BEW zu erhalten, muss eine Machbarkeitsstudie nach Modul I vorausgehen. Die Mindestanforderungen dieser Studie sind größtenteils mit dem vorliegenden Bericht erfüllt. Weitere Anforderungen sind den Anlagen zu entnehmen.

## 7 Umsetzung

### 7.1 Anwendbare Förderprogramme

Für die Sanierung der Bestandsgebäude und eventuelle Einzelversorgungslösungen bietet sich die „Bundesförderung effiziente Gebäude“ (BEG) an, welche seit 28. Juli 2022 mit neuen Förderkonditionen aufwartet. Für das Wärmenetz kommt die „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) infrage, welche die bisherige Förderkulisse „Wärmenetze 4.0“ seit 15. September 2022 abgelöst hat (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 Förderrahmen<sup>14</sup> der „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEG) und der „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW)

Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) <sup>15</sup>		Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) <sup>16</sup>	
<b>Wohngebäude: Neubau und Sanierung zu Effizienz- häusern</b>	<p>Neubau Effizienzhaus/-gebäude 40 NH: 5 %</p> <p>Sanierung: 20-35 %, je nach EH/EG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EE-Klasse, wenn mind. 55 % der Wärme- und Kälteversorgung aus Erneuerbaren Energien</li> <li>• NH-Klasse, wenn Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude</li> <li>• 5 % Bonus für Worst-Performing Buildings</li> <li>• max. 120.000 € / Wohneinheit bzw. 150.000 € bei EE/NH-Klasse</li> <li>• 5 % Tilgungszuschuss</li> </ul>	<b>Modul I: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien</b>	<p>50 % der förderfähigen Kosten werden gefördert</p> <p>• inkl. Planungsleistungen</p> <p>max. 2 Mio. € pro Antrag</p> <p>Bewilligungszeitraum beträgt 12 Monate</p>

<sup>14</sup> Im Augenblick unterliegen die Förderprogramme teils wöchentlichen Änderungen. Die vorliegende Darstellung datiert vom Stand bzw. Redaktionsschluss.

<sup>15</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023).

<sup>16</sup> Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2023).

Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) <sup>15</sup>		Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) <sup>16</sup>	
<p><b>Nichtwohngebäude: Neubau und Sanierung zu Effizienzgebäuden</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>max. 2.000 €/m<sup>2</sup> Nettogrundfläche bzw. 10 Mio. €</li> </ul>	<p><b>Modul II: Systemische Förderung für Neubau und Bestandsnetze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 % mit erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist werden</li> <li>Transformation von Bestandsinfrastrukturen zu treibhausgasneutralen Wärmenetzen</li> </ul>	<p>40 % der förderfähigen Kosten werden gefördert</p> <p>max. 100 Mio. € pro Antrag</p> <p>Bewilligungszeitraum beträgt 48 Monate</p>
<p><b>Einzelmaßnahmen: Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gebäudehülle</li> <li>Anlagentechnik</li> <li>Heizungsoptimierung</li> <li>Fachplanung und Baubegleitung</li> <li>Heizungstechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heizungs-Tausch-Bonus 10 %</li> <li>5 % Bonus für individuellen Sanierungsfahrplan</li> <li>5 % Bonus für Wärmepumpen, wenn Wärmequelle aus Wasser, Erdreich oder Abwasser</li> <li>5 % Bonus für saubere Biomasse (Einhaltung Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m<sup>3</sup>)</li> <li>max. 60.000 € pro Wohneinheit, bei Nichtwohngebäuden max. 1.000 €/m<sup>2</sup> Nettogrundfläche, insgesamt max. 5 Mio. €</li> <li>Mindestinvestitionssumme 2.000 € bzw. 300 € bei Heizungsoptimierung</li> </ul>	<p><b>Modul III: Einzelmaßnahmen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solarthermieanlagen</li> <li>Wärmepumpen</li> <li>Biomassekessel</li> <li>Wärmespeicher</li> <li>Rohrleitungen für den Anschluss von EE-Erzeugern und die Integration von Abwärme sowie für die Erweiterung von Wärmenetzen</li> <li>Wärmeübergabestationen</li> </ul> <p><b>Modul IV: Betriebskostenförderung<sup>17</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmepumpen</li> <li>Solarthermieanlagen</li> </ul>	<p>40 % der förderfähigen Kosten werden gefördert</p> <p>max. 100 Mio. € pro Antrag</p> <p>Bewilligungszeitraum beträgt 24 Monate</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stichtag für Betrachtungszeitraum: 31. Dezember, endet 10 Jahre nach Inbetriebnahme der geförderten Anlage</li> <li>Zwischennachweise bis 31. März des Folgejahres einzureichen</li> </ul>

<sup>17</sup> Die Antragstellung für Modul 4 ist mit Inkrafttreten der BEW noch nicht möglich, soll in absehbarer Zeit jedoch ermöglicht werden. Der genaue Termin wird auf der BAFA-Seite bekanntgegeben.

