

Energiekonzept Bebauungsplan Nr. 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“ in Bochum



Endbericht

Bearbeitung durch:

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

Auftraggeber:

blueorange Development West GmbH
Sentmaringer Weg 21
48151 Münster
Telefon: +49 [0]251 927531-3910
stephan.schuermann@vbbrawo.de

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



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1 Ausgangslage	9
2 Bedarfsanalyse	10
2.1 Wärme	10
2.2 Strom	12
2.3 Kälte (Kühlung, Wärmeschutz)	13
3 Versorgungsoptionen	15
3.1 Begriffserläuterungen in der Wärmeverteilung und Erzeugung	15
3.2 Techniken in der Wärmeerzeugung	16
4 Potenzialanalyse	19
4.1 Solare Potenziale	20
4.2 Geothermische Potenziale	23
4.3 Leitungsgebundene Versorgung	31
5 Bewertung und Vorauswahl	33
6 Beschreibung der Versorgungsvarianten	35
7 Variantenvergleich	39
7.1 Rahmenparameter	39
7.2 Vergleich Energie- und Umweltbilanz	40
7.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich	44
7.4 Empfehlung	46
8 Anhang	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Wärmebedarf nach Gebäudestandard	11
Abbildung 2	Verteilung elektrische Energie bei vollständiger Ladung im Quartier	13
Abbildung 3	Übersicht der Versorgungsoptionen	17
Abbildung 4	Solarer Ertrag in Abhängigkeit der Anlagenausrichtung (Quelle: Verbund AG)	20
Abbildung 5	Solarer Deckungsgrad am Beispiel EFH	22
Abbildung 6	Geothermische Energiequellen (Quelle: Gertec)	24
Abbildung 7	Spezifische Ergiebigkeit Erdsonden (Quelle: Geologischer Dienst NRW, 2022)	25
Abbildung 8	Verteilung der 65 Erdsonden (100 % Basis)	26
Abbildung 9	Verteilung der 33 Erdsonden (50 %) + zu versorgende Gebäude (MFH+KiTa)	27
Abbildung 10	Abstandsproblematik Erdsonden dezentral	28
Abbildung 11	spez. Ergiebigkeit Erdkollektoren (Quelle: Geologischer Dienst NRW, 2022)	29
Abbildung 12	Flächenproblematik Erdwärmekollektoren dezentral	30
Abbildung 13	Erdgasversorgungsleitung im Westen (Bild links) und Osten (Bild rechts) des Baugebiets (Quelle: Stadtwerke Bochum Netz)	32
Abbildung 14	Bewertung der Versorgungsoptionen (Stand 17.03.2022)	33
Abbildung 15	Erzeugerlastgang Holzfeuerung	36
Abbildung 16	Wärmenetz mit Heizzentrale im Westen des Quartiers	37
Abbildung 17	Wärmenetz mit Heizzentrale im Osten des Quartiers	37
Abbildung 18	Primärenergieeinsatz, Wärmeerzeugung und absolute Emissionen	41
Abbildung 19	Primärenergieeinsatz, Wärmeerzeugung und absolute Emissionen mit PV-Stromanrechnung	41
Abbildung 20	Primärenergieeinsatz, Wärmeerzeugung und absolute Emissionen	42
Abbildung 21	Spez. ökologische Kennwerte und PEF der Varianten	42
Abbildung 22	Spez. ökologische Kennwerte und PEF der Varianten mit PV-Stromanrechnung	43
Abbildung 23	Spez. ökologische Kennwerte und PEF der Varianten nach Strommix 2030	43
Abbildung 24	Wärmepreis ohne und mit Förderung nach zukünftigen BEW	44
Abbildung 25	Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten ohne Förderung	45
Abbildung 26	spez. Wärmepreis (Brutto) ohne und mit Förderung nach zukünftigen BEW	45
Abbildung 27	CO ₂ -Äquivalente in Abhängigkeit der Wohnfläche	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Gebäudekennwerte Wärme (KfW 40 Standard)	11
Tabelle 2	Gemittelte PV-Kennwerte	21
Tabelle 3	Gemittelte Geothermie Kennwerte Erdsonde	27
Tabelle 4	Gemittelte Geothermie Kennwerte Erdkollektor	29
Tabelle 5	Leistungen Luft/Wasser Wärmepumpen	35
Tabelle 6	CO ₂ e-Faktoren und PEF nach GEG	39
Tabelle 7	CO ₂ e-Faktoren und PEF nach Zielszenario 2030 (Quelle: IINAS 2021)	39
Tabelle 8	CO und Staubemissionen Pelletfeuerung (Quelle: Bafa, 2022 (Liste der förderfähigen automatisch beschickten Biomasseanlagen))	44
Tabelle 9	THG-Bilanz	47

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AN	Energiebezugsfläche
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
COP	Coefficient of performance
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DHH	Doppelhaushälfte
DIN	Deutsches Institut für Normung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EWK	Erdwärmekollektor
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWP	Global Warming Potential
Hi	Heizwert
Hs	Brennwert
HZ	Heizzentrale
IINAS	Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -Strategien GmbH
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW _{th}	Kilowatt thermisch
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
kWh	Kilowattstunden
kWp	Kilowatt Peak
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
MFH-Misch	Mehrfamilienhaus mit Mischnutzfläche
NECP	Nationaler Energie- und Klimaplan
NGF	Nettogrundfläche
PEF	Primärenergiefaktor
PV	Photovoltaik
QH	Nettoheizwärme
REF	Referenzsystem
RH	Reihenhaus
ST	Solarthermie
STA	Solarthermische Anlage

stdb.	städtebaulich
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasser
VRK	Vakuumröhrenkollektor
WE	Wohneinheiten
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WP	Wärmepumpe

1 Ausgangslage

Im Rahmen des laufenden Bauleitplanverfahrens der Stadt Bochum ist ein Konzept zur Energieversorgung für das zukünftige Neubaugebiet „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“ nach Bebauungsplan 1009 in Bochum zu erstellen. Die effiziente und klimaschonende Versorgung von Baugebieten mit Energie leistet einen erheblichen Beitrag zur Einhaltung von Klimaschutzziele. Hierbei dürfen allerdings Aspekte wie die Betriebssicherheit und auch die Akzeptanz nicht außen vor gelassen werden. Aus unserer Sicht besteht der Anspruch, eine zukunftsfähige Energiekonzeption unter Berücksichtigung der Aspekte

- Reduzierung des Energiebedarfs,
- Optimierung der Energieversorgung und
- Hoher Anteil erneuerbarer Energien

zu erstellen, die dauerhaft niedrige Energiekosten bei gleichzeitiger hoher Betriebs- und Planungssicherheit für den Nutzer garantiert und bei der die klimapolitischen Ziele der Stadt Bochum berücksichtigt werden.

Angesichts der klimapolitischen Herausforderungen sollte dabei möglichst eine bilanzielle Treibhausgasneutralität und eine hohe Quote in der Eigenstromversorgung unter Beachtung der o. g. Ansprüche an eine realisierbare Energieversorgungskonzeption erreicht werden, die die Bereiche Wärme, Stromversorgung und ggfs. Kälte abdeckt. Eine Treibhausgasneutralität erfordert Netto-Null-Emissionen der im Kyoto-Protokoll definierten Treibhausgase.

Die Energie- und Umweltbilanz des neu zu entwickelnden Gebietes wird zum einen durch den baulichen Standard der Gebäude und zum anderen durch die Systeme zur Versorgung mit Heizenergie, Warmwasser und Strom bestimmt. Im Rahmen der Konzepterstellung werden daher folgende Punkte betrachtet:

- Die zukünftig zu erwartenden Energiebedarfe für Wärme (Raumwärme, Warmwasser) und Strom (Haushaltsstrom, Elektromobilität).
- Die Erfordernisse an die technische Konzeption sowie die ggf. stufenweise Realisierung der Energieversorgung, die aus der zeitlichen Umsetzung der geplanten Bebauung resultieren.
- Die Auswirkungen für die späteren Investoren und Nutzer, insbesondere in finanzieller Hinsicht.
- Die Integration eines möglichst hohen Anteils erneuerbarer Energien sowie ggf. die Nutzung weiterer endogener Potenziale.

2 Bedarfsanalyse

Ein entscheidender Hebel bei der Realisierung eines klimaneutralen Quartiers liegt in der Vermeidung bzw. Verminderung von Energiebedarfen. Dabei stehen die Energieeinsparung und die Effizienzsteigerung im Mittelpunkt der Betrachtung. Somit sind bereits bei der Bedarfsermittlung hohe und höchste Energiestandards vorauszusetzen.

Der Energiebedarf des Quartiers leitet sich im Wesentlichen von den Gebäudetypen, der Nutzung und den benötigten zu beheizenden Flächen ab. Diese und weitere Informationen werden bzw. wurden sowohl aus dem städtebaulichen (stdb.) Entwurf entnommen, als auch in gemeinsamer Absprache mit dem Projektentwickler und der Stadt Bochum für die Bedarfsermittlung erörtert. Eine Bedarfsermittlung anhand der maximal möglichen Nutzflächen erscheint nicht zielführend, da die Vorgaben aus dem städtebaulichen Entwurf bzw. die Angaben zur maximal überbaubaren Fläche nicht die zu erwartende Bautätigkeit abbildet. Es würde dazu führen, dass Erzeugeranlagen überdimensioniert werden und die ökonomischen und ökologischen Berechnungen Ergebnisse darlegen, die in der Realität nur mit geringer Wahrscheinlichkeit umgesetzt werden würden. Im Zuge der Bedarfsanalyse sind die Energieformen Wärme, Strom – inklusive Elektromobilität - und ggf. Kälte zu berücksichtigen.

2.1 Wärme

Die spezifischen Bedarfskennwerte für die Gebäudestandards KfW 55 oder KfW 40 sind aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und den Förderrichtlinien der KfW nicht einfach abzuleiten. Der zulässige Primärenergiebedarf ist dort in Bezug auf das sogenannte Referenzgebäude definiert.

Die Primärenergieanforderungen sind in dem Gebäudeenergiegesetz über eine in weiten Bereichen gestaltbare Kombination von Hüllflächenqualität, Lüftung, PV-Eigenerzeugung und Wärmeerzeugung zu erfüllen. Bei gleichem Standard kann die an das Gebäude zu liefernde Nettoheizwärme (QH) sehr unterschiedlich ausfallen. Nur bei den KfW-Standards ist auch die bessere Hüllflächenqualität (als H'T = mittlerer Transmissionswärmeverlust) ein zusätzliches Kriterium. KfW 40 erfordert eine um 45 % bessere Hüllfläche als das Referenzgebäude.

Auf Basis der Wohngebäudetypologie des IWU, die zusätzlich eine Differenzierung zwischen den Gebäudetypen und Effizienzstandards ermöglicht und Simulationen im Programm SOLAR COMPUTER werden spez. Bedarfskennwerte für den Heizwärmebedarf ermittelt. Nach den Angaben aus der IWU sind je Gebäudetyp einheitliche Werte zugrunde gelegt, die sich an der vorgesehenen Bauweise, d. h. der Kompaktheit der Gebäude orientieren. Der Flächenbezug des spez. Bedarfskennwertes ist dabei die Wohnfläche und nicht die größere Energiebezugsfläche (AN) des GEG. Neben einem veranschlagten Heizwärmebedarf, ist der Bedarf für Trinkwarmwasser (TWW) der Heizwärme hinzuzurechnen, um den Gesamtwärmebedarf abzubilden.

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Gebäudeeffizienzstandards auf den Wärmebedarf des Quartiers zu verdeutlichen, sind in nachfolgender Darstellung die zu erwartenden Bedarfe, die sich aus der Hüllflächenqualität nach KfW- Standard 55, KfW- Standard 40 und einem Standard nach Passivhaus ergeben, abgebildet. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der KfW- Standard 55 seit Frühjahr 2022 nicht mehr förderfähig ist und davon ausgegangen wird, dass dieser die zukünftige Mindestanforderung nach (neuem) GEG darstellen wird.

Anhand des bisherigen Planungsstandes stellen sich die Energiebedarfe (Wärmbedarfe) wie folgt dar:



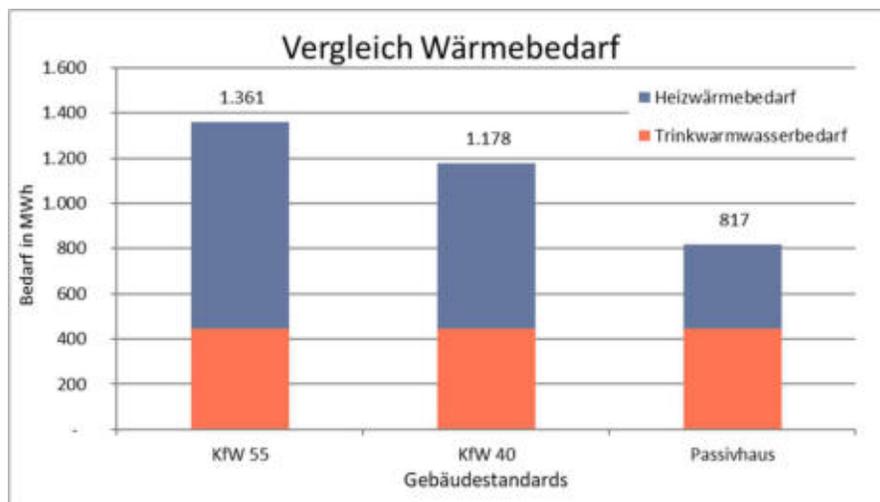


Abbildung 1 Wärmebedarf nach Gebäudestandard

Die Grafik verdeutlicht den direkten Einfluss des Gebäude- bzw. Dämmstandards auf den Heizwärmebedarf. In Folge einer verbesserten Dämmung und dem Einsatz einer Wärmerückgewinnung steigt der Einfluss des Trinkwarmwassers (TWW) auf den Gesamtwärmebedarf. Für das Baugebiet wird für weitere Berechnungen der KfW- 40 Standard vorausgesetzt. Der Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung summiert sich demnach auf 1.178 MWh/a bei einer zugrunde gelegten Wohnfläche von ca. 35.000 m². Davon entfallen ca. 450 MWh/a auf den Trinkwarmwasserbedarf. Die bereitzustellende Heizleistung beläuft sich auf ca. 1.070 kW, insofern eine Gleichzeitigkeit von 1 in der Trinkwarmwasserbereitung vorausgesetzt wird (der Fall bei dezentraler Versorgung). Wird eine Regelung der TWW-Bereitung ermöglicht (zeitliche Varianz im Quartier), so kann die Heizleistung im Quartier über die Absenkung der Gleichzeitigkeit auf ca. 850 kW gesenkt werden (der Fall bei zentraler Versorgung). Im Zuge der Auswertung des stdb. Entwurfs konnten verschiedene Gebäudetypen ermittelt werden. In Summe sind dies sechs Stück vom Typ Einfamilienhaus (EFH), Doppelhaushälfte (DHH), Reihenhaus (RH), Mehrfamilienhaus (MFH), Mehrfamilienhaus mit Mischnutzung (MFH-Misch) und die Kindertagesstätte (KiTa). Die jeweiligen Gebäudekennwerte sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Angaben (v. a. bei den MFH) als Durchschnittswerte zu verstehen sind.

