

Bebauungsplan "Wohngebiet Schenken- berg", Delitzsch

Energiekonzept

Impressum

Herausgeber:

Herr Oliver Freide
Im Erlig 24
63500 Seligenstadt

Herr Karl Koch
Am Ring 9
04509 Krostitz

Redaktion, Satz und Gestaltung:

seecon Ingenieure GmbH, Spinnereistraße 7, Halle 14, 04179 Leipzig

Stand bzw. Redaktionsschluss:

15.12.2017

Anmerkung:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Alle geschlechtsspezifischen Bezeichnungen, die in männlicher oder weiblicher Form benutzt wurden, gelten für beide Geschlechter gleichermaßen ohne jegliche Wertung oder Diskriminierungsabsicht.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
1. Veranlassung	4
2. Ausgangssituation und Energiebedarf.....	6
3. Wärmebereitstellung	8
3.1 Einzelversorgungsvarianten	8
3.1.1 Erdgasbrennwerttherme	8
3.1.2 Geothermie und Wärmepumpen	9
3.1.3 Holzheizungen	11
3.2 Zentrale Versorgung und KWK.....	11
3.2.1 Anforderungen an eine zentrale Wärmeversorgung	11
3.2.2 Umsetzungsmöglichkeiten.....	13
3.3 Variantenuntersuchung	13
4. Strombereitstellung vor Ort.....	18
4.1 Anschluss an das öffentliche Stromversorgungsnetz.....	18
4.2 Dezentrale Stromerzeugung im Planungsgebiet.....	19
4.2.1 Photovoltaik.....	19
4.2.2 Kraftwärmekopplung	20
5. Möglichkeiten für die Elektromobilität	21
6. Fazit	23
Abbildungsverzeichnis.....	24
Tabellenverzeichnis.....	24

1. Veranlassung

Im Ortsteil Schenkenberg wird die Entwicklung eines überwiegend zum Wohnen genutzten Gebiets geplant. Von der städtischen Verwaltung wurde die Erstellung eines Energiekonzeptes für den Standort angeregt. Da die baulichen Anforderungen durch die Energieeinsparverordnung weitestgehend geregelt sind und die Wahl der Wärmeversorgung den größten Einfluss auf den resultierenden Primärenergieeinsatz und die CO₂-Emissionen hat, konzentriert sich das vorliegende Dokument auf die Beschreibung möglicher Varianten in diesem Bereich und wird um die Möglichkeit einer lokalen regenerativen Strombereitstellung ergänzt.

Die Erstellung von Energiekonzepten im Rahmen von Bauvorhaben ist eine direkte Umsetzung des Bestrebens nach einer nachhaltigen Klimapolitik in Delitzsch, welche die kommunale Ebene der internationalen Bestrebungen zur Minderung des Klimawandels darstellt. Den Rahmen bilden zwei Strategien auf europäischer Ebene: Das Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie, auch als 20/20/20 Ziele bekannt, einerseits und der EU-Klima- und Energierahmen 2030 andererseits. 20/20/20 bezieht sich dabei auf drei Ziele bis zum Jahr 2020:¹

- Senkung der Treibhausgasemissionen um min. 20 % gegenüber 1990
- Erhöhung der Energieeffizienz um 20 %
- Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch von 20 %

Der EU-Klima- und Energierahmen 2030 baut auf den Zielen auf. Er soll bereits heute Sicherheit für Investoren hinsichtlich der weiteren Zielvorgaben liefern. Die Ziele werden bis 2030 ausgeweitet auf eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 40 %, auf 27 % Energieeinsparungen und einen Anteil der erneuerbaren Energien von 27 %.²

In Deutschland ist der Begriff „Energiewende“ in aller Munde. Grund dafür sind nicht nur Überlegungen zum Klimaschutz, sondern auch folgende entscheidende Faktoren:

- knapper werdende fossile Energieträger,
- die hohe Importabhängigkeit Deutschlands, vor allem bei Öl und Erdgas sowie
- die steigenden Energiekosten auf dem Weltmarkt.

Zentrale Elemente der Gestaltung und Umsetzung der Energiewende sind die Einsparung von Energie, der effizientere Umgang mit Energie und der Einsatz regenerativer Energieträger. Das Potenzial zur Energieeinsparung liegt größtenteils in der Senkung des Verbrauchs und der Vermeidung von Verkehr. Die Steigerung der Effizienz beschreibt die rationelle Energienutzung und -umwandlung, die z. B. durch die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

¹ <http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/europaeische-energiepolitik.html>; letzter Zugriff: April 2017.

² https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en; letzter Zugriff April 2017

verbessert werden kann. Der Einsatz regenerativer Energieträger zielt auf eine CO₂-arme Energieversorgung hin. Voraussetzung ist dabei im Allgemeinen, dass Einspar- und Effizienzmaßnahmen zuerst ausgeschöpft werden. Darauf aufbauend kann ein somit verringerter Energiebedarf durch die Nutzung emissionsarmer Energieträger gedeckt werden.

Die Beschlüsse innerhalb der Europäischen Union bilden die Grundlage des Handelns in Deutschland. Die Ziele der deutschen Bundesregierung sind im Rahmen des Energiekonzepts aus dem Jahr 2010 daher folgende:³

Tab. 1 Ziele der Energiewende in Deutschland⁴

Ziel	bis 2020	bis 2050
Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung	35 %	80 %
Senkung der Treibhausgasemissionen	40 %	80 %
Einsparung Primärenergie	20 %	80 %

Ein weiteres Kernelement der Energiewende ist der Strukturwandel, weg von den wenigen konventionellen fossilen Kraftwerken, hin zu einer Dezentralisierung und Demokratisierung der Energieerzeugung durch Wind- und Solarparks sowie Biomasse- und Geothermieranlagen an vielen verschiedenen Standorten. Hier kommen besonders regionale Akteure ins Spiel. Klimaschutz auf kommunaler Ebene ist die Vorbereitung und Umsetzung tatsächlicher Maßnahmen des Klimaschutzes, die auf den Vorgaben und Ideen der bereits erläuterten höheren Ebenen beruhen. Ein wichtiger Anhaltspunkt für die Kommunen ist das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung. Es ist ein seit 2007 bestehendes Gesetzgebungs- und Maßnahmenprogramm, das 29 Eckpunkte beinhaltet, die den Kommunen verbindliche Maßgaben liefern. Dazu zählen unter anderem die Energieeinsparverordnung (EnEV) oder das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG). Es wird das gesamte Spektrum der energetisch relevanten Bereiche Wärme, Elektrizität und Mobilität abgedeckt. Die Herausforderung der Kommune ist es, die lokalen Gegebenheiten mit den Zielen des Klimaschutzes in Einklang zu bringen. Das heißt einerseits herauszufinden, welchen Beitrag die Kommune überhaupt leisten kann, andererseits ist es Aufgabe der Kommune, vor Ort alle denkbaren Akteure zusammenzuführen und gemeinsam Ziele und Strategien zu entwickeln, die in Zusammenarbeit geleistet werden können.