Tabelle 6 Förderrahmen<sup>18</sup> der „Bundesförderung effiziente Gebäude“ (BEG)

<b>Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)<sup>19</sup></b>	
<b>Wohngebäude: Neubau und Sanierung zu Effizienzhäusern</b>	<p>Neubau Effizienzhaus/-gebäude 40 NH: 5 %</p> <p>Sanierung: 20-35 %, je nach EH/EG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EE-Klasse, wenn mind. 55 % der Wärme- und Kälteversorgung aus Erneuerbaren Energien</li> <li>• NH-Klasse, wenn Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude</li> <li>• 5 % Bonus für Worst-Performing Buildings</li> <li>• max. 120.000 € / Wohneinheit bzw. 150.000 € bei EE/NH-Klasse</li> <li>• 5 % Tilgungszuschuss</li> </ul>
<p><b>Einzelmaßnahmen: Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudehülle</li> <li>• Anlagentechnik</li> <li>• Heizungsoptimierung</li> <li>• Fachplanung und Baubegleitung</li> <li>• Heizungstechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizungs-Tausch-Bonus 10 %</li> <li>• 5 % Bonus für individuellen Sanierungsfahrplan</li> <li>• 5 % Bonus für Wärmepumpen, wenn Wärmequelle aus Wasser, Erdreich oder Abwasser</li> <li>• 5 % Bonus für saubere Biomasse (Einhaltung Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m<sup>3</sup>)</li> <li>• max. 60.000 € pro Wohneinheit, bei Nichtwohngebäuden max. 1.000 €/m<sup>2</sup> Nettogrundfläche, insgesamt max. 5 Mio. €</li> <li>• Mindestinvestitionssumme 2.000 € bzw. 300 € bei Heizungsoptimierung</li> </ul>

<sup>18</sup> Im Augenblick unterliegen die Förderprogramme teils wöchentlichen Änderungen. Die vorliegende Darstellung datiert vom Stand bzw. Redaktionsschluss.

<sup>19</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023).

## 7.2 Festsetzungen im Bebauungsplan

Um die Stadtentwicklung zugunsten des Klimaschutzes positiv zu beeinflussen, sollte der Projektierer des Bauvorhabens einen rechtlichen Rahmen für zukünftige Bebauungen schaffen. Dabei können Festsetzungen des planerischen Instruments des Bauleitplans oder vertragliche Vereinbarungen wichtige Entwicklungen zukünftiger Baugebiete lenken.

Mit den Festsetzungen im Bebauungsplan wird der rechtsverbindliche Rahmen der städtebaulichen Ordnung angestrebt, welche die städtebaulichen Zielsetzungen widerspiegeln und die Raumordnungsplanung berücksichtigt. Dies bedarf einer sorgfältigen Planung, da nicht alles im Bebauungsplan festgesetzt werden darf.

In der Praxis bedeutet dies, dass Umsetzungen z.B. durch Festsetzung eines Energiestandards über das gesetzliche Niveau hinaus derzeit nicht rechtssicher möglich ist. Energetische Ziele oder Klimaschutzziele müssen deshalb u.a. über Festsetzungen zu Art und Maß der baulichen Nutzung, Baugrenzen oder Zuschnitt der Grundstücke erreicht werden. Es ist jedoch legitim, entsprechende Hinweise zum gewünschten Energiestandard in den Bebauungsplan aufzunehmen.

Festsetzungen zum Ausschluss von Luftverunreinigungen, zur Erzeugung, Nutzung und Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung etc. können allerdings auf Basis des §9 Abs. 1 Nr. 23a und 23b BauGB getroffen werden.

Ein effektives Instrument zur Umsetzung klimagerechter Bebauung stellen städtebauliche Verträge bzw. zivilrechtliche Vereinbarungen dar. Über solche Festsetzungen lassen sich weitergehende Regelungen treffen, als dies allein nach §9 BauGB durch Satzungsregelung im Rahmen eines Bebauungsplans rechtlich zulässig ist. Hierbei können insbesondere erweiterte Vorgaben gemacht werden als nach Mindestanforderung definiert.<sup>20</sup>

Weiterführend können folgende Festsetzungen zum Maß der baulichen Nutzung einen erheblichen Beitrag für ein klimagerechtes Wohnquartier leisten:

- Reduzierung der Dichte (GRZ unterhalb der 0,4 für Wohngebiete)
- Versiegelung auf niedrigem Niveau mit Hilfe wasserdurchlässiger Materialien
- Ausrichtung der Gebäude für optimale Sonneneinstrahlung
- Verwendung von hellen Oberflächen zur Reduzierung der Aufheizung
- Anpflanzungen zum Erhalt von Habitaten und Reduzierung der Aufheizung
- Reduzierung der Stellplatzanzahl für PKW und Verbesserung des ÖPVN-Anschlusses

---

<sup>20</sup> Vgl. Ebök, Planung und Entwicklung Gesellschaft mbH (2020).