Gebäude- typen	Anzahl	Wohnfläche	Heizwärme	TWW	Wärme gesamt	Heizlast inkl. TWW
	[-]	[m ²]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kW]
EFH	20	160	3.446	2.371	5.817	5,3
DHH	34	135	2.849	1.778	4.627	4,2
RH	27	135	2.849	1.778	4.627	4,2
MFH	24	835	17.500	10.719	28.219	25,7
MFH-Misch	2	1245	26.083	10.373	36.456	33,2
KiTa	1	882	11.262	11.262	29.745	27,1
Summe	108	34.849	733.329	445.163	1.178.492	1.073

Tabelle 1 Gebäudekennwerte Wärme (KfW 40 Standard)

Eine Auflistung der jeweiligen Gebäudekennwerte ist dem Anhang B zu entnehmen.



2.2 Strom

Mit Blick auf den Bedarf an elektrischer Energie ist neben dem Ladestrom für Elektrofahrzeuge vor allem der Haushaltsstrom zu nennen und zu bewerten. Hier wird der Bedarf personenbezogen und unter Hinzunahme des Stromspiegels für Deutschland aus dem Jahr 2021/2022 ermittelt¹. Der Stromspiegel gibt grobe Richtwerte für den Bedarf an elektrischer Energie in Abhängigkeit der Personenzahl eines Haushalts und einer Verbrauchsklasse an. Des Weiteren wird zwischen dem Gebäudetyp Haus und dem Typ Wohnung unterschieden. Für die Bedarfsermittlung wurde für das Quartier eine mittlere Verbrauchsklasse (Klasse C) ausgewählt. Somit liegt der zu erwartende Strombedarf eines Gebäudes vom Typ Haus mit vier Personen bei ca. 3700 kWh/a.

Die je Gebäudetyp zu erwartende Personenzahl wurde in Anlehnung an die durchschnittliche Wohnfläche je Einwohner bestimmt. Diese beträgt pro Kopf im Jahr 2021 ca. 47 m²². Mit Bezug auf [Tabelle 1](#) werden für ein EFH vier Personen und für ein DHH und RH drei wohnhafte Personen veranschlagt. Die Personenzahl je MFH variiert in Abhängigkeit der Wohnfläche des jeweiligen Gebäudes. Im Schnitt werden zwei Personen je Wohneinheit mit ca. 90 m² berechnet. Insgesamt wird für das Quartier von einer Einwohnerzahl von 751 Personen ausgegangen, die sich auf insgesamt 324 Wohneinheiten verteilen. Im Quartier leben demnach durchschnittlich 2,3 Personen in einer Wohneinheit. Unter Hinzunahme der Daten aus dem Stromspiegel ergeben sich plausible Bedarfswerte für den Bereich Haushaltsstrom. Anders als beim Wärmebedarf sind Effizienzpotenziale nicht in spezifischen Ausführungsstandards festgeschrieben, die sich untereinander auf Quartiersebene vergleichen ließen. Wenn gleich sämtliche elektrische Verbraucher europaweiten Effizienzkriterien unterliegen, ist die Nutzung und damit der Stromverbrauch völlig individuell. Das Ziel einer Energieeffizienzsteigerung kann daher bei der Ermittlung des Strombedarfes auf Quartiersebenen nicht hinreichend abgebildet werden. Der Strombedarf für die Anwendungen „Licht & Kraft“ – also für Haushaltsstrom – summiert sich für die angesetzte Anzahl an Personen auf ca. 741 MWh/a.

Darüber hinaus ist mit einem stark ansteigenden Strombedarf für das Laden von Elektrofahrzeugen zu rechnen. Hier ist die Prognose der Bedarfsentwicklung wesentlich schwieriger, da auf keine belastbaren Erfahrungswerte zurückgegriffen werden kann.

Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass mittelfristig jede Wohneinheit ein Elektro-Fahrzeug besitzt. Der Strombedarf für die Beladung der Fahrzeuge im Quartier wird auf ca. 872 MWh/a abgeschätzt. Werden drei Viertel der Ladevorgänge im Quartier getätigt und ein Viertel auswärts im Sinne einer Beladung der Fahrzeuge außerhalb des Quartiers (Arbeitsstelle, öffentliche Ladepunkte etc.), so verringert sich der Bedarf an Ladestrom auf ca. 654 MWh³. Beiden Rechnungen liegt eine durchschnittliche Fahrstrecke von 17 km/Tag und Person zugrunde⁴. Der angesetzte Energiebedarf je Fahrzeug beträgt auf einer Fahrstrecke von 100 km 18,7 kWh⁵. In Summe erhöht sich der Strombedarf demnach auf 1.613 MWh/a bei einer vollständigen Ladung der E-Fahrzeuge im Quartier. Das nachstehende Diagramm verdeutlicht noch einmal den deutlichen Einfluss der E-Mobilität auf den Gesamtstrombedarf.

¹ <https://www.co2online.de/fileadmin/ssi/stromspiegel/Broschuere/stromspiegel-2021.pdf>

² https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_326_31231.html

³ dena, Prognos, 2020: „Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland“, S. 4

⁴ nfas, DLR, IVT und infas 360, 2018: Mobilität in Deutschland (im Auftrag des BMVI), S.48

⁵ <https://www.entega.de/blog/elektroauto-verbrauch/>



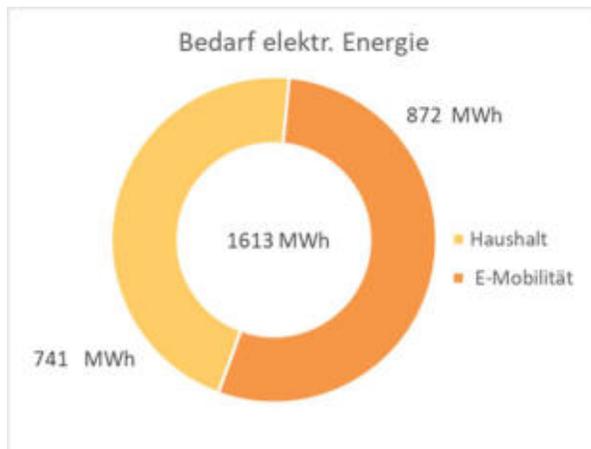


Abbildung 2 Verteilung elektrische Energie bei vollständiger Ladung im Quartier

Die benötigte Ladeleistung der E-Mobilität nimmt einen besonderen Stellenwert in der Bereitstellung von elektrischer Leistung ein. Unter der Annahme, dass jedes EFH, DHH und RH mindestens einen Stellplatz aufweist und mit einem Ladepunkt ausgestattet werden kann, beläuft sich die Anzahl an Ladepunkten auf den privaten Grundstücken auf 80. Die sowohl im Nordosten als auch im Westen des Baugebiets geplanten Quartiersgaragen sollen nach Angaben der stdb. Kennziffern ein Volumen von ca. 288 Stellplätzen aufweisen, wonach die übrigen 247 Fahrzeuge von z. B. den MFH untergebracht und beladen werden können (327 Fahrzeuge insgesamt für das Baugebiet angenommen, inkl. vier Fahrzeuge der KiTa (pauschal)). Insofern je Stellplatz ein Ladepunkt und eine Anschlussleistung von 11 kW vorgesehen wird (bis 11 kW anmeldepflichtig, aber nicht vom Netzbetreiber genehmigungspflichtig), ergibt dies eine maximale Gesamtleistung von 3.600 kW. Demnach ist ein Last- und Lademanagement zur Glättung von Lastspitzen und Umverteilung von Bedarfen essenziell. Mit dem Anschluss einer steigenden Anzahl an Ladepunkten sinkt die Gleichzeitigkeit, also die Häufigkeit einer gleichzeitigen Ladung von Fahrzeugen. Auf Basis einer Untersuchung des Bordersteps Instituts kann bei ca. 300 Ladepunkten im Quartier ein Gleichzeitigkeitsfaktor von ca. 0,20 angesetzt werden⁶. Demnach wird die Last so verteilt, dass nur 20 % der angesetzten Leistung zum gleichen Zeitpunkt benötigt wird, wodurch sich der tatsächliche Leistungsbedarf auf ca. 720 kW reduziert.

2.3 Kälte (Kühlung, Wärmeschutz)

Mit Blick auf den Energiebedarf des Quartiers soll der Begriff Kälte hier im Sinne von Klimakälte bzw. Temperierung Verwendung finden. Kälte wird in den meisten Fällen mittels Kältemaschinen unter Einsatz elektrischer Energie erzeugt. Die Notwendigkeit einer flächendeckenden Kühlung bzw. Temperierung der Wohnbereiche ist zu betrachten und kritisch zu bewerten. Einerseits steigt der Bedarf an Kühlung in den Sommermonaten im Zuge des Klimawandels an, andererseits ist mit dem Betrieb von Kälteanlagen meist ein steigender Strombedarf verbunden, den es klimaneutral zu decken gilt. Aus der Notwendigkeit zur Energieeinsparung heraus ist die aktive Kühlung mittels Kältemaschinen zu vermeiden. Die Notwendigkeit eines ausreichenden Schutzes von Innenräumen vor sommerlicher Überhitzung ist in den letzten Jahren stärker in das Bewusstsein der Planer und Architekten gerückt. Die DIN 4108-2:2013-02, nach der ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz nachzuweisen ist, weist ausdrücklich darauf hin, dass passive Maßnahmen aktiven Kühlmaßnahmen vorzuziehen sind:

⁶ Hinterholzer, S. & Beucker, S. (2019). Elektromobilität in Stadtquartieren. Analyse von Flexibilitätspotentialen mit intelligenter Ladeinfrastruktur in einem Beispielquartier. Berlin: Borderstep Institut; S.3

„Im Zusammenhang mit allgemeinen Energieeinsparungsmaßnahmen im Hochbau muss darauf geachtet werden, dass durch bauliche Maßnahmen, verbunden mit der Nutzung eines Gebäudes, nicht unzumutbare Temperaturbedingungen in Gebäuden entstehen, die maschinelle und energie-intensive Kühlmaßnahmen zur Folge haben. Daher muss bereits in der Planungsphase eines Gebäudes der sommerliche Wärmeschutz mit einbezogen werde, damit bereits durch bauliche Maßnahmen weitgehend verhindert wird, dass unzumutbare hohe Innentemperaturen entstehen.“⁷

Vor diesem Hintergrund wird kein Kältebedarf, welcher einen zusätzlichen Energieverbrauch verursacht, ermittelt. Sofern in einzelnen, besonders sensiblen Wohn- und Arbeitsbereichen, wie z. B. Senioren- und Pflegeeinrichtungen oder Arztpraxen eine Temperierung oder Kühlung in den Sommermonaten nicht zu vermeiden sein wird, sind Lösungen in Verbindung mit geothermischen Energieanlagen anzuwenden. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, mit Erdsonden und dezentralen Wärmepumpen im Sommer Kühlung hoch effizient bereitzustellen.

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

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

Auch die Grünflächengestaltung im Quartier, vor allem im direkt an die Fassade angrenzenden Umfeld, hat Auswirkung auf den sommerlichen Wärmeschutz des Gebäudes. Versickerungsfähige und begrünte Flächen/ Dachflächen oder auch Retentionsflächen für Regenwasser und offene Bachläufe führen zur sogenannten Verdunstungskühlung und wirken somit positiv auf das sommerliche Mikroklima im Quartier. In der Planung für das Baugebiet „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“ wurden solche Aspekte berücksichtigt und können einen positiven Einfluss auf das Klima im Quartier nehmen.

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

⁷ DIN 4108-2:2013-02, Kapitel 4.3.1



3 Versorgungsoptionen

3.1 Begriffserläuterungen in der Wärmeverteilung und Erzeugung

Kalte Nahwärme

Ein kaltes Nahwärmenetz wird aufgrund der geringen Netztemperatur ($< 10\text{ °C}$) als kalt bezeichnet. Der Vorteil dieses Netztyps sind die ausbleibenden Netzverluste, da sich die Temperatur des Mediums im Netz nahezu auf dem gleichen Niveau wie dem Erdreich befindet und dadurch kein thermischer Übergang an das Erdreich erfolgt. Häufig wird das Netz der kalten Nahwärme mit einer Sole gespeist, welche sich aus Wasser, Salz und einem Frostschutzmittel zusammensetzt. Ein zusätzlicher Nutzen der kalten Nahwärme besteht darin, dass das Netz günstiger ausfällt, da keine Dämmung der Rohrleitungen notwendig ist und eine passive Kühlung der Gebäude über eine Umkehrung des Wärmepumpenprozesses stattfinden kann.