Die Erstellung von Energiekonzepten im Rahmen von komplexen und umfänglichen Bauvorhaben im Stadtgebiet bildet einen Baustein, den Zielen der Bundesregierung und der Stadt Delitzsch gerecht zu werden.

³ https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5, letzter Zugriff April 2017.

⁴ http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Fragen-Antworten/1_Allgemeines/1_warum/_node.html: letzter Zugriff April 2017.

2. Ausgangssituation und Energiebedarf

Um ein Wohngebäude nutzen zu können, muss Energie eingesetzt werden. Diese wird für das Heizen und die Erwärmung von Trinkwasser aufgewendet. Weiterhin können das Lüften und das Kühlen hinzukommen. Der Sektor der privaten Wohngebäude nimmt gesamtgesellschaftlich einen großen Anteil am Energieverbrauch ein und weist daher auch ein großes Einsparpotenzial beim Einsatz moderner Wärmeversorgungslösungen auf. Aus diesen Gründen wurde die Energieeinsparverordnung EnEV 2016 in Verbindung mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) erlassen, um die Energieverbräuche bzw. die CO₂-Emissionen in diesem Sektor zu verringern.

Beim Energiebedarf lässt sich zwischen Primär- und Endenergiebedarf unterscheiden. Während der Endenergiebedarf die Energie darstellt, die beim Nutzer in der gewünschten Energieform zur Verfügung steht, also bspw. die Kilowattstunde Strom aus der Steckdose, beinhaltet der Primärenergiebedarf die zusätzliche Energie, die in der Vorkette, bspw. im Kraftwerk und beim Transport, verbraucht wurde. Beim Strom beläuft sich der Primärenergiefaktor nach DIN V 4701-10:2003-08 auf ca. 1,8, d. h. um 1 kWh Strom zur Verfügung stellen zu können, werden Primärenergieträger mit einem Energiegehalt von 1,8 kWh benötigt. Zum Vergleich: Der Primärenergiefaktor für Holz wird in der Norm mit 0,2 beziffert. Bei der Wärmebereitstellung über klassische Erdgaskessel wird ein Primärenergiefaktor von 1,1 angesetzt. Die EnEV regelt die Anforderungen an die Gebäudehülle und den Primärenergieeinsatz.

Der zukünftige Gebäudebestand untergliedert sich einerseits in freistehende Einfamilienhäuser und andererseits in Reihen- sowie Doppelhäuser. Um eine Grundlage für die mögliche Wärmeversorgung dieser Gebäude zu schaffen, müssen zunächst Endenergiebedarfe abgeschätzt werden. Da es keine direkten gesetzlichen Vorgaben (bspw. aus der EnEV) für die einzuhaltenden Endenergiebedarfe gibt, wurden die Anforderungen an den Primärenergiebedarf vergleichbarer Objekte (Referenzgebäudeverfahren) als Ansätze verwendet. Da eine alleinige Versorgung über Gaskessel für den Neubau nach EEWärmeG auszuschließen ist, wurde ein Primärenergiefaktor von 0,7 angenommen.

Der zukünftige Wärmebedarf der zu sanierenden Gebäude und des geplanten neu zu errichtenden Bestands entspricht den Werten nach Tabelle 1. Für die Ermittlung der Leistung wurden 1.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr angenommen.

Tab. 2 Ergebnis der Wärmebedarfsermittlung

Parameter	Einheit	EFH	DH/RH	Summe
Anzahl WE	1	27	16	43
BGF je Gebäude	m²	120	90	
Nutzfläche	m²	5.806	2.580	8.387
Wärmearbeit	MWh/a	319,33	141,93	461,26
Wärmeleistung	kW	213	95	308
Wärmeleistung je WE	kW/WE	7,9	6,0	

Durch die Anforderungen der EnEV an die Gebäudehülle werden entsprechend geringe Heizlasten für die Gebäude erreicht. Für die Ermittlung des Strombedarfs wurden pro Wohneinheit bzw. Gebäude 3.000 kWh im Jahr angesetzt. Darin ist aber noch kein zusätzlicher Strombedarf durch Wärmepumpen o.ä. beachtet.

Tab. 3 Ergebnis der Strombedarfsermittlung

Parameter	Einheit	EFH	DH/RH	Summe
Anzahl WE	1	27	16	43
BGF je Gebäude	m²	120	90	
Nutzfläche	m²	5.806	2.580	8.387
Stromarbeit	MWh/a	81	48	129

3. Wärmebereitstellung

3.1 Einzelversorgungsvarianten

Für die geplanten Objekte kommen prinzipiell Einzelversorgungsvarianten infrage, also ein Wärmeerzeuger pro Gebäude. Im Folgenden werden drei mögliche Varianten beschrieben und hinsichtlich ihres Einsatzes für die Neubauten und den zu sanierenden Bestand bewertet.

3.1.1 Erdgasbrennwerttherme

Der Einsatz von Gaskesseln oder wandhängenden Thermen ist eine Standardlösung und in Kombination mit der Nutzung des Brennwerteffektes eine ausgereifte Technologie zur Wärmebereitstellung. Der Einsatz ist für die zu sanierenden Bestandsgebäude auch problemlos möglich. Für die Neubauten müssen jedoch die Vorgaben des EEWärmeG eingehalten werden. Daher müsste bei diesen Objekten zusätzlich eine Solarthermieanlage zur Trinkwarmwasserbereitung vorgesehen werden. Die Auslegung einer solchen Anlage bemisst sich an dem zu deckenden Wärmebedarf. Für die Objekte im Planungsgebiet lässt sich nach dem heutigen Stand der Technik ein solarer Deckungsgrad am Gesamtwärmebedarf von 15% annehmen, dies entspricht auch den Anforderungen des EEWärmeG für den Einsatz erneuerbarer Energien. Für ein EFH bzw. DH/RH ergeben sich damit folgende Werte für den Einsatz einer Erdgasbrennwerttherme in Kombination mit einer Solarthermieanlage.