## 7.3 Ablaufplan Nahwärmelösung

Für die Umsetzung einer Nahwärmeversorgung ist der zeitliche Verlauf bei der Entwicklung des Gebietes ein wichtiges Entscheidungskriterium. Diese wird beispielhaft entsprechend nachfolgender

Tabelle 7 dargestellt, welche eine Übersicht des Ablaufes von der Antragstellung der Förderung nach BEW, über die Erstellung der Machbarkeitsstudie bis hin zur Planung und Realisierung nach Leistungsphasen (HOAI) im Rahmen des Förderprogrammes bietet.

Der Umsetzung mittels Förderung nach BEW ist mit der Erschließungsplanung und der Ansiedlung der Unternehmen in Einklang zu bringen.

In der **Erschließungsplanung** ist die Verlegung der Rohrleitungen des Nahwärmenetzes zu berücksichtigen. Informationen zum Durchmesser (DN) der Nahwärmeleitung mit Skizze der Leitungsführung können für die Mediierschließung bereits in den ersten Monaten der Machbarkeitsstudie erarbeitet werden. Planunterlagen folgen mit der Planung in Leistungsphase 2 und Leistungsphase 3.

Damit die Umsetzung einer Nahwärmeversorgung gelingen kann, sind weitere wichtige Aspekte nach der **Ansiedlungspolitik** zu beachten. Neben wichtigen Informationen zum prognostizierten Energiebedarf sowie Anschlussleistungen zu Strom und Wärme, sollte auch die Verbindlichkeit in Form einer Absichtserklärung für eine Anbindung an die Nahwärmeversorgung eingeholt werden. Diese schafft Sicherheit bei der Strategieentwicklung und Planung des Wärmenetzes bereits während der Machbarkeitsstudie. Entsprechend sollte die Bekundung einer Anbindung an die Nahwärme eine wichtige Position einnehmen und Gewillte priorisieren.

Sollte eine Nahwärmeversorgung nicht in den Fokus rücken, dann wären alternative Vorgaben zur klimaneutralen Energiebereitstellung als Einzelversorgung festzulegen, die auch im Kriterienkatalog zu verankern sind.

Letztendlich kann das Ziel, ein klimaneutrales Gebiet zu entwickeln, über beide Ansätze realisiert werden.

Tabelle 7 Zeitplan einer Realisierung des Wärmenetzes nach BEW

Pos.	M07/23	M08/23	M09/23	M10/23	M11/23	M12/23	M01/24	M02/24	M03/24	M04/24	M05/24	M06/24	M07/24	M08/24	M09/24	M10/24	M11/24	M12/24	M01/25	M02/25	
<b>Antragstellung Fördermittel</b>	■	■																			
<b>Machbarkeitsstudie</b>			■	■	■	■	■	■	■												
<b>Planung</b>										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LP1			■	■	■	■	■	■	■	■											
LP2										■	■										
LP3																					
LP4																					
LP5												■	■								
LP6													■	■							
LP7															■	■					
LP8																					
<b>Bau</b>																					
Wärmenetz																					
EWS																					
Inbetriebnahme																					■

### Ablaufplan Fördermittelantrag

Die Antragstellung erfolgt über das elektronische Antragsportal des BAFA. Für die Beantragung des Fördermoduls 1 (Transformationspläne und Machbarkeitsstudien) müssen

- eine Projektskizze,
- Nachweise zur Plausibilisierung der Ausgabenpositionen im Finanzierungsplan,
- Vollmacht (falls ein Bevollmächtigter eingetragen wurde),
- Voruntersuchungen (bspw. vorliegendes Konzept)

eingereicht werden. Das Fördermodul 1 umfasst neben der Erstellung der Machbarkeitsstudie auch Planungsleistungen gemäß den Leistungsphasen 1-4 der HOAI. Unter Umständen kann das vorliegende Energiekonzept vom BAFA als gleichwertig zu einer Machbarkeitsstudie anerkannt werden, sodass direkt die Planungsleistungen nach Modul 1 beantragt werden können. Lieferungs- und Leistungsverträge dürfen erst nach Erhalt des Zuwendungsbescheides beauftragt werden.



Nach Fertigstellung aller Leistungen des Moduls 1 erfolgt die Antragstellung von Modul 2. Hierzu sind die nachfolgenden Unterlagen einzureichen:

- Machbarkeitsstudie,
- Projektbeschreibung,
- Wirtschaftlichkeitslückenberechnung,
- Planungsunterlagen (LP3-4, überwiegend abgeschlossen),
- Nachweise zur Plausibilisierung der Ausgabenposten im Finanzierungsplan,
- Zeit- und Ressourcenplan und Vollmacht (falls ein Bevollmächtigter eingetragen wurde)

## Quellenverzeichnis

**Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2022):** Kurzumtriebsplantagen., <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/biomassennutzung/050535/index.php>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Berliner Regenwasseragentur (2023):** Doppelter Gewinn: Dachbegrünung und Solar., <https://regenwasseragentur.berlin/gruendach-solar/>, abgerufen am: 24.04.2023.

**Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2023):** Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermenetze/effiziente\\_waermenetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html), abgerufen am: 28.04.2023.

**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023):** Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/beg.html>, abgerufen am: 28.04.2023.

**Bundesnetzagentur (2023):** Liefer- und Vertragsverhältnis bei gefördertem Mieterstrom, [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Bilder/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/Mieterstrom/MieterstromVB\\_1.png](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Bilder/DE/Sachgebiete/Energie/Verbraucher/Mieterstrom/MieterstromVB_1.png), abgerufen am: 28.04.2023.

**Bundesverband Wärmepumpe (2023):** Grafiken, <https://www.waerme-pumpe.de/presse/mediengalerie/grafiken/>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Chemie.de (2022):** Luftdichte, <https://www.chemie.de/lexikon/Luftdichte.html>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (2021):** Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität., <https://www.dke.de/resource/blob/988408/87ed1f99814536d66c99797a4545ad5d/technischer-leitfaden-ladeinfrastruktur-elektromobilitaet---version-4-data.pdf>, abgerufen am: 02.05.2023.

**DIN:** Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung – Teil 10: Nutzungsbedingungen, Klimadaten. / DIN.

**Ebök, Planung und Entwicklung Gesellschaft mbH (2020):** Leitfaden Klimagerechte Bauleitplanung für die Region Mittler Oberrhein., <https://reabw.de/wp-content/uploads/2020/10/200924-Leitfaden-klimagerechte-Bauleitplanung.pdf>, abgerufen am: 02.05.2023.

**EMCEL (2022):** Wie gehe ich bei der Planung einer Wasserstoff-tankstelle vor?, <https://emcel.com/de/planung-einer-wasserstofftankstelle/>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2007):** Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen.

**Gammel Engineering (2023):** Biomasse-Rechner, <https://gammel.de/de/tools/biomasse-rechner>, abgerufen am: 28.04.2023.

**Gehling, Matthias (2019):** Installierte Leistung, Stromerzeugung und Marktentwicklung von Kleinwindanlagen in Deutschland. Kurzstudie.

**Greenhouse Media GmbH (2022):** picea vereint Solarstromspeicher, Elektrolyseur und Brennstoffzelle., <https://www.energie-experten.org/hersteller/hps-home-power-solutions>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Griebler, Christian et. al. (2014):** Auswirkungen thermischer Veränderungen infolge der Nutzung oberflächennaher Geothermie auf die Beschaffenheit des Grundwassers und seiner Lebensgemeinschaften – Empfehlungen für eine umweltverträgliche Nutzung.

**Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012):** Wasserstoff-Tankstellen. Ein Leitfaden für Anwender und Entscheider.

**Jüttemann, Patrick (2022):** Kleinwindanlage kaufen: Ultimativer Leitfaden vom neutralen Experten., <https://www.klein-windkraftanlagen.com/kauf/>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann (2009):** Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken, und Verfahren., Springer.

**Koldehoff (2022):** Picea – von HPS Home Power Solutions, <https://www.koldehoff.de/energie-technik/picea-wasserstoffspeicher/picea.html>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Naturschutzbund Deutschland e.V. NABU (2022):** Grüne Dächer. Dachbegrünung schafft Lebensraum und senkt die Heizkosten., <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/grundlagen/dach-wand/00571.html>, abgerufen am: 02.05.2023.

**NOW GmbH (2022):** Genehmigungsleitfaden Wasserstofftankstellen.

**Ostschweizer Fachhochschule (2020):** Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2019/20.

**Panek, Norbert (2018):** Hessens Wälder im Fokus der dritten Bundeswaldinventur aus naturschutzfachlicher Sicht.: Eine kritische Aus- und Bewertung der Daten aus naturschutzfachlicher Sicht unter besonderer Berücksichtigung der Buchenwaldbestände.

**Pfoser, Nicole et. al. (2013):** Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen.

**RP-Energie-Lexikon (2023):** Warmwasserbedarf in Haushalten., <https://www.energie-lexikon.info/warmwasser.html>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Schwalter, Marcus (2004):** Studien 2003. Ökologische Stadtsanierung., Diplomica.