Nahwärmenetz

Das Temperaturniveau in einem Nahwärmenetz liegt typischerweise bei $>70\text{ °C}$ und wird in Kombination mit Aggregaten hoher Vorlauftemperaturen verwendet (z. B. BHKW oder Holzkessel). In Neubaugebieten, welche Gebäude mit hohen Energieeffizienzstandards aufweisen, ist eine Temperatur von $>70\text{ °C}$ oftmals nicht mehr notwendig. Flächenheizsysteme sind für geringere Temperaturen ausgelegt. Zusätzlich bietet die Netzdimensionierung auf Basis einer geringeren Temperatur eine Technologieoffenheit für die Zukunft. Entsprechend wird das Nahwärmenetz hierbei auf eine Temperatur von $< 50\text{ °C}$ ausgelegt. Man spricht dabei auch von einem Low-Ex-Netz.

Gaskessel

Gaskesselanlagen nutzen einen gasförmigen Energieträger in Form von Erdgas, Biomethan oder zukünftig auch erneuerbare Gase zur Wärmeerzeugung. Der Wirkungsgrad eines Gaskessels beläuft sich auf $>90\%$. Bei einer dezentralen (im eigenen Hauskeller) oder zentralen (in einer Heizzentrale) Installation ist der Gaskessel als sehr platzsparend und vergleichsweise kostengünstig einzustufen. Versorgt wird der Gaskessel zumeist über das örtliche Erdgasnetz.

Blockheizkraftwerk (BHKW)

BHKW's arbeiten nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip d. h., dass sowohl Wärme als auch mechanische Energie durch den Einsatz eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffes erzeugt wird. Das Herzstück des BHKW's bildet ein Kolbenmotor oder eine Gasturbine. Über die verbrennungsbedingte mechanische Drehbewegung wird mithilfe eines Generators elektrische Energie erzeugt und die dabei entstehende thermische Energie (Abwärme) wird über einen Wärmetauscher an den Heizkreislauf weitergegeben. BHKW's können sowohl zur zentralen als auch zur dezentralen Wärmeerzeugung genutzt werden.

Holzfeuerung

Holzfeuerungen können verschiedene Varianten des Brennstoffes Holz zur Wärmeerzeugung nutzen. Am weitverbreitetsten sind Pelletkessel oder Holzhackschnitzelanlagen. Im Gegensatz zu gasförmigen Brennstoffen, welche leitungsgebunden zur Anlage transportiert werden können, ist für Holz ein Bevorratungslager notwendig. Hinzu kommen weitere technische Einrichtungen wie z. B. eine



automatische Beschickung des Kessels und eine Abgasreinigung, wodurch der Platzbedarf wesentlich größer ausfällt.

Wärmepumpe

Wärmepumpen (WP) nutzen Umgebungswärme und elektrische Energie, um die Temperatur des zu nutzenden Mediums von einem niedrigeren Niveau auf ein höheres Niveau anzuheben. Die Wärmepumpe nutzt Umweltenergie, die in der Luft, im Grundwasser oder im Erdreich gespeichert ist. Diese Umweltenergie wird von der Wärmepumpe aufgenommen und an ein schnell siedendes Kältemittel in der WP übergeben. Das danach dampfförmige Kältemittel wird über einen Verdichter komprimiert, sodass die Temperatur des Kältemittels steigt und über einen Wärmetauscher zur Warmwasserbereitung oder zum Heizen an den Verbraucher übergeben wird. Wie effizient eine WP ist, hängt wesentlich vom benötigten Temperaturniveau ab. Mit steigender Vorlauftemperatur steigt der Stromeinsatz für die WP bzw. für den Verdichter. Wärmepumpen sind in der Lage, bei einem moderaten Temperaturniveau ein Vielfaches der eingesetzten Energie in Wärmeenergie umzuwandeln. Beim Betrieb fallen keine direkten Emissionen an, da keine Verbrennung stattfindet. Wärmepumpen sind sehr platzsparend und können daher zur dezentralen als auch zentralen Wärmebereitstellung genutzt werden. Die Erschließung geothermischer Energiequellen ist hingegen verhältnismäßig flächen- und kostenintensiv.

Solarthermie

Solarthermischen Anlagen (STA) nutzen die thermische Energie der Sonne zur Erzeugung von Wärme. STA sind in verschiedenen Ausführungen vertreten, unter denen Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren weit verbreitet sind. Beide Arten nehmen die thermische Energie der Sonne über einen Absorber, in dem eine Trägerflüssigkeit zirkuliert, auf. Die erwärmte Flüssigkeit wird über einen Wärmetauscher an den Wasserkreislauf z. B. des Hauses oder eines Nahwärmenetzes zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung weitergegeben. Solarthermische Anlagen benötigen keinen Brennstoff oder direkte elektrische Energie, jedoch sind sie stark von den Einstrahlungsverhältnissen und somit vom Standort und der Jahreszeit abhängig.

3.2 Techniken in der Wärmeerzeugung

Die folgende Matrix gibt zunächst einen Überblick über mögliche Techniken der Wärmeerzeugung mit den Einsatzbereichen (zentral/dezentral) sowie ihren Vor- und Nachteilen. Die Eignung für das Neubaugebiet ist unterschiedlich einzuschätzen. Die Auswahl angepasster Lösungen wird im weiteren Verlauf des Konzeptes eingehender behandelt.

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzackschnitzel	zentrale Versorgung	niedrige Brennstoffkosten; keine Kopplung an den Ölpreis; regionale Verfügbarkeit der Brennstoffe; niedrige CO ₂ Emissionen; Grund- und Spitzenlastfähig	aufwändige Anlagentechnik; hoher Betriebsaufwand; hoher Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager; hohes Transportaufkommen v.a. in kalten Wintermonaten

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzpellet	zentrale und dezentrale Versorgung	mäßige Brennstoffkosten; keine Kopplung an den Ölpreis; (über-)regionale Verfügbarkeit; hoher Automatisierungsgrad; geringerer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf; geringe CO ₂ Emissionen; Grund- und Spitzenlastfähig	aufwändige Anlagentechnik; mäßiger Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager; mittleres Transportaufkommen
KWK mit fossilem Erdgas	zentrale Versorgung	hohe Effizienz; niedrige CO ₂ Emissionen bei einer Stromgutschrift gegen den fossilen BRD-Mix (GEG 2020); geringer/mittlerer Platzbedarf	Abhängigkeit von Energie Importen und Brennstoffpreisen; BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel; Wartungsaufwand; steigende CO ₂ -Kosten
KWK mit Biomethan (virtuelles Biogas, stofflich Erdgas)	zentrale Versorgung	Stromvergütung gem. KWK-G oder EEG (Stand 2021) je nach Qualität und Leistungsklasse; hohe Effizienz; geringere CO ₂ Emissionen ggü. Erdgas; geringer/mittlerer Platzbedarf	mittlere CO ₂ <u>Äquivalent</u> Emissionen (Methan + Lachgas fallen bei der Erzeugung an); BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel; Wartungsaufwand
Luft/Wasser Wärmepumpe	dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand; mäßiger Platzbedarf geringe; CO ₂ Emissionen; Grund und Spitzenlast; Gute Kombinierbarkeit mit PV	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C; Je nach Dämmstandard Geräuschemissionen
geothermische Wärmepumpe	zentrale/ dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand; mäßiger Platzbedarf (WP); geringe CO ₂ Emissionen; Grund und Spitzenlast; Kühlung im Sommer möglich; Keine direkten Emissionen (Geräusche/ CO ₂ /...)	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C; flächen- & kostenintensive Quellenerschließung; geologische Eignung nicht immer gegeben
kalte Nahwärme: - Erdsonde - Erdkollektor	WP je Haus zentrale Versorgung über ein kaltes Nahwärmenetz	wie geoth. WP; Nahwärmenetz ohne Isolierung; keine Netzverluste; Kühlung im Sommer möglich	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C; flächen- & kostenintensive Quellenerschließung; geologische Eignung nicht immer gegeben
Solarthermie	zentrale/ dezentrale Versorgung	minimale CO ₂ Emissionen; gute Kombinierbarkeit mit anderen Energie Quellen; geringer Betriebsaufwand	vorwiegend für Warmwasser und zur Heizungsunterstützung
Erdgaskessel	zentrale/ dezentrale Versorgung	geringer Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO ₂ Emissionen fossiler Energieträger; Abhängigkeit von Energie-Importen; steigende CO ₂ Kosten

Abbildung 3 Übersicht der Versorgungsoptionen



Theoretisch ist es möglich, die Wärme für jedes Gebäude dezentral durch eine der Versorgungstechniken bereitzustellen. Jedoch blieben bei einer dezentralen Wärmeversorgung (sowohl ökologische wie auch wirtschaftliche) Effizienzpotenziale ungenutzt, die eine zentrale Nahwärmeversorgung ausschöpfen kann. Sollte die Wahl z. B. auf den Energieträger Holz fallen, ergibt sich bei einer zentralen Versorgung der Vorteil, dass die Brennstofflagerung und -anlieferung bei einer Heizzentrale logistisch leichter zu handhaben ist als bei einer dezentralen Versorgung. Auch die Vorgaben bezüglich des Lärm- und Emissionsschutzes lassen sich mit einer zentralen Versorgung leichter einhalten. Da das gesamte Gebiet neu errichtet wird, können Nahwärmeleitungen zur Verteilung der Wärmeenergie im Vorhinein gut eingeplant werden.

Bei Errichtung eines Neubaugebietes bietet sich außerdem die Möglichkeit, Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau einzusetzen, um u. a. hohe Netzverluste zu vermeiden. Der spezifische Wärmebedarf ist durch den guten Effizienzstandard der Gebäudehülle (KfW 40) ausreichend gering und auch das Verteilsystem und die Wärmeübergabe in den Gebäuden können durch eine Installation von Flächenheizungen optimal auf das niedrige Temperaturniveau ausgelegt werden.

4 Potenzialanalyse

Eine CO₂-neutrale Energieversorgung ist ein wesentlicher Baustein für die Entwicklung eines nachhaltigen Wohnquartiers. Im Mittelpunkt stehen dabei lokal und regional verfügbare erneuerbare Energiequellen. Allen voran ist dabei die Solarenergie zu nennen, die in Form von Photovoltaikanlagen und/oder als Solarthermieanlagen verpflichtend in die Energieversorgung des Quartiers eingebunden werden sollte. Die Potenziale entstehen dabei im Wesentlichen durch Dach- und Fassadenflächen der zu errichtenden Gebäude. Hier ist eine größtmögliche Flächenausnutzung anzustreben. Die Photovoltaik ist dabei der zentrale Baustein für eine klimaneutrale Stromversorgung, da diese hinsichtlich ihrer vergleichsweise niedrigen Investitionskosten je kWp und einfachen Umsetzung einen bedeutenden Vorteil gegenüber bspw. Kleinwindanlagen bietet.

Mit Blick auf die Wärmeversorgung wurden folgende Potenziale untersucht:

- Solare Potenziale zur dezentralen Versorgung (Photovoltaik und Solarthermie) sind vorhanden und wurden nachfolgend genauer untersucht.
- Abwärmepotenziale konnten in der Umgebung des Baugebiets identifiziert werden, wurden jedoch in Abstimmung mit dem Auftraggeber nicht weiter betrachtet. Hintergrund dafür sind die zu großen Entfernungen zu den möglichen Energiepotenzialen, welche in Verbindung mit der dichten Bebauung als zu kostenintensiv und nicht verhältnismäßig angesehen werden.
- Geothermische Potenziale im Quartier oder in direkter Nachbarschaft sind vorhanden und wurden genauer untersucht.
- Fließgewässer weisen am Standort kein ausreichendes Potenzial auf.
- Eine potenzielle Anbindung an das Erdgasnetz des anliegenden Wohngebiets ist möglich, sodass ein Bezug von Biomethan/ Wasserstoff zukünftig ermöglicht werden könnte.
- Biogas- und Klärgasproduzenten sind in weiterer Umgebung vorhanden, jedoch mit > 5 km Entfernung als nicht praktikabel und realistisch umsetzbar anzusehen.
- Trotz der Lage in ehemaligen Kohleabbaugebieten sind die Entfernungen zu zukünftigen Grubenwasserförderungen zu groß (min. 3,8 km), sodass Wärme aus Grubenwasser nicht in die weitere Betrachtung der Versorgungslösungen miteinfließt.

Insbesondere die geothermischen Potenziale bieten die Möglichkeit, neben einer effizienten Beheizung in den Wintermonaten auch eine hoch-effiziente Kühlung bzw. Temperierung in den Sommermonaten sicherzustellen.

Die leitungsgebundenen Energiequellen wie Erdgas und/oder Biomethan ermöglichen eine Varianz in der Versorgungstechnologie (Kessel, BHKW, Gaswärmepumpe ...) und können eine unterstützende Wirkung in der Versorgungssicherheit des Baugebiets haben.

Bedeutende Potenziale hinsichtlich der Wärme- und Stromversorgung werden in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert. Ausführlichere Inhalte zu den hier ausgeschlossenen Potenzialen finden sich im Anhang wieder (Besprechung vom 03.03.22).

4.1 Solare Potenziale

Auf Grundlage des städtebaulichen Entwurfes können die für eine solare Nutzung zur Verfügung stehenden Dachflächen ermittelt werden. Es wird dabei allgemein eine Ausführung als Flachdach zugrunde gelegt. In der folgenden Betrachtung wird zwischen solaren Potenzialen einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung und einer Solarthermieanlage zur Warmwasserbereitung unterschieden.