Tab. 4 Beispielrechnung Erdgastherme mit Solarthermie

Parameter	Einheit	EFH	DH/RH
Heizleistung	kW	8	6
Wärmebedarf	kWh/a	11.827	8.870
solarer Deckungsgrad	%	15	15
spezifischer Solarertrag nach Speicher	kWh/m²a	380	380
benötigte Kollektorfläche	m²	4,67	3,50
Erdgaseinsatz	kWh/a	10.053,12	7.539,84
CO ₂ -Emissionen	t/a	2,51	1,88
Primärenergieeinsatz	kWh/a	11.058,43	8.293,82
Primärenergiefaktor	1	0,935	0,935

3.1.2 Geothermie und Wärmepumpen

Die Geothermie, auch Erdwärme genannt, ist die im oberen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Sie umfasst die in der Erde gespeicherte Energie, die sowohl direkt zum Heizen und Kühlen (Wärmepumpenheizung) als auch zur Erzeugung von elektrischem Strom oder in einer Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden kann. Dabei wird u. a. zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie unterschieden.

Als oberflächennahe Geothermie wird allgemein die Nutzung der Erdwärme in einem Tiefenbereich zwischen der Erdoberfläche und 400 m bezeichnet. Da die Temperaturen in diesem Bereich nur zwischen 8 und 25 °C liegen, ist der Einsatz von Wärmepumpen erforderlich. Einschränkung ist zu sagen, dass ab einer Tiefe von 100 m für die Errichtung von Sondenanlagen ein bergrechtliches Genehmigungsverfahren erforderlich ist.

Bei der Nutzung der oberflächennahen Geothermie kommen prinzipiell zwei geschlossene Systeme zum Zuge: Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden. Erdwärmesonden werden mittels Bohrung im Erdreich versenkt, um geothermische Wärmeströme nutzbar zu machen. Erdwärmekollektoren sind Wärmeübertrager, welche sehr nah unter der Erdoberfläche installiert werden. Der größte Teil der bereitgestellten Wärme stammt hierbei aus solaren Einträgen in den Boden. Der Flächenverbrauch von Erdwärmekollektoren übersteigt den der Sonden um ein Vielfaches.

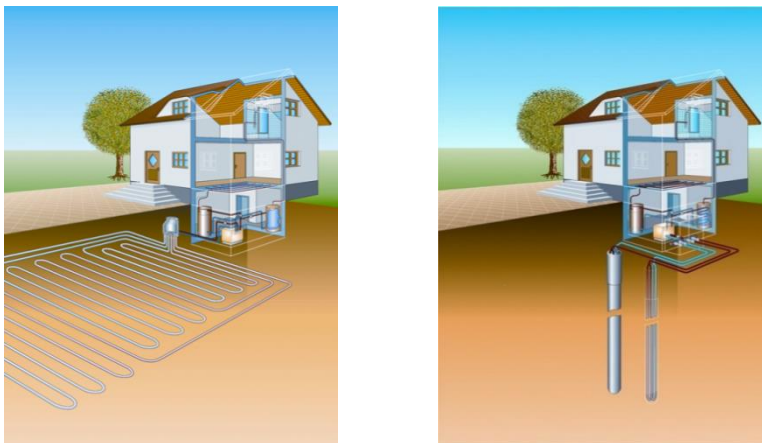


Abb. 1 Erdwärmekollektoren (links) und Erdwärmesonden (rechts)⁵

⁵ Bundesverband Wärmepumpe, 2015

Neben der Nutzung der Abwärme aus dem Boden besteht auch die Möglichkeit, Grund- oder Oberflächenwasser zu nutzen.⁶ Voraussetzung dafür ist, dass genügend Wasser in geringer Entfernung zur Wärmepumpe zur Verfügung steht und eine Möglichkeit zur Ableitung des nach der thermischen Nutzung abgekühlten Wassers vorhanden ist (z. B. in ein Oberflächengewässer). Zur Errichtung einer Wärmepumpe in einem Oberflächengewässer ist eine wasserrechtliche Genehmigung bei der unteren Wasserbehörde einzuholen. Eventuell ist auch die Naturschutzbehörde einzubeziehen. Diese Varianten sind im Betrachtungsgebiet nicht umsetzbar.

Im Bestand ist der Einsatz von Erdwärmekollektoren eher ungeeignet, da der Flächenbedarf deutlich höher ist und sich die Nutzung der Freiflächen (bspw. Bepflanzung) hierdurch eingeschränkt wird. Erdwärmesonden können eher sinnvoll eingesetzt werden, da bereits eine geringe Fläche genügt, um die Sonden zu setzen. Der Einsatz dieses System wird anhand folgender Beispielrechnung dargestellt.

Tab. 5 Beispielrechnung Geothermie

Parameter	Einheit	EFH	DH/RH
Heizleistung	kW	7,88	5,91
Jahresarbeitszahl	1	4,40	4,40
Entzugsleistung	kW	6,09	4,57
Verdichterleistung	kW	1,79	1,34
spezifischer Wärmeentzug	W/m	45,00	45,00
Länge aller Sonden	m	135,40	101,55
Länge einer Sonde	m	50,00	50,00
Anzahl Sonden	Stck.	2,71	2,03
Flächenbedarf	m ²	76,56	57,42
Stromeinsatz	kWh/a	4.300,80	3.225,60
CO ₂ -Emissionen	t/a	2,43	1,82
Primärenergieeinsatz	kWh/a	7.741,44	5.806,08
Primärenergiefaktor	1	0,65	0,65

Aus Tab. 1 geht hervor, dass 2 bis 3 Sonden gesetzt werden müssten. Der Einsatz von Wärmepumpensystemen ist nur bei möglichst geringen Vorlauftemperaturen der Heizungsanlagen wirtschaftlich (ca. 35 °C). Dies ist bei der Planung der Heizflächen zu beachten.

⁶ Die Möglichkeit der Nutzung von Abwärme aus der Luft wird im Rahmen des Konzepts nicht beleuchtet, da sich diese Option aufgrund der geringen Umgebungswärme während des Winters, wo der Wärmebedarf am höchsten ist, über den Betriebszeitraum der Anlage wirtschaftlich nicht darstellen lässt.