**Staatsbetrieb Sachsenforst (2012):** Vorrat [m<sup>3</sup>/ha] nach Land und Eigentumsart. Alle Bestandesschichten.,

[https://www.wald.sachsen.de/1\\_07\\_29b\\_Vorrat\\_m3\\_pro\\_ha\\_nach\\_Land\\_und\\_Eigentumsart\\_alle\\_Bestandesschichten\\_final.pdf](https://www.wald.sachsen.de/1_07_29b_Vorrat_m3_pro_ha_nach_Land_und_Eigentumsart_alle_Bestandesschichten_final.pdf), abgerufen am: 28.04.2023.

**Stadt Leipzig (2020):** Sofortmaßnahmenprogramm zum Klimanotstand 2020. Europäische Energie- und Klimaschutzkommune Leipzig.

**Stadt Leipzig (2023):** INSEK 2023: Ortsteilstrategie, <https://www.leipzig.de/bauen-und-wohnen/stadtentwicklung/stadtentwicklungskonzept-insek/stadtentwicklungsstrategie/ortsteilstrategie>, abgerufen am: 08.05.2023.

**Statista (2022):** Anteil der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise an allen genehmigten Wohngebäuden in Deutschland in den Jahren 2003 bis 2020., <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/456639/umfrage/quote-der-genehmigten-wohngebäude-in-holzbauweise-in-deutschland/>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Umweltbundesamt (2020):** Dekarbonisierung der Zementindustrie.

**Verbraucherzentrale (2023):** EEG 2023: Das ändert sich für Photovoltaik-Anlagen., <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/eeg-2023-das-hat-sich-fuer-photovoltaikanlagen-geaendert-75401>, abgerufen am: 02.05.2023.

**Verein Deutscher Ingenieure:** Thermische Nutzung des Untergrunds. / Verein Deutscher Ingenieure.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Elemente von Klimaschutzstrategie und Energiewende.....	5
Abbildung 2	Geltungsbereich (rot gestrichelt) für das Plangebiet „Wachstumfabrik Borsdorf“.....	15
Abbildung 3	Städtebaulicher Entwurf für das Plangebiet.....	16
Abbildung 4	Darstellung der Einzelgebiete im Plangebiet.....	18
Abbildung 5	Erneuerbare Energiequellen und mögliche Bereitstellungspfade.....	20
Abbildung 6	Lageplan mit beispielhafter, potenziell maximaler Belegung der Dachflächen.....	22
Abbildung 7	Deckungsgrad der PV ohne Batteriespeicher (oben) und mit Batteriespeicher (unten).....	22
Abbildung 8	Einschätzung der Eignung denkmalgeschützter Gebäude in Gebiet 3 auf Basis der Gebäudehöhe.....	24
Abbildung 9	Auswirkung geothermischer Bohrungen auf die Spannung des Grundwassers.....	26
Abbildung 10	Lage des Plangebiets in einem für Erdwärmesonden zulässigen Bereich.....	27
Abbildung 11	Prioritäre Flächen für die Verortung von Erdwärmesonden im Plangebiet.....	28
Abbildung 12	Belegung der Potenzialflächen mit Erdwärmesonden (theoretisches Potenzial).....	29
Abbildung 13	Formen biogener Festbrennstoffe in Deutschland, grün markiert die betrachteten Bereitstellungspfade für das Plangebiet.....	30
Abbildung 14	Waldgebiete innerhalb des Gemeindegebiet Borsdorf und in unmittelbarer Umgebung.....	31
Abbildung 15	Darstellung der untersuchten Teilgebiete 1,2 und 3 im Plangebiet.....	33
Abbildung 16	Lageplan Teilgebiet 2 mit Trassierung Nahwärmenetz.....	34
Abbildung 17	Lageplan Teilgebiet 3 mit Trassierung Erdgasanschluss sowie Nahwärmenetz.....	36
Abbildung 18	Lageplan Teilgebiet 1,2 und 3 mit Trassierung Nahwärmenetz für Teilgebiet 2 und 3 (links) und Gesamtgebiet (rechts).....	37
Abbildung 19	Deckungsgrad an der Wärmebereitstellung nach Wärmeerzeuger der Einzelversorgungsvarianten.....	39
Abbildung 20	Deckungsgrad an der Wärmebereitstellung nach Wärmeerzeuger der Quartiersversorgungsvarianten.....	39
Abbildung 21	freigesetzte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Herkunft der Einzelversorgungsvarianten.....	41