Photovoltaik

Die Gewinnung solarer Energie zur Eigenstromversorgung und die damit verbundene Unabhängigkeit von schwankenden Strompreisen gewinnt immer mehr an Bedeutung. So wird auch für das Quartier „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“ eine vollständige bilanzielle Bedarfsdeckung untersucht.

Einen besonderen Einfluss auf den Ertrag einer PV-Anlage nehmen die Ausrichtung der PV-Module und die Ausrichtung des Daches selbst. Im stdb. Entwurf sind den Gebäuden keine Dachtypen zugeordnet, sodass eine Ausrichtung des Daches nicht ersichtlich wird. Eine Süd-Ausrichtung stellt den optimalen Fall hinsichtlich des Ertrags einer PV-Anlage dar, da so die meiste Energie der Sonne aufgefangen und umgewandelt werden kann. Eine Ost-West-Ausrichtung hingegen senkt den Wirkungsgrad der Module, führt aber zeitgleich zu einem höheren Nutzungsgrad der Anlage. Dies hängt damit zusammen, dass in den Morgen- und Abendstunden durch einen verbesserten Winkel zur Sonne (Einstrahlungswinkel) mehr Energie erzeugt und durch den Bedarf des Wohngebäudes direkt verbraucht werden kann. Die nachstehende Abbildung zeigt den Einfluss der Ausrichtung auf den Ertrag der PV-Anlage.

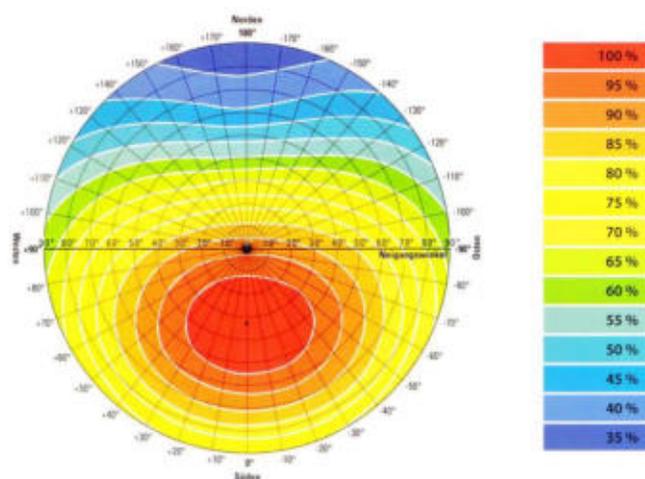


Abbildung 4 Solerer Ertrag in Abhängigkeit der Anlagenausrichtung (Quelle: Verbund AG)

Über die Simulationssoftware PV-SOL wurde der spezifische Ertrag einer PV-Anlage in Richtung Süden sowie in Ost-West-Ausrichtung simuliert. Dabei wurden die Module in Süd-Richtung mit 25° Neigung und die Module mit Ost-West-Ausrichtung mit 15° Neigung aufgeständert. Für PV-Module in Süd-Ausrichtung ergibt sich ein spezifischer Ertrag von ca. 1.070 kWh/kW_p und in Ost-West-Ausrichtung von ca. 906 kWh/kW_p. Da der spez. Ertrag in Ost-West Ausrichtung verhältnismäßig hoch ausfällt und die Ausrichtung einen hohen Dachflächennutzungsgrad zulässt, weil Verschattungsabstände ggü. einer Süd-Ausrichtung zu vernachlässigen sind, wird für die Potenzialermittlung die Ost-West Variante gewählt. Darüber hinaus bietet eine Ost-West-Aufständigung den Vorteil eines höheren Eigenverbrauchanteils des erzeugten Stroms, da v.a. bei Wohngebäuden in den Morgen- und Abendstunden ein Strombedarf

vorhanden ist. Durch die optimierte Ausrichtung der Module (Ost-West) kann dann bereits ein größerer Teil des Bedarfs ggü. einer Süd-Aufständigung über Solarstrom gedeckt werden. Zur Belegung der Dachflächen wurde ein Flächennutzungsgrad von 65 % gewählt, sodass Aufbauten, ggf. Servicewege und Abstände zu Dachkanten eingehalten werden können. Die potentiell nutzbare Dachfläche für das Baugebiet beträgt demnach rund 13.000 m².

Die Leistung eines Daches ist letztlich von dessen Größe und der Leistung des installierten PV-Moduls abhängig. Zur Abschätzung des Potentials wurde ein 350 W PV-Modul zugrunde gelegt. In der groben Auslegung der einzelnen Dachflächen wurden folgende gemittelte Kennwerte je Gebäudetyp ermittelt:

Gebäudetyp	Pot. Dachfläche	Installierbare PV-Leistung	Pot. Ertrag	Anteil Ertrag
	[m ²]	[kW _p]	[kWh/a]	[-]
EFH	68	11,0	9.961	10 %
DHH	50	8,3	7.501	13 %
RH	47	7,8	7.049	10 %
MFH	242	40,3	36.481	45 %
MFH-Misch	360	59,9	54.245	6 %
KiTa	382	63,7	57.734	3 %
Quartiersgarage	858	142,8	129.427	13 %
Summe	12.945	2.146	1.945.208	100 %

Tabelle 2 Gemittelte PV-Kennwerte

Die Tabelle zeigt, dass die MFH aufgrund ihrer Anzahl und großen potenziellen Dachfläche einen großen Anteil mit 45 % am Gesamtstromertrag der Photovoltaik ausmachen. Des Weiteren sind die Dachflächen der Quartiersgaragen nicht zu vernachlässigen, welchen mit ca. 1.700 m² PV-fähiger Fläche gut 13 % des Gesamtstromertrags stellen.

In Summe beträgt die gesamt installierbare Leistung mit dem genannten Flächenansatz 2.146 kW_p. Unter Hinzunahme der spezifischen Erträge je kW_p (kWh/ kW_p) ergibt sich ein bilanzielles und solares Potenzial von ca. 1.945 MWh/a. Unter Hinzunahme des Bedarfs für den Haushaltsstrom (741 MWh) und der E-Mobilität (872 MWh) ergäbe sich ein bilanzieller Deckungsgrad von ca. 121 %.

Solarthermie

Eine solarthermische Anlage absorbiert einen Großteil der Strahlungsenergie der Sonne und kann über einen Wärmetauscher Warmwasser für den Haushalt zur Verfügung stellen und an kälteren Tagen als Heizungsunterstützung dienen. Wie auch die Photovoltaik ist die Solarthermie stark von den Einstrahlungsverhältnissen der Sonne und somit von der Jahreszeit abhängig. Für die Beschreibung des Potentials wird eine vollständige Deckung des Warmwasserbedarfs in den Sommermonaten Mai bis August angestrebt. Eine Bedarfsdeckung des Warmwassers in den Wintermonaten würde aufgrund der schlechten Einstrahlungsverhältnisse zu einer Überdimensionierung des Kollektors und einer Verdrängung anderer Energieerzeuger führen.

Solarthermieanlagen gibt es in den verschiedensten Ausführungen. Am weitverbreitetsten sind Flach- und Vakuumröhrenkollektoren (VRK), die sich nur rein optisch und in ihrem Wirkungsgrad unterscheiden. Flachkollektoren ähneln stark einem PV-Modul und weisen einen Wirkungsgrad von ca. 45 % auf. Bei einem VRK sind mehrere Kollektorrohre, in denen sog. Absorber zur Aufnahme der solaren Energie verbaut sind, nebeneinander angeordnet. Aufgrund einer verbesserten Isolierung (Vakuum) liegt hier der Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Temperaturen (Außen- und Betriebstemperatur) bei ca. 55 %. Durch



die verbesserte Flächenausnutzung wird der VRK zur Einschätzung des solarthermischen Potenzials genutzt.

Von einer zentralen Solarthermieanlage wird aufgrund der geringen verfügbaren Freiflächen im stdb. Entwurf und den sich daraus ergebenden Restriktionen im öffentlichen Raum abgesehen. Demnach ist die Solarthermie (ST) dezentral auf den Dachflächen für eine dezentrale Versorgung auszulegen. Die Größe einer Anlage beschränkt sich auf den jeweiligen Bedarf des Gebäudes. Eine bedarfs- und kostenoptimierte Lösung wird bei einem Deckungsgrad von ca. 60 %, bezogen auf den Warmwasseranteil, erreicht. Eine derartige Dimensionierung der Anlage führt dazu, dass der Warmwasser-Anteil in den Sommermonaten, der in der Regel dann keine Heizenergie beinhaltet, gedeckt werden kann. Wird der Deckungsgrad weiter erhöht, so werden größere Kollektorflächen benötigt, welche in den Sommermonaten zu höheren Verlusten und demnach zu einem niedrigeren Nutzungsgrad führen. Letztlich wird die Anlage teurer und ineffizienter.

Die Auslegungskriterien der Solarthermieanlagen im Quartier werden verallgemeinert angesetzt: Die Ausrichtung der Module bezieht sich auf eine Süd-Ost/Süd-West Ausrichtung mit einem Kollektorneigungswinkel von ca. 40°. Die Modulgröße bzw. die Absorberfläche richtet sich nach dem Warmwasserbedarf des Gebäudes. Für ein EFH beträgt dieser ca. 200 kWh/Monat (s. Anhang B). Über den spezifischen Wärmeertrag des VRK, der im Monat Mai/Juni die besten Ertragswerte von gut 70 kWh/m² aufweist, bestimmt sich die benötigte Fläche aus der Division von Bedarf und Ertrag. Für das Einfamilienhaus mit einem Bedarf von 200 kWh/Monat kann demnach über eine Absorberfläche von ca. 2,8 m² der Warmwasserbedarf nahezu vollständig bilanziell in den Sommermonaten gedeckt werden. Da ein ST-Modul je nach Modell eine festgesetzte Absorberfläche aufweist, wird die benötigte Anzahl an ST-Modulen über die Division von benötigter Absorberfläche und Absorberfläche des Moduls (1,51 m²/Modul) berechnet. Das Ergebnis wird ggf. auf die nächste ganze Stelle bzw. das nächste ganze Modul aufgerundet. Nachfolgende Abbildung zeigt den solaren Ertrag einer ST-Anlage mit 3 m² Absorberfläche und den TWW-Bedarf eines EFH im Jahresverlauf.

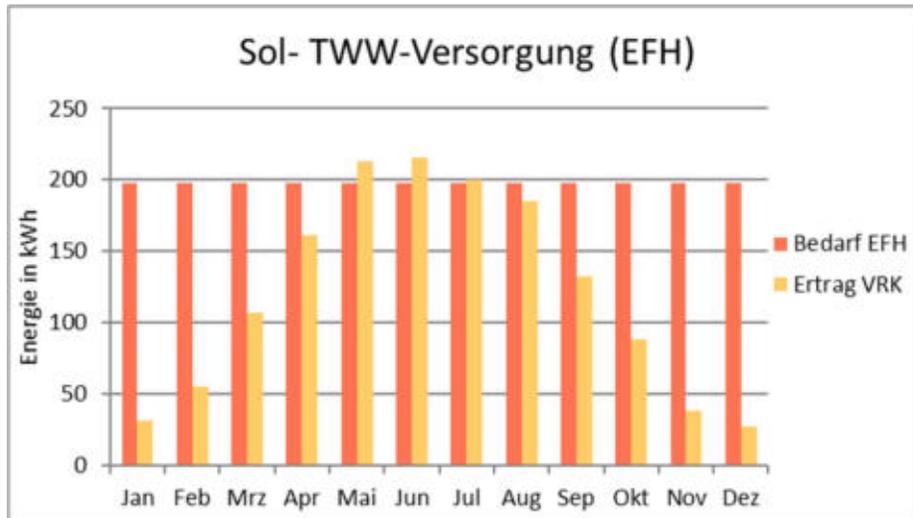


Abbildung 5 Solarer Deckungsgrad am Beispiel EFH

Die Abbildung zeigt, dass die ST v. a. in den Wintermonaten nur einen Bruchteil des Warmwasserbedarfs decken kann, jedoch die Sommermonate Mai bis August teils vollständig solarthermisch versorgt werden können. Eine Vollversorgung in den Sommermonaten ermöglicht die Abschaltung des dezentralen Wärmeerzeugers in den jeweiligen Gebäuden bzw. der zentralen Wärmeerzeuger in einer Heizzentrale, wodurch das Nahwärmenetz im Quartier ebenfalls außer Betrieb genommen werden kann. Wird auf

jedem Gebäude im Baugebiet eine ST-Anlage errichtet, die den sommerlichen TWW-Bedarf decken kann, so ergibt sich ein bilanzieller solarer Wärmertrag von ca. 277 MWh. Dies entspricht unter Hinzunahme des TWW-Bedarfs im Quartier (445 MWh) einem Deckungsgrad von gut 60 %. Dem Anhang B sind die einzelnen Dimensionierungen und Erträge der ST je Gebäude zu entnehmen.

Fazit Solare Potenziale

Der städtebauliche Entwurf weist ein ausreichendes PV-Flächenpotenzial zur bilanziellen Deckung des Strombedarfs für Haushalt und E-Mobilität auf. So kann mit einem PV-Ertrag von ca. 1.945 MWh/a der Bedarf von 1.613 MWh/a bilanziell vollständig gedeckt werden. Über eine ausreichend große Dimensionierung der Solarthermie für die Sommermonate ist in den Monaten Mai bis Juli (und teils August) eine eigenständige und unabhängige Warmwasserversorgung zu erreichen. Bilanziell beläuft sich die solare Deckung des Warmwasserbedarfs auf ca. 60 %. Eine Aufstellung der einzelnen Dachflächen inkl. der Anzahl an Modulen, Leistung und theoretischem Ertrag sind dem Anhang B beigelegt.