3.1.3 Holzheizungen

Der Einsatz von Holz in Form von Pellets oder Hackschnitzeln ist durch die Entwicklung moderner Feuerungssysteme immer populärer geworden. Weiterhin können dadurch einheimische erneuerbare Brennstoffe genutzt werden. Die Vorhaltung des Holzes erfolgt vor Ort in den Gebäuden oder extra errichteten Bunkern. Dadurch ergibt sich ein Platzbedarf, der zu Lasten der Wohn- oder Nebenfläche gehen würde. Für eine erste Abschätzung der notwendigen Lagerraumgröße lassen sich 0,9 m³ je kW Heizlast verwenden.

Tab. 6 Beispielrechnung Pelletheizung

Parameter	Einheit	EFH	DH/RH
Heizleistung	kW	7,88	5,91
Lagervolumen	m ³	7,10	5,32
Pelletbedarf	kWh/a	13.914	10.436
CO ₂ -Emissionen	t/a	0,38	0,28
Primärenergieeinsatz	kWh/a	2.783	2.087
Primärenergiefaktor	1	0,24	0,24

Durch das Lagervolumen für die Pellets ergibt sich ein Flächenbedarf, der durch die Bauträger entweder zusätzlich bereitgestellt oder von den bestehenden Flächen abgezogen werden müsste. Weiterhin würde eine regelmäßige Brennstoffanlieferung durch LKW im Gebiet erfolgen müssen, was zu Einschränkungen und zusätzlichen Eingriffen in die Straßenplanung führen könnte.

3.2 Zentrale Versorgung und KWK

3.2.1 Anforderungen an eine zentrale Wärmeversorgung

Für die Neubebauung gelten die Anforderungen des EEWärmeG, welches die Arten der Beheizung bzw. der Maßnahmen am Gebäude regeln. Es existieren unter anderem die Möglichkeiten zum Erfüllen dieser Erfordernisse durch den Einsatz erneuerbarer Energien oder eines

entsprechend hohen Anteils von Wärme aus Kraftwärmekopplungsanlagen. Die daraus resultierenden niedrigen Primärenergiefaktoren erleichtern auch für die Bestandsgebäude das Erreichen von KfW-Effizienzhausstandards für denkmalgeschützte Gebäude.

Durch die notwendige Verlegung eines Wärmenetzes auf dem Gelände müssen zunächst Korridore für die mögliche Leitungsführung definiert werden. Gemäß der Erschließungsplanung ergeben sich die Verkehrsflächen als ideale Bereiche für die Unterbringung der Hauptleitungen.



Abb. 2 Städtebauliches Konzept Wohngebiet Schenkenberg, Stand Mai 2017

3.2.2 Umsetzungsmöglichkeiten

Als Nahwärme wird die Übertragung von Wärme zwischen Gebäuden zu Heizzwecken umschrieben, wenn sie im Vergleich zur Fernwärme nur über verhältnismäßig kurze Strecken erfolgt. Der Übergang zur Fernwärme mit größeren Leitungslängen ist fließend. Für das Planungsgebiet würde jedoch die Installation einer Heizzentrale vor Ort notwendig werden. Als klassische Technologien zur effizienten Wärmebereitstellung mit möglichst geringen Primärenergieaufwänden kommen Blockheizkraftwerke (BHKW) auf Erdgasbasis in Verbindung mit einem Erdgaskessel zur Spitzenlastdeckung zum Einsatz.

Die Unterbringung der BHKW und Spitzenlastkesselanlage kann in einem ohnehin geplanten Objekt erfolgen. Beengte Platzverhältnisse und hohe Aufwendungen zur Gewährleistung des Schallschutzes könnten diese Option aber verhindern. Dann ist ein weiteres Bauwerk vorzusehen, dass sich möglichst unauffällig in das Gesamtbild einfügen sollte.

Die Auslegung der Aggregatleistung erfolgt auf Basis der zur erwartenden Wärmelastgänge im Gebiet, da eine möglichst hohe Laufzeit der BHKW als Grundversorgungseinheiten zu erreichen ist. Da im Gebiet eine sehr starke Durchmischung von verschiedenen Nutzungsprofilen vorliegen wird und von einer konstanten Wärmeabnahme im Tagesverlauf auszugehen ist, werden hohen Laufzeiten der BHKW möglich sein. Hierdurch wird ein Anteil von KWK-Wärme im Netz von 70 % und wirtschaftlich erreichbar sein. Der resultierende Primärenergiefaktor beläuft sich dann auf höchstens 0,7.

Die rein fossile Wärmebereitstellung kann noch durch den weiteren Einsatz von Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen gestützt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass diese Technologien, die Laufzeiten der BHKW mindern und damit den Anteil der KWK-Wärme und die Wirtschaftlichkeit reduzieren würden. Hier ist die möglichst genaue Vorausberechnung der Wärmebedarfslastgänge unabdingbar, um die ideale Anlagenkonstellation zu bestimmen.

Es ist üblich, den Betrieb eines Nahwärmenetzes und der Heizzentrale durch einen Dritten erledigen zu lassen. Dieser errichtet die Wärmeerzeugungsanlage und das Netz. Die Wärmeübergabestationen liegen dann je nach Vertragsverhältnis entweder im Eigentum der Betreiber oder des Gebäudeeigentümers.

3.3 Variantenuntersuchung

Um einen Vergleich auf Basis messbarer Kriterien zu ermöglichen sind im Folgenden drei Versorgungsvarianten in einer Vergleichsrechnung gegenübergestellt. In Variante 1 umfasst die Beheizung und Warmwasserbereitung der Gebäude über Erdgaskessel in Verbindung mit Solarthermieanlagen auf den Dächern, um den Anforderungen des EEWärmeG gerecht zu werden. Variante 2 beschreibt die Nutzung von Wärmepumpen und Geothermiesonden. Variante

3 beinhaltet die Etablierung eines Nahwärmenetzes in Kombination mit der Bereitstellung von Wärme in einer Heizzentrale (BHKW und Erdgasspitzenlastkessel) im Planungsgebiet. Der Anteil der Wärme aus der KWK beträgt im Nahwärmemix 50 %. Dies ist die Mindestforderung gemäß EEWärmeG, wenn die KWK als Ersatzmaßnahme angewendet werden soll.

Laut Aussage der Stadtwerke Delitzsch ist ein Anschluss der Neubebauung an das vorhandene Gasnetz prinzipiell möglich und die Gasleistung ausreichend⁷. Damit sind die Varianten mit der Gaseinzelversorgung und dem Einsatz eines BHKW prinzipiell umsetzbar.