Abbildung 22	freigesetzte CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Herkunft der Quartiersversorgungsvarianten .....	41
Abbildung 23	Investitionskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 2 .....	44
Abbildung 24	Investitionskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 3 .....	44
Abbildung 25	Investitionskosten für die Quartiersversorgung in verschiedenen Ausbaustufen .....	45
Abbildung 26	laufenden Kosten (Annuität) für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 2 46	
Abbildung 27	laufenden Kosten (Annuität) für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 3 46	
Abbildung 28	laufenden Kosten (Annuität) für die Quartiersversorgung in verschiedenen Ausbaustufen .....	47
Abbildung 29	Wärmegestehungskosten für die Einzelversorgung der KiTa .....	48
Abbildung 30	Wärmegestehungskosten für die Einzelversorgung TG2 eines EFH, MFH und der KiTa .....	48
Abbildung 31	Wärmegestehungskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 2	49
Abbildung 32	Wärmegestehungskosten für die Quartiersversorgung in Teilgebiet 3	49
Abbildung 33	Wärmegestehungskosten für die Quartiersversorgung in verschiedenen Ausbaustufen .....	50
Abbildung 34	Schematische Darstellung der Vertragsbeziehungen im Mieterstrommodell.....	52
Abbildung 35	statische und dynamische Amortisation bei einer Anschlussbeteiligung von 50 % am Mieterstrommodell am Beispiel des Wohnheimes.....	54
Abbildung 36	Planungsschema für oberflächennahe Geothermie .....	75

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Kennzahlen des städtebaulichen Entwurfs .....	16
Tabelle 2	Zusammenfassung der Bedarfe an Heizwärme, Warmwasser und Strom für die einzelnen Gebäudetypen der jeweiligen Teilgebiete .....	19
Tabelle 3	Definition des Potenzialbegriffs .....	20
Tabelle 4	Ergebnisse des Variantenvergleich verschiedener Ausrichtung der PV-Module auf dem Parkdeck.....	24
Tabelle 5	Förderrahmen der „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEG) und der „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW).....	57
Tabelle 6	Förderrahmen der „Bundesförderung effiziente Gebäude“ (BEG).....	59
Tabelle 7	Zeitplan einer Realisierung des Wärmenetzes nach BEW.....	63

# Anlagen

## Parameterliste

### Technische Parameter

Parameter	Wert	Quelle
Stündliche Wetterdaten	Min. Temperatur, Max. Temperatur Jahresdurchschnittstemperatur	DWD Klimadaten Deutschland für Standort Leipzig
Überschlägige Heizlast	Energiestandard GEG: 35 W/m <sup>2</sup> Energiestandard EH 40: 25 W/m <sup>2</sup>	Abschätzung auf Basis üblicher Gebäude – ersetzt nicht die genaue Berechnung der Heizlast nach DIN EN 12831-1 in späterer Planung!
Abschätzung Warmwasserbedarf	Starke Schwankung, daher Mittelwert aus mehreren Quellen gebildet	Bauwerkszuordnungskatalog 3610 und 4400 DIN V 18599-10 2018 - Tabelle 7 BBSR-Online-Publikation Nr. 20/2019 Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden
Wirkungsgrad Gas-Brennwertgerät	96 %	Techn. Datenblätter
Wirkungsgrad Biomasse-Brennwertgerät	92 %	Techn. Datenblätter
Wirkungsgrad Blockheizkraftwerk	86-92 %	ASUE-Datenbank
COP der Luft-Wasser und Sole-Wasser Wärmepumpen	z.B. 3,2 bei A-10/W35 z.B. 4,4 bei B0/W35	Wärmepumpen-Testzentrum der Ostschweizer Fachhochschule
Modulleistung Photovoltaik	360 Wp pro Modul	Techn. Datenblätter

### Wirtschaftliche Parameter

Parameter	Wert	Quelle
Kalkulatorischer Zinssatz	3,0 %	BNB Kriterium 2.1.1
Jährliche Preissteigerung für Bau- und Dienstleistungen	3,0 %	BNB Kriterium 2.1.1
Jährliche Preissteigerung für Energie	4,0 – 5,0 %	BNB Kriterium 2.1.1



Parameter	Wert	Quelle
Investitionskosten Haupt-Komponenten	z.B. 1280 €/kWp für PV-Module	Abschätzung auf Basis spezifischer Kennwerte und Herstelleranfragen
Abschätzung technische Lebensdauer der Komponenten	z.B. 20 Jahre für Gas-Brennwertgerät	VDI 2067
Betriebsgebundene Kosten für Wartung und Instandhaltung	z.B. 0,5 % der Investitionskosten für Wartung bei Solarkollektoren	VDI 2067
Endkundenpreis Strom	39,00 ct/kWh netto	interne Kennwerte, seecon
Endkundenpreis Erdgas	13,10 ct/kWh netto	interne Kennwerte, seecon
CO <sub>2</sub> -Preisentwicklung	z.B. 30 €/tCO <sub>2</sub> im Jahr 2022 bis 180 €/tCO <sub>2</sub> (2050) im Szenario COP1 und 260 €/tCO <sub>2</sub> (2050) im Szenario COP2	Gesetzliche Vorgaben und Trendstudie von Agora Energiewende