Eine mögliche Flächenkonkurrenz zwischen der Photovoltaik und der Solarthermie kann weder bestätigt noch widerlegt werden. Insofern ein Gebäude ohnehin über eine Wärmepumpe mit Wärme (Heiz- und TWW-Wärme) versorgt wird, ist es sinnvoll, die freie Fläche des Daches im höchsten Maße mit PV auszustatten, da die Wärmepumpe über einen geringen Anteil an Strom das drei bis vierfache an Wärme erzeugen kann (je nach Temperaturniveau). Ist in dem Gebäude keine Wärmepumpe installiert, so empfiehlt es sich, Wärme solarthermisch und dahingehend CO₂-neutral zu erzeugen.

Die Solarthermie wird im Variantenvergleich bewusst nicht betrachtet, da der jeweilige Investor nach eigenem Ermessen über die Investition in eine Solarthermieanlage entscheiden kann. Da zudem in jeder Vergleichsvariante die Erträge der ST angerechnet werden würden, findet keine Abgrenzung mehr unter den Varianten statt. In der abschließenden Empfehlung des Berichts wird nochmal auf die Thematik der ST eingegangen.

4.2 Geothermische Potenziale

Die Geothermie ist eine kostenlos zur Verfügung stehende Energiequelle, die in Form von Wärmeenergie in der Erdkruste gespeichert ist. Die Geothermie ist zu unterteilen in die oberflächennahe und tiefe Geothermie. Erstere beschreibt die Nutzung von Erdwärme aus bis zu 400 m Tiefe und wird im Folgenden betrachtet. Damit Wärme aus dem Erdreich für die Beheizung von Gebäuden nutzbar wird, ist eine Temperaturerhöhung nötig. Dafür stehen Wärmepumpen zur Verfügung, die über den Carnot-Kreisprozess die Temperatur auf ein Niveau von 40-50 °C (teilw. auch darüber) anheben. Eine Wärmepumpe nutzt dabei die zugeführte Wärmeenergie aus dem Erdreich, welche die Eigenschaft hat, eine konstante Temperatur von ca. 10 °C in einer Tiefe von ca. 10 bis 20 m zu halten. Ein Gemisch aus Salz, Wasser und Frostschutzmittel (Sole) entzieht dem Erdreich Wärmeenergie und überträgt diese an ein Kältemittel der Wärmepumpe. Die Wärmepumpe hebt mit Antriebsenergie in Form von elektrischer Energie das Temperaturniveau an. Der Einsatz an elektrischer Energie ist für diesen Prozess abhängig von der Effizienz der Wärmepumpe und dem benötigten Temperaturniveau. Als Kennwert für die Effizienz einer Wärmepumpe steht der „Coefficient of performance“ (COP), welcher das Verhältnis von zugeführter elektrischer Energie zu abgegebener Wärmeenergie angibt. Der COP schwankt mit der Grädigkeit der Soletemperatur aus dem Erdreich und der Vorlauftemperatur der Wärmepumpe. Der Wärmetzug aus dem Erdreich kann auf verschiedene Arten geschehen.

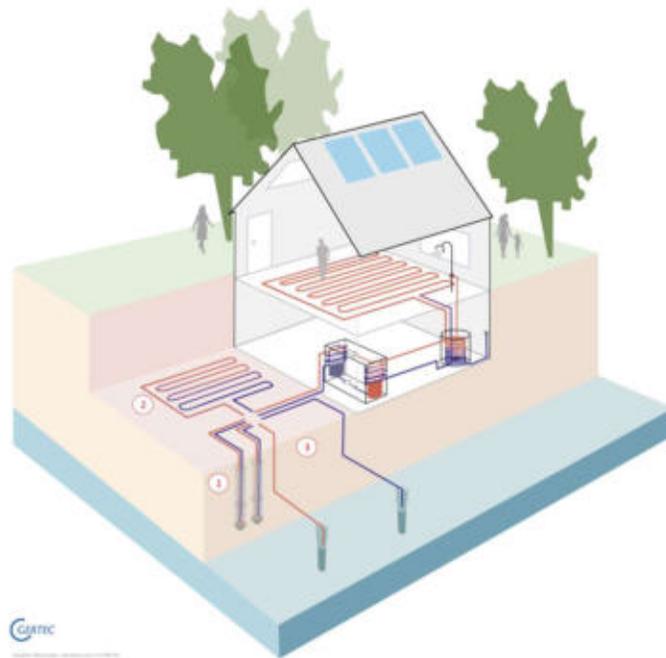


Abbildung 6 Geothermische Energiequellen (Quelle: Gertec)

In der vorstehenden Grafik sind drei mögliche Arten dargestellt, wie Energie dem Erdreich entzogen werden kann. Dies kann mithilfe von Erdsonden (1) oder Erdkollektoren (2) erfolgen sowie durch den Entzug von Energie aus dem Grundwasser über Brunnenanlagen (3). Für die drei dargestellten Entzugsarten wurden die geothermischen Potenziale in den nachstehenden Unterkapiteln ermittelt.

Erdsonden

Hinsichtlich der Genehmigung von Erdsonden auf dem Baugebiet bestehen lt. öffentlich zugänglicher Informationen des geologischen Dienstes NRW keine Hemmnisse, da das Gebiet in keinem Wasserschutz- oder Heilquellenschutzgebiet liegt. Einschränkungen durch kritische hydrogeologische und bergbaurechtliche Gegebenheiten in der vom Untertagebau geprägten Region konnten während der Projektbearbeitung bisher nicht bestätigt werden. Hinsichtlich der Vegetation in der Nähe von Erdsonden ist darauf zu achten, dass dort keine tiefwurzelnden Bäume gepflanzt werden, um eine Beschädigung der Sonde zu vermeiden. Da die Grünflächenplanung und die geplanten Versickerungsflächen im Grünstreifen des Quartiers einen besonderen Stellenwert einnehmen, wird die Dimensionierung der Geothermie stark eingeschränkt. Die Ergebnisse der Potenzialanalyse werden nachfolgend dargestellt.



Abbildung 7 Spezifische Ergiebigkeit Erdsonden (Quelle: Geologischer Dienst NRW, 2022)

Nach Auskunft über die Webanwendungen des geologischen Dienstes NRW befindet sich das Baugebiet in einer Region mit einer guten geothermischen Ergiebigkeit. So beträgt diese auf den Flächen des Baugebiets zum größten Teil 120 bis 129 kWh/m²a.

Für eine mögliche Installation von Erdsonden stehen lediglich die Flächen im Quartier zur Verfügung, da umliegende Flächen wie im Norden oder Süden des Baugebiets nicht verfügbar sind und/oder einer anderen Nutzung unterliegen. Unter Einhaltung eines Abstands von 10 m von Sonde zu Sonde und einem Abstand von 5 m zu Grundstücksgrenzen könnten in Summe 65 Sonden im mittleren Grünstreifen, im Wassergraben, der sich Richtung Osten ausdehnt und teils auf dem Gebiet der KiTa installiert werden. Mit einer Sondenlänge von je 100 m sowie einer spezifischen Entzugsleistung von 122 kWh/m²a können dem Erdreich ca. 793 MWh Energie entzogen werden. Die Wärmepumpe hebt das Temperaturniveau mit einem anlagenspezifischen COP an (hier COP=4,0) und stellt somit rund 1.057 MWh Wärme zur Verfügung. Der Deckungsgrad betrüge, bezogen auf den Gesamtwärmebedarf nach KfW 40 Standard (ca. 1.180 MWh), ca. 90 %. Die Verteilung der Erdsonden bei 100%iger Ausnutzung der im Baugebiet öffentlichen Flächen wird nachfolgend abgebildet.



Abbildung 8 Verteilung der 65 Erdsonden (100 % Basis)

Aufgrund des Konfliktes mit der Grünflächenplanung, die vor allem die Baumreihen am linken und rechten Rand des Grünstreifens betreffen, wurde die Anzahl der Erdsonden um ca. die Hälfte reduziert. Infolgedessen verringert sich die Anzahl der zu installierenden Erdsonden auf 33. Mit 33 Erdsonden sinkt die geothermische Endenergie auf ca. 540 MWh ab, sodass das Quartier nur noch zu ca. 46 % geothermisch versorgt werden könnte. Eine Möglichkeit zur Deckung des Restbedarfes besteht darin, Hybrid-Wärmepumpen einzusetzen, die neben der geothermischen Energiequelle auch die Quelle Luft nutzen können. Der Beitrag der Luft-Wasser-Wärmepumpen müsste sich demnach auf ca. 640 MWh belaufen und die nötige Restleistung von ca. 800 kW abdecken.

Fällt der Blick einer geothermischen Versorgung nicht auf das gesamte Quartier, sondern nur auf die MFH und KiTa so erreicht eine 50%ige Nutzung der Geothermie eine knapp 70%ige Bedarfsdeckung bei den genannten Gebäudetypen (Bedarf dann ca. 780 MWh). Der Beitrag der Geothermie bleibt dabei unverändert, jedoch verringert sich die Energie aus den Luftwärmepumpen auf ca. 240 MWh und die benötigte Leistung fällt auf ca. 445 kW ab. Eine 50%ige Installation an Erdsonden und die damit zu versorgenden MFH und KiTa (blau eingefärbt) sind der nachstehenden Grafik zu entnehmen.



Abbildung 9 Verteilung der 33 Erdsonden (50 %) + zu versorgende Gebäude (MFH+KiTa)

Da die geplanten Rigolen in der Mitte des Grünstreifens errichtet werden sollen und eine Ausdehnung in Richtung Norden und Süden erfahren, entfällt wichtiger Raum für die Erdsonden. Dies führt dazu, dass der Anteil an Erdsonden unter 50 % fällt (< 33 Erdsonden) und dadurch der Anteil an Energie aus Luft-Wasser Wärmepumpen erheblich steigt. Eine derartige Versorgung wird für die hier dargestellte Situation als ungeeignet angesehen, da sowohl die Kosten für eine zentrale Erschließung unverhältnismäßig hoch ausfallen würden, als auch die Ausmaße und die (Schall-)Emissionen einer solchen Anlage ggf. zu optischen und sozialen Unverträglichkeiten führen könnten. Aufgrund der genannten Nutzungskonflikte und den daraus resultierenden technischen Folgen fließt eine geothermische bzw. teilgeothermische Versorgung nicht als zentrale Versorgungsvariante in den Variantenvergleich mit ein.

Da eine zentrale Erschließung der Geothermie nicht möglich erscheint, bleibt jedoch eine dezentrale Versorgungsmöglichkeit bestehen. Für die verschiedenen Gebäudetypen werden folglich die durchschnittliche Anzahl an Erdsonden bzw. die benötigte Sondenlängen dargestellt.

Gebäudetyp	Heizlast	Entzugsleistung	Länge Sonde	Anzahl Sonden
	[kW]	[kW]	[m]	[-]
EFH	5,3	4,0	80	1
DHH	4,2	3,2	63	1
RH	4,2	3,2	63	1
MFH	25,7	19,3	386	4
MFH-Misch	33,2	24,9	498	5
KiTa	27,1	20,3	406	5

Tabelle 3 Gemittelte Geothermie Kennwerte Erdsonde

Die Berechnungen zeigen, dass im Schnitt je EFH, DHH und RH eine Erdsonde zur Bereitstellung der Heizleistung ausreichend ist. Mit steigender Heizleistung vergrößert sich die benötigte Länge der Erdsonde, was dazu führt, dass die kumulierte Sondenlänge z. B. bei den MFH-Misch auf gut 500 m anwächst. Soll eine mehr als 100 m lange Erdsonde auf einem privaten Grundstück installiert werden und unterliegt die Anlage keiner gewerblichen Nutzung, so ist die Bohrung nach § 127 Abs. 1



Bundesberggesetz der Oberen Bergbaubehörde anzuzeigen. Die Zuständigkeit obliegt in NRW der Bezirksregierung Arnsberg, welche die Prüfung und Genehmigung bergbaulicher Vorhaben und die behördliche Aufsicht über bergbauliche Tätigkeiten übernimmt. Mit Blick auf [Abbildung 10](#) wird deutlich, dass eine Überschreitung einer maximalen Sondenlänge von bis 100 m teils nicht vermeidbar ist.



Abbildung 10 Abstandsproblematik Erdsonden dezentral

Vor allem auf den Grundstücksflächen der MFH in der Mitte des Baugebietes kommt es bei einer Einhaltung der 100 m Grenze zu Abstandsproblematiken mit den Grundstücksflächen der EFH und RH. Der empfohlene Abstand von Sonde zu Sonde (ca. 6 m) kann nach der derzeit gültigen gesetzlichen Richtlinie, der VDI 4640, nicht ohne eine Überschreitung der Grundstücksgrenze eingehalten werden. Der einzuhaltende Abstand von der Sonde bis zur Grundstücksgrenze beträgt 5 m (VDI 4640 Blatt 2) und schließt dadurch eine thermische Beeinflussung des Nachbargrundstücks aus. Demnach empfiehlt es sich die Länge der Sonden zu erhöhen, um die Anzahl und somit der Einzugsfläche der Geothermie zu verringern. Eine bilaterale Absprache unter den Grundstückseigentümern ist, bezogen auf eine thermische Überschreitung der Grundstücksgrenzen, ebenfalls denkbar und würde dazu führen, dass die Sondenlänge auf 100 m beschränkt werden kann und das Bergbaugesetz unberührt bleibt.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren (EWK) oder Erdkollektoren sind aufgrund ihrer Verlegetiefe von mindestens 1,2 m bzw. 0,2 m unter der örtlichen Frostgrenze nicht genehmigungspflichtig und nur in Wasserschutzgebieten anzeigepflichtig. Demnach ergeben sich für diesen Standort keine genehmigungsrechtlichen Bedenken.