Tab. 7 Versorgungsvarianten

Pos.	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bezeichnung		Einzelversorgung Erdgaskessel und Solarthermie	Einzelversorgung über Wärmepumpen	Nahwärmeversorgung mit BHKW
Wärmebedarf	kWh/a	461.261	461.261	461.261
Installierte thermische Leistung	kW	308	308	393
Installierte elektrische Leistung	kW	0	0	26
thermische Arbeit	kWh/a	461.261	461.261	512.512
elektrische Arbeit	kWh/a	0	0	131.398
Eingesetzte Endenergie	kWh/a	412.707	102.502	693.431
Gesamtnutzungsgrad	%	112	450	92,86

Für die Berechnung der Einzelversorgungsvarianten 1 und 2 sowie die Auslegung der HAST für Variante 3 wurde ein Gebäude angesetzt, welches im Mittel den Energiebedarfen der gesamten geplanten Bebauung entspricht.

Die technische Auslegung dient der Ermittlung wirtschaftlicher Kenngrößen und der Berechnung der zu erwartenden CO₂-Emissionen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung basiert auf der in der VDI 2067⁸ zusammengefassten Annuitätenmethode, in der die auftretenden jährlichen Kosten⁹ getrennt nach ihrer Herkunft berechnet werden. Die kapitalgebundenen Kosten umfassen die Investitionskosten für die Wärmeerzeuger (die hausseitigen Aufwendungen für Heizkörperverrohrung, Heizkörper und Installation sind nicht enthalten), die bedarfsgebunde-

⁷ Telefonat mit den SWD am 23.11.2017.

⁸ VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, September 2012.

⁹ Die Aufstellung der Kosten ist eine reine Nettokostenrechnung und betrachtet keine Steuern oder Abgaben. Dies betrifft auch alle folgenden Kostenrechnungen.

nen Kosten beinhalten die auftretenden Kosten für den Einsatz der Energieträger, die betriebsgebundenen Kosten umfassen die Aufwendungen für die Wartung und Instandsetzung und die sonstigen Kosten beinhalten Abgaben für Versicherungen und ähnliches. Die Variante 3 beinhaltet weiterhin die Erlöse aus dem vollständigen Absatz des Stroms in das öffentliche Stromnetz. Der angenommene Strompreis entspricht einem angenommenen Preis bei Absatz im Baseload-Band an der EEX. In der Summe ergibt sich ein jährlicher Kostenbeitrag für die Gesamtanlage. In den drei Varianten wurden übergeordnete Fördermöglichkeiten (bspw. BAFA, KWKG) betrachtet. Die Entwicklung der Förderlandschaft ist aber sehr volatil, wodurch entsprechende neue Programme das Ergebnis verändern würden.

Der Berechnung der bedarfsgebundenen Kosten liegen die Verbrauchspreise und Preissteigerungsraten nach Tab. 8 zugrunde.

Tab. 8 Arbeitspreise und Preissteigerungsraten

Energieträger	Wert [€/kWh]	Jährliche Steigerung [%]
Erdgas ¹⁰	0,042	3
Strom (Verkauf) ¹¹	0,043	4
Heizstrom (Einkauf) ¹²	0,1787	3

Tab. 9 angesetzte Investitionskosten¹¹

Pos.	Variante	Einheit	Wert
Brennwertkessel Erdgas (7,5 kW)	1	€	3.750
Sonnenkollektor (4,6 m²)	1	€	2.100
Wärmepumpe (7,5 kW)	2	€	13.400
Erdwärmesonden (110 m Gesamtlänge)	2	€	5.600
Wärmeübergabestation (7,5 kW)	3	€	5.000
Hausanschlusskosten Nahwärme	3	€	2.850
Hausanschlusskosten Erdgas	1	€	2.500
Nahwärmenetz (673 m)	3	€	457.640
BHKW (51 kW thermisch)	3	€	71.300
Spitzenlastkessel Erdgas (340 kW)	3	€	10.600

¹⁰ SWD deliGAS fix.online¹², Stand Dezember 2017

¹¹ Annahmen seecon

¹² SWD deliStrom Therm, Stand Dezember 2017¹²

Tab. 10 Ergebnisse des Versorgungsvariantenvergleichs (alle Angaben sind Summen über die Gebäude)

Pos.	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bezeichnung		Einzelversorgung Erdgaskessel und Solarthermie	Einzelversorgung über Wärmepumpen	Nahwärmeversorgung mit BHKW
Investitionskosten	€	357.757,30	621.094,52	777.517,01
kapitalgebundene Kosten	€/a	24.047	41.747	52.261
bedarfsgebundene Kosten	€/a	22.623	28.876	34.323
betriebsgebundene Kosten	€/a	26.060	29.236	17.358
sonstige Kosten	€/a	3.578	8.881	6.671
Erlöse	€/a	0	0	7.531
Summe	€/a	76.308	108.740	103.082
CO ₂ -Emissionen Wärme	t/a	113,93	37,00	88,62
CO ₂ -Emissionen (spezifisch)	g/kWh _{end}	247,00	361,00	192,12
Endenergieeinsatz	kWh/a	412.707	102.502	693.431
Primärenergiefaktor	1	0,98	0,40	0,90
Primärenergieeinsatz	kWh/a	453.978	184.504	413.256
Wärmegestehungspreis	Ct/kWh	16,54	23,57	22,35

In der Summe zeigt sich die Versorgung über Erdgaskessel in Verbindung mit Solarthermie als günstigste Variante zur Wärmebereitstellung. Für die Variante 3 wurde angenommen, dass die Errichtung und der Betrieb durch den Investor erfolgen würden. Es ist für die realistische Umsetzung aber anzunehmen, dass die Investition und der Betrieb durch ein etabliertes Energieversorgungsunternehmen erfolgt (bspw. Stadtwerke Delitzsch). Die für den Abnehmer resultierenden Kosten würden sich durch die entstehenden Contractingkosten in dieser Variante noch weiter erhöhen. Die Aufstellung der Kosten ist eine reine Nettokostenrechnung und betrachtet keine Steuern oder Abgaben. Der resultierende Wärmegestehungspreis ist nicht mit dem aktuellen Arbeitspreis einer Gasversorgung zu vergleichen. Er beinhaltet sämtliche über die Laufzeit der Wärmeversorgungsanlage anfallenden Kosten und bezieht diese auf die bereitgestellte Wärmemenge.

Der Vergleich zwischen den Versorgungsvarianten sollte nicht allein auf wirtschaftlichen Parametern basieren, sondern die resultierenden CO₂-Emissionen und die Primärenergieeinsätze mit erfassen.