## Ökologische Parameter

Parameter	Wert	Quelle
Strommix gesamt	0,366 kg CO <sub>2</sub> /kWh	Informationsblatt CO <sub>2</sub> -Faktoren – BAFA, 15.11.2021
Erdgas	0,201 kg CO <sub>2</sub> /kWh	Informationsblatt CO <sub>2</sub> -Faktoren – BAFA, 15.11.2021
Biogas	0,152 kg CO <sub>2</sub> /kWh	Informationsblatt CO <sub>2</sub> -Faktoren – BAFA, 15.11.2021
Solarthermie	0,0237 kg CO <sub>2</sub> /kWh	Informationsblatt CO <sub>2</sub> -Faktoren – BAFA, 15.11.2021
Photovoltaik	0,040 kg CO <sub>2</sub> /kWh	GEMIS 5.0
Windkraft	0,010 kg CO <sub>2</sub> /kWh	GEMIS 5.0

## Mindestanforderungen BEW – Fördermodul I

Eine Machbarkeitsstudie soll die folgenden Mindestinhalte enthalten:

- eine Analyse der Wärmebedarfe des zu versorgenden Gebiets
- Ermittlung der Potenziale erneuerbarer Energien und von Abwärme im Untersuchungsgebiet
- Analyse des Wärmeerzeugerportfolios unter Berücksichtigung der Anforderungen an ein Wärmenetzsystem, ggf. Durchführung einer Variantenbetrachtung zur Ermittlung einer favorisierten und wirtschaftlichen Wärmeversorgung im Untersuchungsgebiet
- Das Zielbild des treibhausgasneutralen Wärmenetzes und der Transformationspfad sind zu skizzieren. Dabei sind ansteigende indikative Anteile erneuerbarer Energien und Abwärme an der Wärmeerzeugung für die Wegmarken 2030, 2035 und 2040 anzugeben.
- In Netzen mit einer Länge von 20-50 km ist der maximal zulässige Anteil von Biomasse an der jährlich erzeugten Wärmemenge im Netz im Endzustand der Transformation auf 25 % begrenzt und bis spätestens 2045 zu erreichen.
- In Netzen mit einer Länge größer 50 km ist der maximal zulässige Anteil von Biomasse an der jährlich erzeugten Wärmemenge im Netz im Endzustand der Transformation auf 15 % begrenzt und auch bis spätestens 2045 zu erreichen.
- Untersuchung der Phase-out-Optionen für etwaige fossile gekoppelte und insbesondere ungekoppelte Wärmeerzeugung im Untersuchungsgebiet bis spätestens 2045
- Analyse der notwendigen Wärmenetzparameter (Temperatur, Druck, Volumenströme etc.) und Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen zur Netzausgestaltung
- Erstellung eines Zeit- und Ressourcenplans für den Bau des Wärmenetzes und ggf. Durchführung der dafür notwendigen Planung
- kurze Beschreibung der Maßnahmen zur Bürgereinbindung (inkl. Planung), um mittels hoher Akzeptanz eine schnelle Realisierung des Vorhabens zu erreichen

## Mindestanforderungen BEW – Fördermodul II

Gefördert wird der Neubau von Wärmenetzen, welche die nachfolgenden Voraussetzungen erfüllen:

- Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme an der jährlichen eingespeisten Wärmemenge von mindestens 75 %
- Die Wärme, die durch Biomasse-Anlagen erzeugt wird, die vor Inkrafttreten dieser Richtlinie genehmigt wurden, kann als erneuerbare Energie angerechnet werden, wenn Brennstoffe nach der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1.

BlmSchV) und ggf. bereits genehmigte andere Biomassen (gemäß Betriebsgenehmigung) eingesetzt werden, unabhängig von der Anlagengröße.

- Die Wärme, die durch Biomasse-Anlagen erzeugt wird, die nach Inkrafttreten dieser Richtlinie genehmigt wurden, kann nur dann als erneuerbare Energie angerechnet werden, wenn die Anforderungen an die eingesetzten Brennstoffe, die laut dieser Richtlinie für geförderte Anlagen gelten, erfüllt werden.
- In Netzen mit einer Länge von 20-50 km ist der Anteil Biomasse an der jährlich erzeugten Wärmemenge im Netz auf 35 % begrenzt. Dieser Biomasseanteil ist spätestens zum Ende des Bewilligungszeitraums einzuhalten. Die Wärme, die durch Biomasse-Anlagen erzeugt wird, wird auf den begrenzten Anteil Biomasse an der erzeugten Wärme angerechnet, unabhängig vom Zeitpunkt der Genehmigung der Anlage und dem Bezug von Förderung im Rahmen dieser Richtlinie. Wärme aus der thermischen Nutzung des biogenen Anteils von Abfall (Siedlungsabfall, Klärschlamm, (ggf. weitere Produkte in dieser Kategorie; Näheres regelt ggf. ein Merkblatt der Bewilligungsbehörde) wird nicht auf den Biomasseanteil angerechnet.
- In Netzen mit einer Länge größer 50 km ist der Anteil Biomasse an der jährlich erzeugten Wärmemenge im Netz auf 25 % begrenzt. Die Ausführungen für Netze mit 20-50 km Länge gelten ebenso.
- Maximal 10 % der eingespeisten Wärmemenge aus gas- oder ölbefeuerten Anlagen, die nicht Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) sind.
- Keine Einspeisung von Wärme aus kohlebefeuerten Anlagen.
- Anschluss von mehr als 16 Gebäuden oder mehr als 100 Wohneinheiten
- Maximal 95 °C Vorlauftemperatur. Ausgenommen von der Temperaturanforderung sind Fälle, in denen eine klimaschonende Wärmequelle auf hohem Temperaturniveau ganzjährig vorliegt und durch die Temperaturabsenkung keine wesentliche Erhöhung der Ausnutzung der Wärmequelle realisiert werden kann.