Für die Installation von Erdkollektoren sind versiegelte, überbaute oder verschattete Flächen ungeeignet, da sich Erdkollektoren nur über versickernden Niederschlag und die solare Einstrahlung regenerieren. Die geothermische Ergiebigkeit im Bereich des Baugebiets stellt sich wie folgt dar:

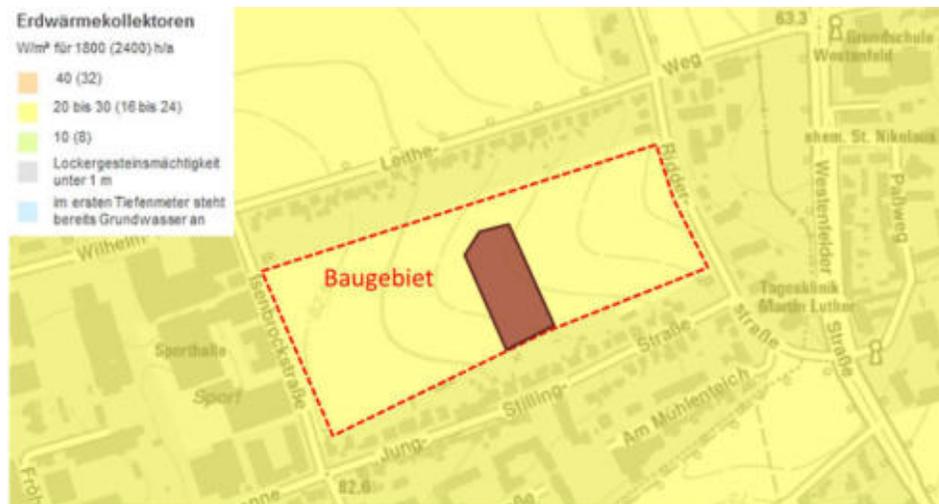


Abbildung 11 spez. Ergiebigkeit Erdkollektoren (Quelle: Geologischer Dienst NRW, 2022)

Das Baugebiet liegt in einem Bereich mit einer mittleren geothermischen Ergiebigkeit von ca. 20 W/m² sowie ist in den ersten Tiefenmetern kein Festgestein anzutreffen, welches die Installation der EWK verhindern könnte. Für EWK steht auf dem Baugebiet, wie auch bei der zentralen Versorgung durch Erdsonden, nur die Grünfläche in der Quartiersmitte zur Verfügung. Da jedoch Erdwärmekollektoren einen hohen Flächenanspruch haben und der thermische Ertrag mit ca. 230 MWh verhältnismäßig gering ausfällt, wobei dort ein Flächenabzug durch die geplanten Rigolen noch nicht miteinberechnet ist, entfallen EWK in der Betrachtung einer zentralen Versorgung. Demnach stehen für eine dezentrale Versorgungslösung die jeweiligen Grundstücksflächen zur Verfügung. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die benötigten Flächen der EWK der Gebäudetypen. Dabei sind die Kennwerte auch hier als Durchschnittswerte zu verstehen und der COP (Coefficient of performance) bzw. die JAZ (Jahresarbeitszahl) beträgt 4,0.

Gebäudetyp	Heizlast	Entzugsleistung	Fläche EWK
	[kW]	[kW]	[m ²]
EFH	5,3	4,0	199
DHH	4,2	3,2	158
RH	4,2	3,2	158
MFH	25,7	19,3	964
MFH-Misch	33,2	24,9	1.244
KiTa	27,1	20,3	1.016

Tabelle 4 Gemittelte Geothermie Kennwerte Erdkollektor

Mit steigender Heizlast steigt auch die benötigte Fläche der EWK. Das hat zur Folge, dass für ein MFH im Durchschnitt ca. 960 m² an unverschatteter Freifläche bereitzustellen sind. Bei einem EFH mit ca. 5 kW Heizlast beläuft sich die Fläche immer noch auf 200 m². Die Flächenproblematik wird in der folgenden Abbildung deutlich.





Abbildung 12 Flächenproblematik Erdwärmekollektoren dezentral

Nach Abmessung der theoretisch verfügbaren Flächen aus dem stdb. Entwurf zeigt sich, dass die verfügbaren Flächen zu klein sind, um die benötigte Heizlast zu decken. Mit einer Anhebung der spez. Entzugsleistung von 20 auf 30 W/m² würde sich die benötigte Fläche der EWK um ca. 1/3 verkleinern und dazu führen, dass v. a. bei den EFH mit größerer Grundstücksfläche, der benötigte Platzbedarf gedeckt werden kann. Eine Problematik hinter der Anhebung der spez. Entzugsleistung besteht jedoch darin, dass der vorhandene Boden besonders in den Wintermonaten unterkühlt wird bzw. vollständig einfriert und durch die schlechteren Eigenschaften des Erdreichs nicht genügend Wärme von der Sonne gespeichert werden und nachfließen kann. Daher wird eine Nutzung von EWK zur dezentralen Versorgung unter den hier dargelegten Umständen nicht empfohlen.

Brunnenanlage

Geothermische Brunnenanlagen nutzen die im Grundwasser (GW) gespeicherte Wärme, indem über einen Saugbrunnen GW angesaugt wird, über das geschlossene System der Wärmepumpe ein Teil der Wärme übertragen und letztlich das abgekühlte Grundwasser über den Schluckbrunnen zurück in den Grundwasserleiter (GWL) geleitet wird. Für die Nutzung einer geothermischen Brunnenanlage kann eine wasserrechtliche Erlaubnis nach § 8 Abs. 1 WHG (Wasserhaushaltsgesetz) notwendig werden, da nach dem WHG ein Eingriff in das Grundwasser über die Entnahme und Wiedereinleitung vorgenommen wird. Ggf. ist eine Anzeige für das Vorhaben ausreichend. Ein Verbot für die Installation eines GW-Brunnens ist in diesem Gebiet jedoch nicht vorhanden, da sich der Standort nicht in der Wasserschutzzone 1 und 2 befindet.

Eine hydrogeologische Voraussetzung für die Errichtung eines GW-Brunnens ist die Ergiebigkeit des Entnahmebrunnens und die ausreichende Schluckfähigkeit des Brunnens für die Wiedereinleitung des Grundwassers. Die Förderfähigkeiten der Brunnen sind maßgeblich von der Beschaffenheit des Grundwasserleiters abhängig. So gelten Sande und Kiese mit einem geringen Anteil an Feinbestandteilen als gute GWL. Für eine genaue Auskunft einer Ergiebigkeit am Standort sind Probebohrungen oder ein Pumpversuch durchzuführen. Insofern eine Förderrate von 20 m³/h möglich ist, kann unter einer Temperaturspreizung von Vor- zu Rücklauf von 5 K der Brunnen eine Entzugsleistung von ca. 116 kW

erbringen. Stark durchlässige GWL erreichen Werte von gut 270 kW. Mit dem Einsatz einer Wärmepumpe wird auch hier die Temperatur auf ein höheres Niveau angehoben (COP=4,0), sodass ca. 155 kW als potenzielle Wärmeleistung verfügbar wären.

Fazit geothermische Potenziale

Nach Absprache mit den Projektbeteiligten stehen außerhalb des Baugebiets keine nahe gelegenen, ausreichend große und potenziell verfügbare Freiflächen für eine geothermische Nutzung zur Verfügung, da Flächen grundlegend nicht verfügbar sind oder einer anderen (geplanten) Nutzung unterliegen. Das Baugebiet selbst weist nur wenige geothermisch nutzbare Flächen auf, die dazu führen, dass nur eine zentrale Erschließung in der Mitte des Quartiers möglich ist. Aufgrund der Grünflächenplanung und der geplanten Installation von Rigolen zur Versickerung von Oberflächenwasser wird die Freifläche so weit verkleinert, dass eine zentrale Erschließung der Geothermie mittels Erdsonden nicht sinnvoll ist. Gleiches gilt für die Erschließung mit EWK.

Wird hingegen die Geothermie dezentral erschlossen, besteht die Möglichkeit, Erdsonden auf den jeweiligen Grundstücken zu installieren, da die Flächeninanspruchnahme weit aus kleiner als bei den EWK ist. Nach Prüfung des Platzbedarfes auf den Grundstücken kann der Wärmebedarf von jedem Gebäude dezentral über eine Erdsonde gedeckt werden. Bei den EWK ist dies aufgrund der geringen Flächenverfügbarkeit nicht möglich.

Für geothermische Brunnenanlagen kann kein belastbares Potenzial ermittelt werden, da erst über Probebohrungen/ Pumpversuche die hydraulischen Eigenschaften des Erdreichs und somit Förderraten hergeleitet werden können.

Für die weitere Betrachtung im Zuge der Variantenentwicklung wird von einer dezentralen Erschließung der geothermischen Wärmequelle mittels Erdsonden ausgegangen. Diese weist zum Zeitpunkt der Konzepterarbeitung die höchste Umsetzungswahrscheinlichkeit auf.

4.3 Leitungsgebunde Versorgung

Eine Möglichkeit zur Versorgung des Quartiers mit Erdgas, Biomethan oder zukünftig auch Wasserstoff besteht über eine Anbindung an das vorhandene Erdgasnetz. Die Planauskunft bei den Stadtwerken Bochum Netz ergab, dass östlich parallel zur Ridderstr. und westlich im oberen Teil der Isenbrockstr. jeweils eine Erdgasversorgungsleitung verlegt ist. Die Leitung im Osten zeichnet sich durch einen Durchmesser von 150 mm und die Stichleitung im Westen des Baugebiets durch einen Durchmesser von 100 mm aus. [Abbildung 13](#) zeigt die angrenzenden Leitungen.

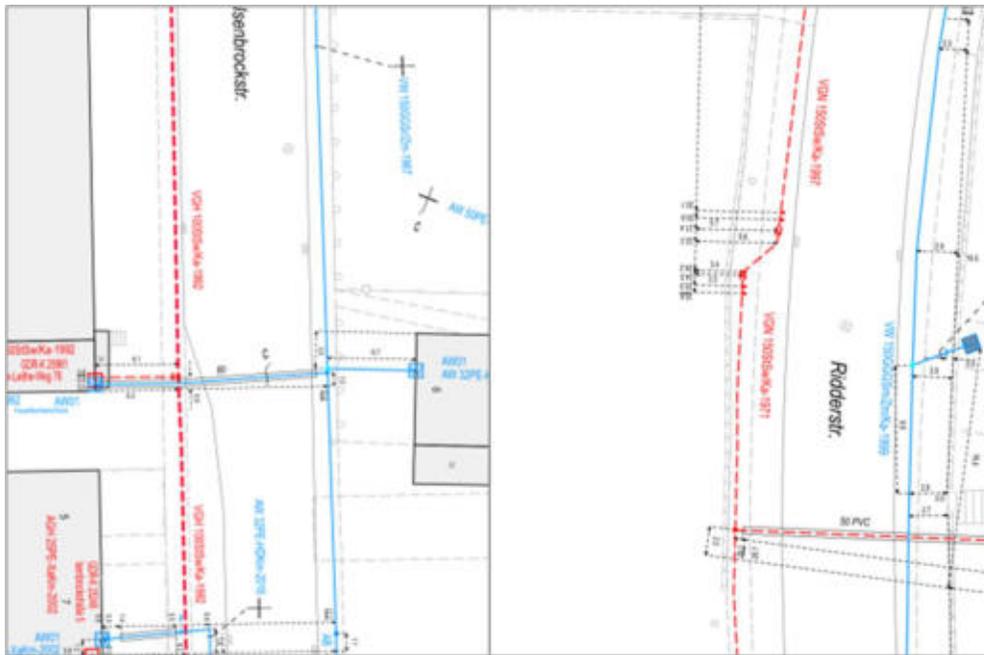


Abbildung 13 Erdgasversorgungsleitung im Westen (Bild links) und Osten (Bild rechts) des Baugebiets (Quelle: Stadtwerke Bochum Netz)

5 Bewertung und Vorauswahl

Für eine erste Bewertung werden die möglichen Versorgungsoptionen qualitativ verglichen. Hierzu werden jeder Option Punkte in den Bereichen Klimaschutz, Wirtschaftlichkeit, Bedienung und Zukunftsfähigkeit zugeordnet. Die Punkte im Bereich Klimaschutz basieren auf den spezifischen CO₂-Äquivalenzemissionen der jeweiligen Technik sowie der Effizienz und des Transports. Dabei wird bei stromintensiven Wärmeerzeugern, wie der Wärmepumpe, der Energieträger Strom unter einem zeitlichen Aspekt und der Transformation des bundesdeutschen Strommixes betrachtet (zukünftig hohe Anteile erneuerbarer Energien). Die Punkteverteilungen zur Wirtschaftlichkeit basieren auf überschlägigen Investitions- und Brennstoffkosten sowie werden Aspekte wie Preisstabilität und Abhängigkeit miteinbezogen. Die Punkte zur Bedienbarkeit orientieren sich an den Angaben aus der VDI 2067 zur Bedienung der jeweiligen Wärmeerzeuger sowie Einschätzungen zum Platzbedarf und der Erschließung der Technik. Die Zukunftsfähigkeit orientiert sich an der Anpassungsmöglichkeit des Temperaturniveaus, der Preisstabilität und des Autarkiegrades.