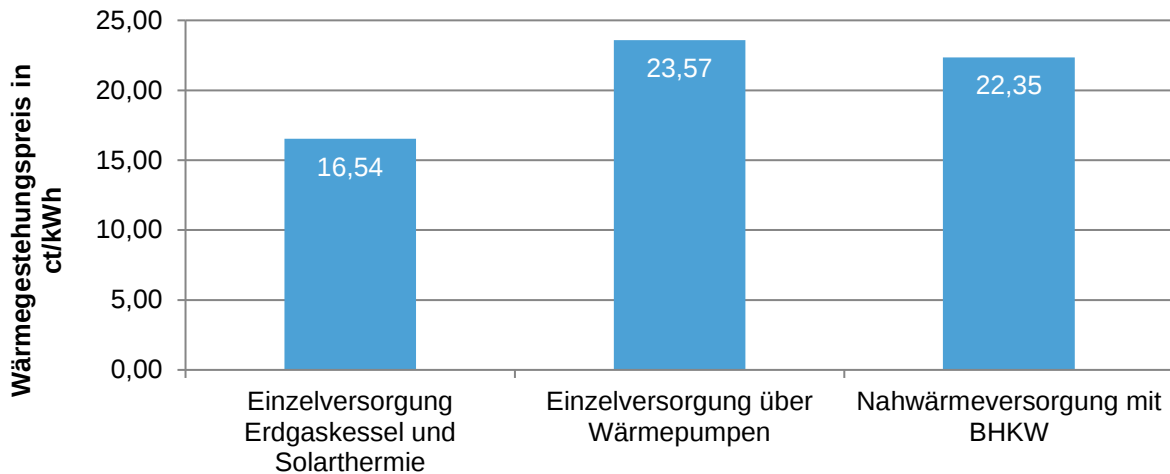


Abb. 3 Wärmepreise der Wärmeversorgungsvarianten

Die aus der Wärmeversorgung resultierenden CO₂-Emissionen nach Abb. 4 zeigen, dass die aus der Nutzung von Wärmepumpen resultierenden am geringsten sind. Die Variante 1 der Versorgung über Erdgaskessel weist trotz der zusätzlichen Deckung über die Solarthermieanlagen die größten Emissionen auf. In Variante 3 werden im Vergleich zur Variante 1 etwas geringere CO₂-Emissionen erreicht, was vor allem auf die gekoppelte Stromproduktion zurückzuführen ist.

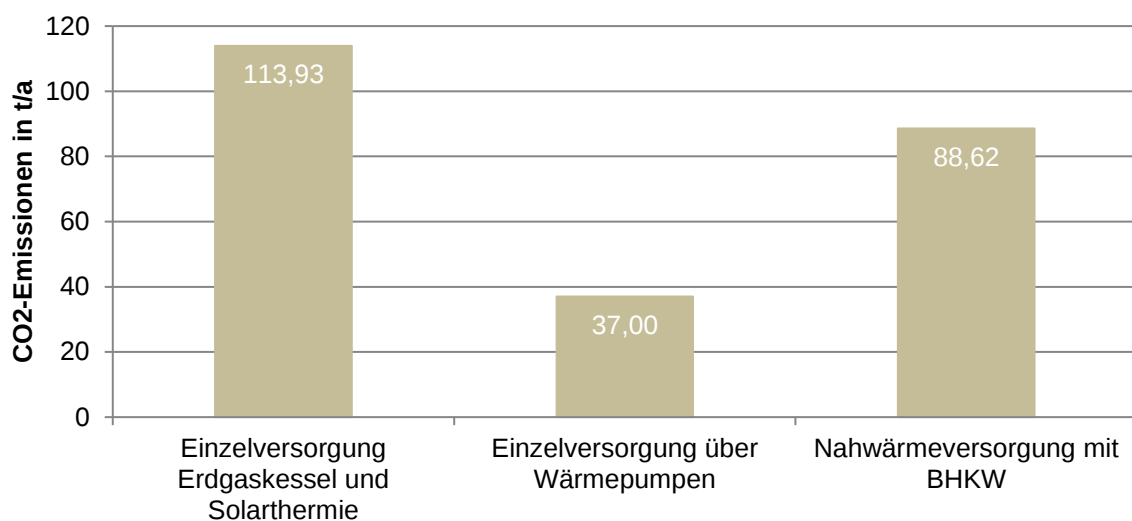


Abb. 4 CO₂-Emissionen aus den Wärmeversorgungsvarianten

Der ökologische Vorteil der Wärmepumpen wird im Vergleich der Primärenergiefaktoren gemäß Abb. 5 ebenfalls deutlich. Der aus dem Erdgaseinsatz resultierende Primärenergieaufwand schlägt sich in Variante 1 mit einem Faktor von 0,98 nieder. In Variante 3 wird ein etwas niedrigerer Wert von 0,9 erreicht, welcher aus der Einspeisung des erzeugten Stroms resultiert.