## Planungsschema oberflächennahe Geothermie

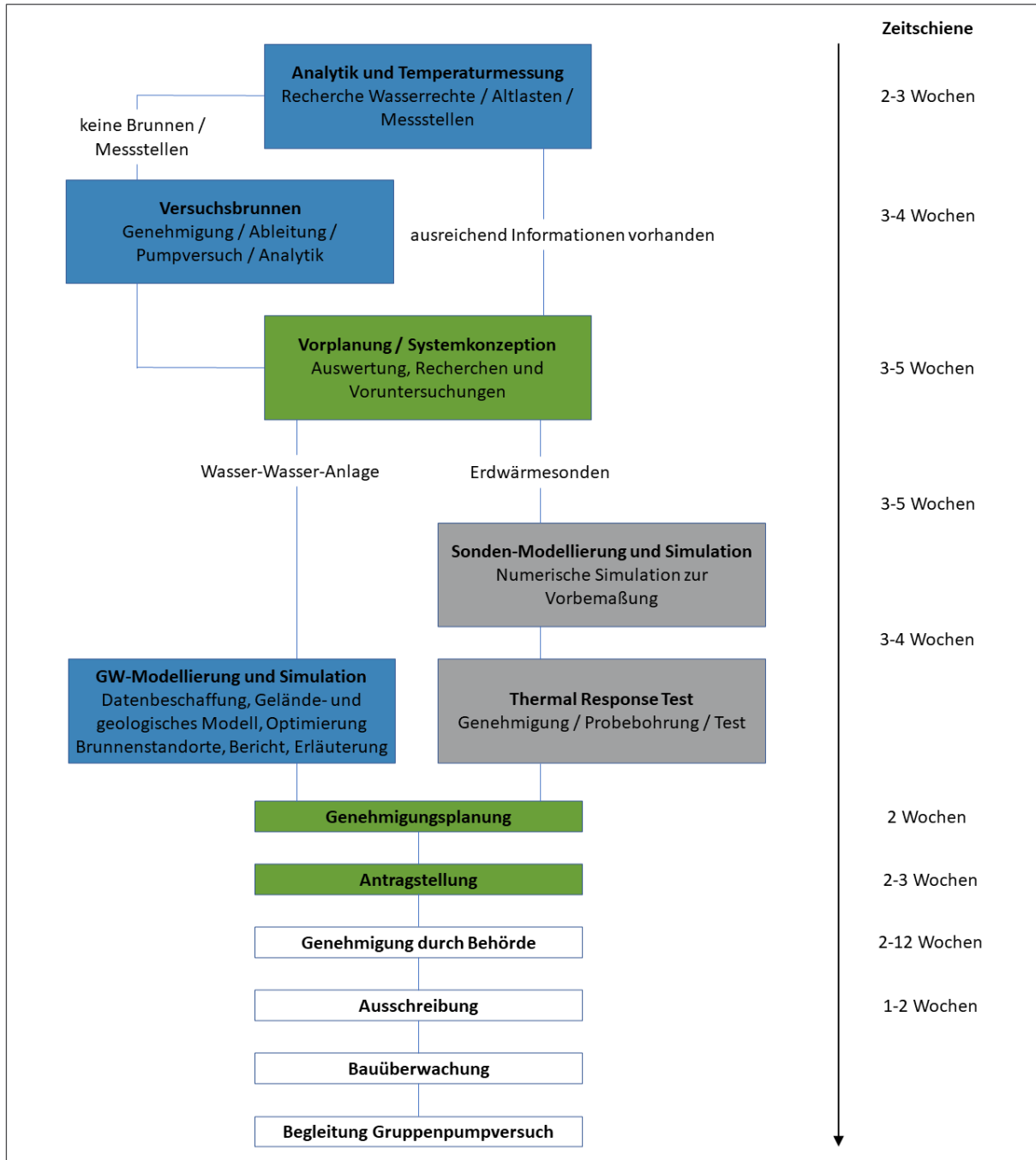


Abbildung 36 Planungsschema für oberflächennahe Geothermie<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Vgl. Kühn Geoconsulting GmbH