Die Bewertung der Systeme stellt sich wie folgt dar, wobei 1 eine sehr gute und 6 eine sehr schlechte Bewertung ergibt:

Auswahl Versorgungsvarianten	Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Bedienung/Akzeptanz	Zukunftsfähigkeit	Gesamt
Gewichtung	40%	20%	10%	30%	100%
dezentrale Systeme					
Gaskessel Erdgas	6	4	4	5	5,1
Luft-Wp Umwelt/Strom	2	2	2	1	1,7
geoth. WP Umwelt/Strom	1	4	3	1	1,8
Holzfeuerung Pellet	2	4	4	2	2,6
Solarthermie i.V.m.	1	4	2	1	1,7
zentrale Systeme					
BHKW+Kessel Erdgas	5	2	4	5	4,3
BHKW+Kessel Biomethan	4	2	3	3	3,2
Holzfeuerung Pellet	2	3	4	2	2,4
geoth. WP low-ex	2	4	5	2	2,7
geoth. WP kalte NW	1	4	5	1	2,0
geoth. WP&L/Wp low-ex	2	4	5	1	2,4
Aspekte der Bewertung	THG-Emissionen	Investitionskosten	Aufwand zur Bedienung	Technologieoffenheit	
	Effizienz	Brennstoffkosten	Platzbedarf	Mögl. zur Anpassung	
	Transport	Preisstabilität	Transport/Belieferung	Preisstabilität	
	sonst. Emissionen	Abhängigkeiten	Akzeptanz bei Bewohnern	Autarkiegrad	
	Erschließen	...	

Abbildung 14 Bewertung der Versorgungsoptionen (Stand 17.03.2022)

Mit Bezug auf die Besprechung vom 17.03.2022 zwischen den Projektteilnehmenden wird darauf hingewiesen, dass die zuvor dargestellte Matrix den zu dem Zeitpunkt energiepolitischen Rahmenbedingungen entsprach. Eine Änderung der Bewertungsmatrix wird bewusst nicht vorgenommen, da die dargestellte Bewertung die Grundlage für die folgenden ausgewählten Varianten bildet.

Aufgrund der dargestellten Flächenproblematik, die sich aus der Grünflächen- und Versickerungsplanung ergibt, scheiden zentrale geothermische Erschließungen aus den Versorgungslösungen aus. Auch eine Kombination der Geothermie mit Luft-Wasser-Wärmepumpen wird nicht mit in den Variantenvergleich aufgenommen werden, da der geringe Anteil aus der Geothermie und der im Umkehrschluss hohe Anteil aus Luft zur zentralen Versorgung eines Baugebiets nicht zielführend ist.

Des Weiteren ist eine dezentrale Versorgung mit einem Gaskessel nicht mehr zeitgemäß, vor allem mit Blick auf die klimapolitischen Ziele der Stadt Bochum und der Bundesregierung, sodass auch eine



Förderung schon zum jetzigen Zeitpunkt für den späteren Eigentümer des Hauses nicht verfügbar ist. Eine dezentrale Holzpelletfeuerung bildet zwar einen entscheidenden Weg hin zu einer CO₂e-armen Versorgung, hat aber im Gegenzug zu einer zentralen Versorgung konkrete Nachteile, wie ein erhöhtes Transport- und Emissionsaufkommen im Quartier und wird im Zuge dessen nicht in den Variantenvergleich mit einfließen.

Im Variantenvergleich werden als Ergebnis der Bewertung der Varianten die folgenden drei Wärmeversorgungslösungen sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht miteinander verglichen werden. Als dezentrale Versorgungsvariante soll zum einen eine Luft-Wasser Wärmepumpe in den Vergleich einfließen sowie eine Versorgung über eine geothermische Wärmepumpe (Sole-Wasser), welche dem Erdreich Energie über Erdsonden entzieht. Als zentrale Versorgungslösung wurde eine Holzpelletfeuerung gewählt, welche in ein Nahwärmenetz zur Wärmeverteilung und Versorgung der Gebäude einspeist. Eine zentrale Versorgung des Quartiers über oder in Kombination mit einem BHKW wurde als optionale Variante in Betracht gezogen, wird aber im Weiteren aufgrund der Importabhängigkeit von Erdgas, der politischen Erfordernisse und der Nichtverfügbarkeit von Biogas/-methan nicht im Variantenvergleich Anwendung finden. Eine genaue Beschreibung und Erörterung der Varianten erfolgen im nachfolgenden Kapitel.

6 Beschreibung der Versorgungsvarianten

Auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen und projektbegleitenden Erörterungen werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber die nachfolgenden Versorgungsvarianten näher untersucht und wie folgt zugeordnet:

- REF Var.: Luft/Wasser-Wärmepumpe zur dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude
- Var. 1: Holzpelletfeuerung zur zentralen Versorgung über ein Hochtemperatur Nahwärmenetz (ca. 70° VL-Temperatur)
- Var.2: Sole/Wasser Wärmepumpe in Verbindung mit Erdsonden (Grundstückseigene Platzierung) zur dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude

Aufgrund der aktuellen Entwicklungen ist davon auszugehen, dass jeder Gebäudeeigentümer bzw. Investor aus eigenem Interesse oder auf Grundlage zukünftiger, gesetzlicher Verordnungen eine Photovoltaikanlage auf seinem Gebäude installiert. Vor diesem Hintergrund ist eine Berücksichtigung der PV-Anlagen im Rahmen des Vergleichs der verschiedenen Wärmeversorgungslösungen nicht zielführend. Einzig bei der Ermittlung der CO₂-Emissionen kann und sollte die PV-Eigenstromerzeugung Berücksichtigung finden.

Im Folgenden werden die einzelnen Versorgungsvarianten bzgl. ihrer technischen Auslegung beschrieben und wirtschaftliche und ökologische Kennzahlen dargelegt.

REF Var.: Dezentrale Luft/Wasser Wärmepumpen

Um eine Orientierung im Vergleich mit den üblichen Systemen zu ermöglichen, wird im Folgenden das System Luft-Wasser Wärmepumpe als dezentrales Referenzsystem (REF) mitbetrachtet. Da jedes Gebäude einen eigenen Wärmeerzeuger erhält und die bereitzustellende Leistung abhängig von der Größe der Wohnfläche und Anzahl der wohnhaften Personen ist, variieren die Heizleistungen der Luft-Wasser Wärmepumpen. Nachfolgende Aufstellung soll Aufschluss über die theoretisch zu erwartende Größe der Wärmeerzeuger geben. Dabei wurde die Heizlast der Gebäude auf die nächste ganze Zahl aufgerundet, um eine geringe Überdimensionierung des Wärmeerzeugers zur Versorgungssicherheit zu erzielen.

Gebäudetyp	Wärmepumpen-Leistung
EFH	6 kW
DHH	5 kW
RH	5 kW
MFH	26 kW
MFH-Misch	34 kW
KiTa	28 kW

Tabelle 5 Leistungen Luft/Wasser Wärmepumpen

Da eine Luft-Wasser-Wärmepumpe die Luft über einen Ventilator ansaugt und an den Wärmetauscher der Wärmepumpe weiterleitet, wird ein Split-Gerät im Außenbereich des Gebäudes oder eine Zuluftleitung ins Gebäude bzw. an den Standort des Aggregats benötigt. V. a. bei größeren MFH, die an kalten Tagen höhere Volumenströme zur Beheizung des Gebäudes benötigen, ist eine Innenaufstellung der Wärmepumpe empfehlenswert, da so die Aufstellung einer Vielzahl an Außergeräten in der Umgebung vermieden wird.



Var. 1: Zentrale Holzpelletfeuerung

Die erste Vergleichsvariante (Var.1) bildet eine zentrale Holzpelletfeuerung, die sich aus zwei in Kaskade geschalteten Feuerungsanlagen zusammensetzt. Die angesetzte Leistung reduziert sich auf ca. 850 kW, da die Gleichzeitigkeit in der TWW-Erzeugung herabgesetzt werden kann. Die Wärmespeicher in den Gebäuden können zeitlich versetzt mit Warmwasser beladen werden, sodass ein Großteil der gleichzeitig benötigten Leistung über die Speicher abgerufen werden kann. Um die verbrauchsorientierte thermische Leistung bereitstellen zu können, wurden ein 500 kW und 350 kW Pelletkessel gewählt, wobei eine ggf. spätere Fachplanung eine genauere Größenverteilung und Dimensionierung veranschlagen kann. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen möglichen Erzeugerlastgang der beiden Holzfeuerungsanlagen.

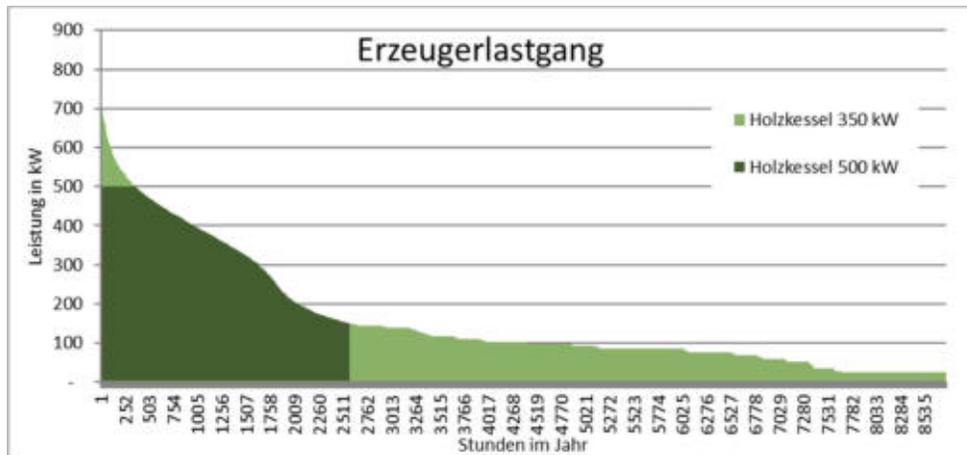


Abbildung 15 Erzeugerlastgang Holzfeuerung

Aufgrund der Möglichkeit einer Teillastfahrweise kann der 500 kW Holzessel eine große Bandbreite des Wärmebedarfs bzw. der Wärmeleistung bereitstellen. Der etwas kleiner dimensionierte Holzessel kann v. a. in Verbindung mit den Puffersystemen Schwachlasten abdecken, die besonders in den Sommermonaten auftreten.

Da der Energieträger bzw. der Brennstoff für die Holzfeuerung nicht leitungsgebunden aus einem öffentlichen Netz zu beziehen ist, wird ein Pelletlager für die Zwischenlagerung benötigt. Dieses sollte ein Lagervolumen von ca. 50 m³ aufweisen, sodass an kalten Wintertagen pro Woche nur eine einmalige Befüllung des Lagers erforderlich wird. Darüber hinaus wird für die Aufstellung der Wärmeerzeuger inkl. Pufferpeicher, die Einhausung sonstiger Anlagenteile und die Unterbringung des Lagers eine Heizzentrale (HZ) benötigt. Die veranschlagte NGF der Heizzentrale beläuft sich auf ca. 110 m². Eine mögliche Positionierung der HZ wird in [Abbildung 16](#) gegeben.

Um die zentral erzeugte Wärmeenergie im Quartier zu verteilen, wird ein Wärmenetz benötigt. Wie in [Kapitel 3.1](#) erläutert, beträgt die Vorlauftemperatur eines hochtemperierten Netzes ca. 70 °C und führt in Verbindung mit der Leitungslänge zu Wärmeverlusten, die durch die Wärmeerzeuger über den Bedarf hinaus bereitzustellen sind. Der Verlust, der sich aus der Wärmeverteilung ergibt, beläuft sich auf ca. 221 MWh, was einem Anteil von ca. 16 % am Gesamtwärmebedarf inkl. Verluste ausmacht (~1.400 MWh (Wärmebedarf Gebäude + Verluste)). In [Abbildung 16](#) und in [Abbildung 17](#) sind zwei Wärmenetze in Abhängigkeit des Standorts für die HZ in den stdb. Entwurf eingezeichnet worden.



Abbildung 16 Wärmenetz mit Heizzentrale im Westen des Quartiers



Abbildung 17 Wärmenetz mit Heizzentrale im Osten des Quartiers

Eine Möglichkeit die Heizzentrale in das Quartier zu integrieren besteht darin, diese in einer der Quartiersgaragen zu platzieren. Dies birgt die Vorteile, dass keine Grundstücksflächen für eine zukünftige Wohnbebauung umfunktioniert werden müssen und eine infrastrukturelle Anbindung über die Isenbrockstr. oder die Ridderstr. bereits gegeben ist. Die kalkulierte Netzlänge sowohl für eine westliche als auch eine östliche Platzierung der HZ beträgt ca. 1.670 m. Das Netz ist in den Abbildungen als eine Art Strahlennetz ausgeführt, welches über die Hauptleitungen (rot) und die Zuleitungen (orange) das Quartier erschließt. Die beispielhaft türkis eingetragenen Leitungen sind Hausanschlussleitungen (HA), über die die Wärme an das Gebäude übergeben wird.

Var. 2: Dezentrale Sole/Wasser Wärmepumpen

Die zweite Vergleichsvariante (Var.2) basiert auf den gleichen Auslegungskriterien wie die REF Variante (s. [Tabelle 5](#)) bis auf den Unterschied, dass die Energiequelle geothermisch und nicht aerothermisch (Außenluft) ist. Demnach entfällt die Lüftereinheit und wird stattdessen gegen eine oder mehrere Erdsonden, welche auf dem privaten Grundstück installiert werden, eingetauscht. Da der COP bzw. die realitätsnähere JAZ einer Sole-Wasser Wärmepumpe höher als bei einer Luft-Wasser Wärmepumpe ist (ca. 4,5 ggü. 3,5) sinkt der Stromeinsatz für die Wärmepumpen im Quartier und demnach die finanzielle und ökologische Belastung.

7 Variantenvergleich

Im Folgenden werden die drei beschriebenen Varianten in Bezug auf ihre ökologischen und ökonomischen Unterschiede miteinander verglichen. Da den Varianten bestimmte Rahmenparameter zugrunde liegen, werden diese ebenfalls dargelegt.