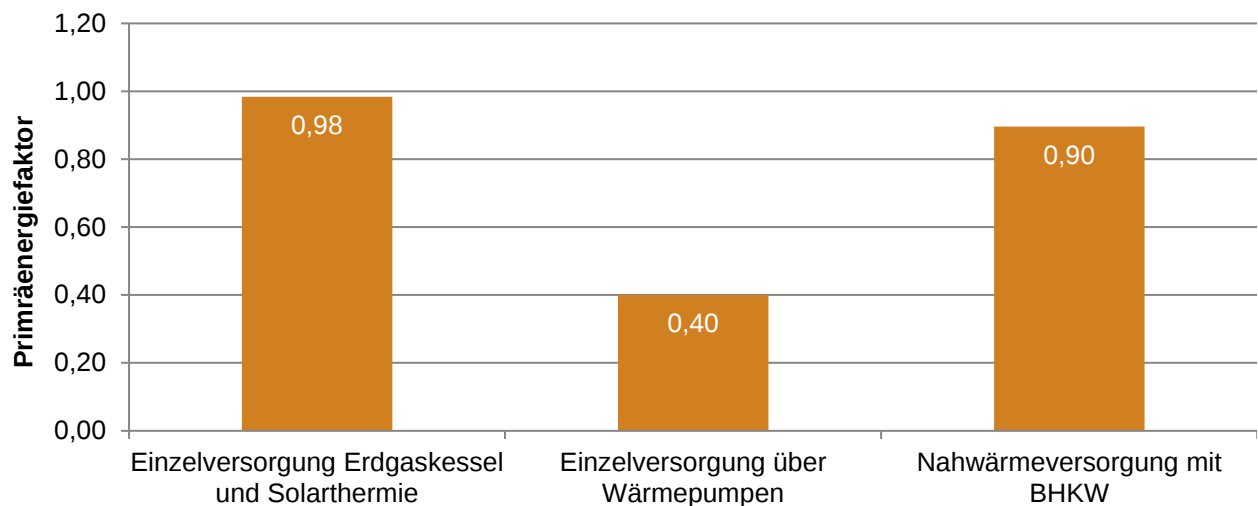


Abb. 5 Primärenergiefaktor der Versorgungsvarianten

4. Strombereitstellung vor Ort

4.1 Anschluss an das öffentliche Stromversorgungsnetz

Die Versorgung mit elektrischer Energie wird im Planungsgebiet über ein öffentliches Stromnetz erfolgen. Der Betrieb des öffentlichen Stromnetzes erfolgt auf dem Gebiet der Stadt Delitzsch durch die Stadtwerke Delitzsch GmbH als Konzessionsnehmer. Die notwendige Anschlussleistung der Objekte an das Niederspannungsnetz wird bestimmen, ob die im bestehenden Niederspannungsnetz anliegende Leistung ausreicht, oder weitere Trafostationen vorzusehen sind, die die notwendige Energie aus dem Mittelspannungsnetz bereitstellen. Für die Privatkunden in den Wohngebäuden wird es durch die Regelung des Energiewirtschaftsgesetzes immer die Möglichkeit geben, ihren Stromversorger selbst zu wählen. Der real vor Ort anliegende Strommix und die daraus resultierenden CO₂-Emissionen werden sich daher von

dem bilanziell bezogenen Strommix unterscheiden. Die Aufstellung und erneuerbaren Energieanlagen zur Stromerzeugung führt damit zwar zur realen Erhöhung des Ökostroms im Netz, aber nicht zwangsläufig zu einem klimaverträglicheren Strombezug der Abnehmer.

4.2 Dezentrale Stromerzeugung im Planungsgebiet

4.2.1 Photovoltaik

Die direkte Umwandlung der Solarstrahlung in eine elektrische Spannung mittels Photovoltaikmodulen ist eine etablierte Technologie zur dezentralen Stromerzeugung im urbanen Raum. Die durch die Module bereitgestellte Energie wird über Wechselrichter in die üblichen Parameter einer Haustromanlage überführt und entweder direkt im Haus genutzt oder zumindest teilweise in das öffentliche Netz abgegeben.

Um die erreichbaren Strommengen für das Betrachtungsgebiet quantifizieren zu können, lassen sich die Erträge anhand der zur Verfügung stehenden Fläche für Photovoltaikanlagen auf den Dächern der Gebäude abschätzen. Es ist weiterhin zu beachten, dass eine Konkurrenz zu solarthermischen Anlagen vorliegt.

Um die Leistungsfähigkeit der Photovoltaik zu beurteilen, lässt sich der erreichbare Maximalertrag erwartbaren Strombedarf nach Abschnitt 2 setzen. Für die Berechnung wurden folgende Annahmen getroffen.

Tab. 11 Annahmen zur Berechnung des Photovoltaikpotenzials

Parameter	Einheit	Wert
Strombedarf	kWh/a	129.000
spezifischer Ertrag Süddach	kWh/kWp a	1030
spezifischer Ertrag Ost/Westdach	kWh/kWp a	842
spezifische Leistung	kWp/m ²	0,16
Modulfläche/Grundfläche Süddach	1	0,36
Modulfläche/Grundfläche Ost/Westdach	1	0,75

Die Ermittlung des Solarpotenzials ist anhand der Gebäudeausrichtung erfolgt. Für Gebäude mit einem Süddach ergeben sich dadurch höhere Erträge bei einer geringeren Modulfläche im Vergleich zu Objekte mit Ost/Westdächern.

Tab. 12 Potenzial Photovoltaik

Gebäude	Grundfläche	Modulfläche Süd	Modulfläche Ost/West	installierbare Leistung Süd	installierbare Leistung Ost/West	erzielbarer Ertrag	Deckungsgrad Strombedarf
EFH	3.240	1.166	0	187	0	192.223	237%
DH/RH	1.440	130	810	21	130	130.481	272%
Summe	4.680	1.296	810	207	130	322.704	250%

Es zeigt sich, dass selbst bei Ausreizung der zur Verfügung stehenden Fläche sich der Strombedarf durch konventionelle Aufdachsolaranlagen deutlich über decken lässt. Die Nutzung von Photovoltaik ist vor der Errichtung der Gebäude individuell zu prüfen. Die Maßgabe sollte hierbei die möglichst hohe Eigennutzung des Stroms in den Gebäuden unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sein.

4.2.2 Kraftwärmekopplung

Das in der Variantenuntersuchung zur Wärmeversorgung beschriebene Nahwärmenetz wird über ein BHKW versorgt. Die aus dem KWK-Prozess resultierende Elektroenergie kann prinzipiell auch direkt im Planungsgebiet verbraucht werden. Die bilanzielle Gutschrift kann auch bei Nutzung entsprechender Vertragsmodelle direkt erfolgen. Das im Abschnitt 3.3 beschriebene BHKW mit rund 26,3 kW elektrischer Leistung würde eine Strommenge in Höhe von 131,4 MWh/a zur Verfügung stellen. Dies entspricht bei einem Gesamtstromverbrauch von 129 MWh/a einem Deckungsgrad von rund 102 %.

5. Möglichkeiten für die Elektromobilität

Im Jahr 2015 waren 18.948 Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen, wobei der größte Anteil auf die Bundesländer Bayern (21,4 %), Baden-Württemberg (21,3 %) und Nordrhein-Westfalen (15,7 %) fällt. Die Elektromobilität könnte unter der Voraussetzung des Einsatzes regenerativ erzeugten Stromes einen erheblichen Beitrag zum Umweltschutz leisten. Bis 2020 sollen nach dem Willen der Bundesregierung bereits eine Millionen Elektrofahrzeuge (E-Fahrzeuge) auf deutschen Straßen unterwegs sein.

Darüber hinaus bieten E-Fahrzeuge die Möglichkeit, das zunehmende Problem der Speicherung von erneuerbarem Strom zu lösen. Um dieses Ziel zu erreichen, arbeitet die Forschung mit Hochdruck an neuen effizienten Lösungen.

Durch unterschiedliche Förderungen werden Mittel bereitgestellt, die den Entwicklungen in diesem Bereich mehr Schub und Anreiz verleihen sollen. Allen voran steht das „Elektromobilitätsgesetz“ (EmobG) vom 5. Juni 2015, worin Privilegien für Elektrofahrzeuge festgelegt wurden.

Das Laden der E-Fahrzeuge in den privaten Garagen oder Carports ist die am häufigsten genutzte Form. Das Laden im öffentlichen Raum stellt dabei eine Ergänzung dar, die am Zielort nach einer zurückgelegten Strecke genutzt wird. Standorte mit einer Verweildauer ab 30 Minuten und an Orten, an denen die Elektromobilität ein Teil des Mobilitätsmixes darstellt (z. B. an ÖPNV-Haltstellen), sind prädestinierte Standorte für die Errichtung von Ladesäulen für E-Fahrzeuge.

Folgende Standorte im Untersuchungsgebiet wären nach erster Betrachtung geeignet für die Errichtung von öffentlich zugänglichen Ladepunkten:



Abb. 6 mögliche Standorte öffentlicher Ladepunkte im Untersuchungsgebiet

Die beiden Standorte in der Mitte des Plangebiets erfordern straßenbegleitende Parkbuchten und würden sich den Gästen bzw. Besuchern von Gebäude innerhalb der Siedlung richten. Weiterhin bestünden Möglichkeiten, die vorhandenen Parkplätze für die Bewohner der Reihenhäuser im Süden um Stellplätze mit Ladesäulen zu erweitern.

Die Installation und Funktionsüberprüfung der Ladeinfrastruktur muss durch einen Elektrofachbetrieb erfolgen, der eine Zusatzausbildung für Ladeinfrastruktur nachweisen kann. Ein sachgemäß ausgefülltes Prüfprotokoll ist als Abnahmenachweis zu erstellen und vom Installateur sowie vom Besitzer zu unterzeichnen. Diese Abfolge ist unabdingbar und es ist von großer Wichtigkeit, diese sachgemäß durchzuführen, weil die elektrische Anlage „Ladevorrichtung“ erst dann aus Sicht des Brandschutzes abgesichert ist und keine Gefahr darstellt. Die Prüfungen und ausgestellten Zertifikate bestätigen die Unbedenklichkeit des Ladevorganges als Brandgefährdung. Die Richtlinie VDI 2166, Blatt 2, die im Oktober 2015 veröffentlicht wurde,

regelt die „Planung elektrischer Anlagen in Gebäuden“. Die Planung und Realisierung von Ladestationen in oder an Gebäuden ist in dieser Richtlinie ausführlich beschrieben. Zum Brandschutz wird im Kap. 6.4 der VDI-Richtlinie 2166 hingewiesen. Darin ist auch geregelt, dass es keiner besonderen Anordnung oder Dimensionierung der Stellplätze für E-Fahrzeuge aus Sicht des Brandschutzes bedarf. Unter Beachtung aller Richtlinien, Normen für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur (herstellerseitig) und des Prüfverfahrens können E-Fahrzeuge und Ladestationen in Garagen, ohne besondere Auflagen betrieben werden. Nach Installation sollten die Ladestationen in die entsprechenden Suchportale eingetragen werden.

6. Fazit

In der vorliegenden Untersuchung der Energiebedarfe und Versorgungsoptionen wurde die angedachte Bebauung entsprechend der aktuellen Planungsphase als einheitlich angenommen. In der Umsetzung werden aber die einzelnen Bauherren individuelle Lösungen umsetzen. Für die Etablierung einer zentralen Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz ist der Wärmebedarf für die zu versorgende Fläche zu gering, um einen wirtschaftlichen Vorteil für die Verbraucher zu generieren. Optimierungsmöglichkeiten bestünden aber im Einsatz alternativer Brennstoffe (bspw. Biogas) oder dem Anschluss weiterer Abnehmer in der Umgebung. Diese Entscheidung obliegt dann dem jeweiligen Betreiber.

Eine weitere Möglichkeit könnte die Anbindung an das bestehende Fernwärmenetz der Stadtwerke Delitzsch sein. Diese Option muss aber aufgrund der zu überwindenden Entfernung und den höheren Verlegekosten im Bestand eher kritisch gesehen werden. Es ist zu empfehlen eine Untersuchung zu dieser Variante in einer späteren Planungsphase durch die Stadtwerke Delitzsch selbst oder einem unabhängigen Ingenieurbüro vorzunehmen.

Der Einsatz von Photovoltaikanlagen sollte für jeden Bauherren eine Option sein und im Rahmen der Planungen nicht ausgeschlossen werden. Durch eine eigenverbrauchsoptimierte Ausrichtung und der Kopplung mit Elektromobilität sind hohe solare Deckungsgrade erreichbar. Für Besucher mit Elektrofahrzeuge sind geeignete Standorte für Ladesäulen an den Parkplätzen und im Zentrum des Plangebiets vorhanden. In den nächsten Planungsphasen können hierzu Gespräche mit Betreibern der öffentlichen Ladepunkte geführt werden, um die Elektroleitungsplanung entsprechend vorzunehmen.

.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Erdwärmekollektoren (links) und Erdwärmesonden (rechts)	9
Abb. 2 Städtebauliches Konzept Wohngebiet Schenkenberg, Stand Mai 2017	12
Abb. 3 Wärmepreise der Wärmeversorgungsvarianten.....	17
Abb. 4 CO ₂ -Emissionen aus den Wärmeversorgungsvarianten	17
Abb. 5 Primärenergiefaktor der Versorgungsvarianten	18
Abb. 6 mögliche Standorte öffentlicher Ladepunkte im Untersuchungsgebiet.....	22

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Ziele der Energiewende in Deutschland	5
Tab. 2 Ergebnis der Wärmebedarfsermittlung	7
Tab. 3 Ergebnis der Strombedarfsermittlung	7
Tab. 4 Beispielrechnung Erdgastherme mit Solarthermie	8
Tab. 5 Beispielrechnung Geothermie.....	10
Tab. 6 Beispielrechnung Pelletheizung.....	11
Tab. 7 Versorgungsvarianten	14
Tab. 8 Arbeitspreise und Preissteigerungsraten	15
Tab. 9 angesetzte Investitionskosten.....	15
Tab. 10 Ergebnisse des Versorgungsvariantenvergleichs (alle Angaben sind Summen über die Gebäude).....	16
Tab. 11 Annahmen zur Berechnung des Photovoltaikpotenzials.....	19
Tab. 12 Potenzial Photovoltaik.....	20