7.1 Rahmenparameter

Für den ökologischen Vergleich wurden den Berechnungen verschiedene Kennwerte zugrunde gelegt. Für eine Darstellung der ökologischen Auswirkungen nach dem derzeitigen Stand werden die Angaben aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) Anlage 4 (inkl. § 22) und Anlage 9 gewählt. Die angesetzten Werte aus dem GEG (Stand 01.11.2020) stellen sich wie folgt dar:

Energieträger	CO ₂ -Äquivalenzfaktor (CO ₂ e)	Primärenergiefaktor (PEF)
Strombezug	560 gCO ₂ e/kWh	1,80
Holzpellet	20 gCO ₂ e /kWh	0,20

Tabelle 6 CO₂e-Faktoren und PEF nach GEG

Die spezifischen Emissionsfaktoren aus dem GEG beschreiben die ökologischen Auswirkungen bei einer energetischen Nutzung der Energieträger. Die zugrunde gelegte Einheit ist gCO₂e/kWh. CO₂-Äquivalente (CO₂e) fassen die Klimawirkung von den unterschiedlichen Treibhausgasen, darunter Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas (Distickstoffoxid) und F-Gase (fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen), zusammen, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Gasen herzustellen. So wird über das Global Warming Potential (GWP) die Wirkung eines Gases auf die Wirkung von CO₂ umgerechnet bzw. normiert. Das GWP von Methan beispielsweise liegt bei 28, sodass die Klimawirkung gegenüber dem Gas CO₂ 28-fach höher ist.

Da insbesondere der deutsche Strommix in naher Zukunft erheblichen Transformationen unterliegt und dies v. a. bei stromintensiven Versorgungsmöglichkeiten einen bedeutenden Einfluss auf die ökologische Bewertung nimmt, werden die Berechnungen mit den prognostizierten Emissionsfaktoren zum Jahr 2030 erweitert. Grundlage für die spez. Emissionsfaktoren bildet eine Kurzstudie des IINAS (Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien GmbH), in der die prognostizierten Emissionsfaktoren aus den Studien der dena und prognos und des NECP (Nationaler Energie- und Klimaplan) der Bundesregierung für das Jahr 2030 zusammengefasst werden⁸. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Emissionsfaktoren und PEF für den Strombezug für das Zielszenario 2030.

Quelle	CO ₂ -Äquivalenzfaktor (CO ₂ e)	Primärenergiefaktor
dena	121 gCO ₂ e/kWh	0,48
prognos	138 gCO ₂ e /kWh	0,53
NECP Deutschland	260 gCO ₂ e /kWh	0,78

Tabelle 7 CO₂e-Faktoren und PEF nach Zielszenario 2030 (Quelle: IINAS 2021)

Zur Abbildung der zu erwartenden Emissionen im Jahr 2030 werden die Kennwerte des NECP der Bundesregierung verwendet, da diese einen konservativen Weg zur Erreichung der Klimaschutzvorgaben (Einhaltung des Pariser Abkommens, Begrenzung der Erderwärmung um 2°C) abbilden und nicht den

⁸ https://iinas.org/app/downloads_from_old_page/GEMIS/2021_KEV_THG_Strom-2020_2023-2050.pdf

Best Case eines zukünftigen deutschen Strommixes. Auch im Hinblick auf die aktuelle Debatte einer Verlängerung der Kohleverstromung in Deutschland und dem Einsatz von Kohle als Gasersatz wird der Kennwert des NECP als plausibel angesehen.

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

Allgemeine wirtschaftliche Parameter:

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

Verbrauchskosten:

- Pelletpreis: 7,83 ct/kWh
- Strompreis: 29,00 ct/kWh
- Strompreis Wärmepumpentarif: 23,00 ct/kWh

Es sei darauf hingewiesen, dass die hier abgebildeten Preise der Energieträger einer fluktuierenden Dynamik unterliegen und zum Zeitpunkt der Bearbeitung (erste Hälfte 2022) dem aktuellen Stand entsprachen. Gleiches gilt auch für die zu erwartenden Investitionskosten der unterschiedlichen Anlagentechniken, welche auf Richtpreisangeboten zum Zeitpunkt der Bearbeitung aufbauen.

7.2 Vergleich Energie- und Umweltbilanz

Der Energie- und Umweltbilanz können unterschiedliche Bilanzierungsarten zugrunde gelegt werden. Im Zuge der Ausarbeitung des Variantenvergleichs werden drei Bilanzierungsmethoden angewendet. So erfolgt zu Beginn eine ökologische Bilanzierung nach den aktuellen Emissionskennwerten des GEG 2020, bei der die in [Tabelle 6](#) abgebildeten Kennwerte in die Berechnung einfließen. Des Weiteren wird der im Quartier erzeugte PV-Strom auf die Emissionen der Wärmeerzeugung gutgeschrieben bzw. in Abzug gebracht. Die Berechnungsweise folgt hier der Regelung nach §23 Absatz 3 des GEG, bei der der monatliche und nach der DIN 18599-9 berechnete Stromertrag der Photovoltaik dem tatsächlichen monatlichen Strombedarf, der bei der Wärmeerzeugung benötigt wird, gegenübergestellt wird. Diese Berechnungsart dient in der Regel einer ökologischen Verbesserung der dezentralen Wärmeversorgung eines nach KfW-40 zu fördernden Gebäudes, um z. B. den KfW 40 EE (Erneuerbare Energien) Standard zu erreichen und demnach Fördermittel beantragen zu können. Da jedoch die Versorgungsvariante 1 keinen wärmeseitigen Stromverbrauch im Gebäude vorsieht (da lediglich Strom außerhalb des Gebäudes für die Umwälzung des Nahwärmenetzes benötigt wird), wird diese ggü. den dezentralen Varianten benachteiligt. Um nun eine Vergleichbarkeit zwischen den Varianten herzustellen, wird der wärmebedingte Stromverbrauch nicht auf die Bezugsgröße „Gebäude“, sondern auf die Bezugsgröße „Quartier“ erweitert. Demnach wird der gesamte für die Wärmebereitung anfallende Strom (für Wärmepumpe, Hilfsstrom etc.) der Varianten in die Berechnung einfließen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass der in Variante 1 in Abzug gebrachte PV-Strom nach dieser Berechnungsweise zu keinem Erreichen des KfW 40 EE Standards führt. Die dritte Bilanzierungsart betrachtet eine zeitliche Variable in der Entwicklung der CO₂e-Emissionen des Bezugsstroms. Dazu wird der Emissionsfaktor des Strombezugs nach GEG durch einen prognostizierten Emissionsfaktor im Jahr 2030 ersetzt (s. [Tabelle 7](#)).



Im Folgenden werden die verschiedenen Kennwerte der Energie- und Umweltbilanzen nach den drei zuvor vorgestellten Berechnungsmethoden abgebildet und erläutert.

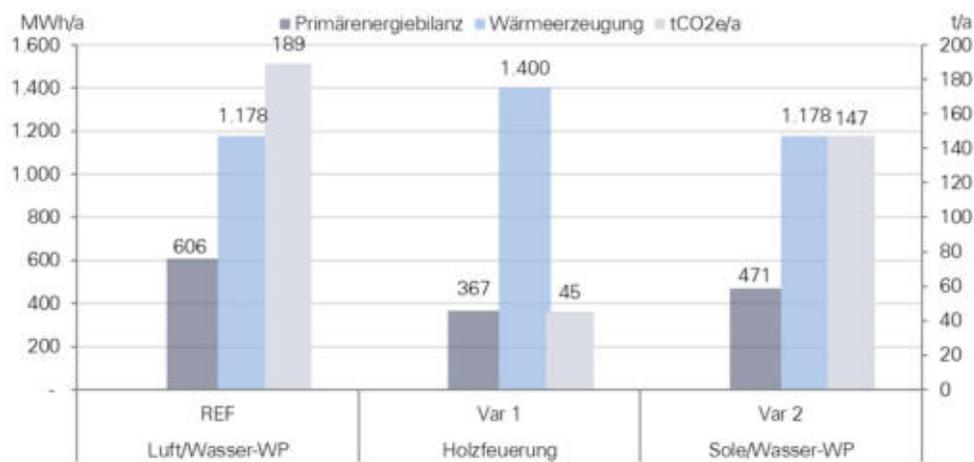


Abbildung 18 Primärenergieeinsatz, Wärmeerzeugung und absolute Emissionen

Unter Berücksichtigung der Emissions- und Primärenergiefaktoren nach GEG 2020 erfordert die Referenzvariante den höchsten Primärenergieeinsatz und die höchsten zu erwartenden Emissionen. Dies liegt maßgeblich an dem hohen Stromeinsatz für die aerothermischen Wärmepumpen und dem Strombezugsfaktor von $560\text{gCO}_2\text{e/kWh}$. Mit einer verbesserten JAZ bei den geothermischen Wärmepumpen (Var. 2) kann der Stromeinsatz und demnach der Primärenergieeinsatz gesenkt werden. Trotz eines höheren Wärmebedarfs von ca. 220 MWh in Variante 1, der durch die Verluste des Nahwärmenetzes verursacht wird, schneidet die Holzfeuerung, sowohl aus primärenergetischer Sicht als auch im Hinblick auf die absoluten Emissionen, besser als die REF Variante und Variante 2 ab. Die nach GEG geringsten zu erwartenden Emissionen belaufen sich auf $45\text{tCO}_2\text{e/a}$.

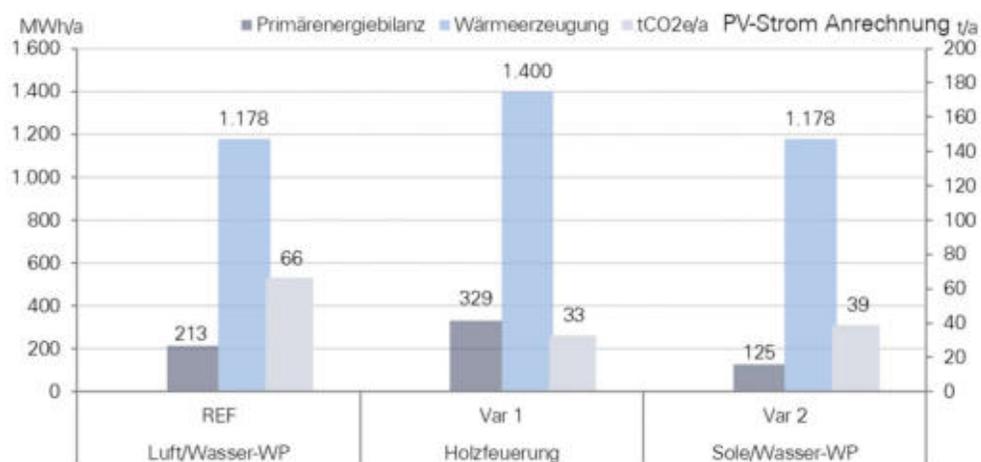


Abbildung 19 Primärenergieeinsatz, Wärmeerzeugung und absolute Emissionen mit PV-Stromanrechnung

Der anzurechnende PV-Strom nach GEG ist insbesondere vom wärmeseitigen Strombedarf abhängig. Da dieser bei der REF Variante am höchsten ist, beläuft sich dort der anrechenbare PV-Strom auf ca. 218 MWh/a. Bei der Variante 2 verringert sich dieser Wert auf ca. 192 MWh/a und bei der Variante 1 auf 21 MWh, da hier lediglich Hilfsenergien auf der Bedarfsseite vorhanden sind. Den Berechnungen liegt,

wie auch bei der Bestimmung des PV-Potenzial in Kapitel 4.1, eine 65%ige Dachausnutzung zugrunde. Bei Anrechnung des PV-Stroms verringern sich die absoluten Emissionen und der Primärenergieeinsatz der Varianten mit Wärmepumpe massiv. Der nach GEG anzusetzende PEF für die Stromverdrängung beträgt 1,8 und der Emissionsfaktor 560gCO₂e/kWh.

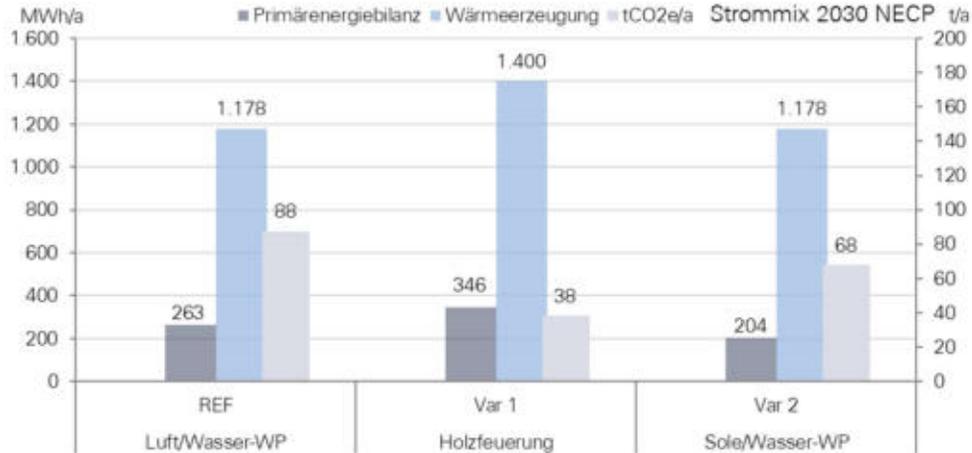


Abbildung 20 Primärenergieeinsatz, Wärmeerzeugung und absolute Emissionen

Eine Transformation der zukünftigen Stromerzeugung führt zu veränderten Anteilen in der Stromzusammensetzung (erneuerbare und konventionelle Anteile). Diese Veränderung nimmt direkten Einfluss auf die Primärenergie- und CO₂e-Bilanz der wärmepumpenbasierten Versorgungslösungen. Eine Verbesserung des Emissionsfaktors beim Strombezug führt dazu, dass sich die absoluten Emissionen und der Primärenergieeinsatz der Variante REF und Variante 2 mehr als halbieren. Eine weitere Senkung der spez. Emissionen des deutschen Strommixes würde diesen Trend erfolgreich fortführen.

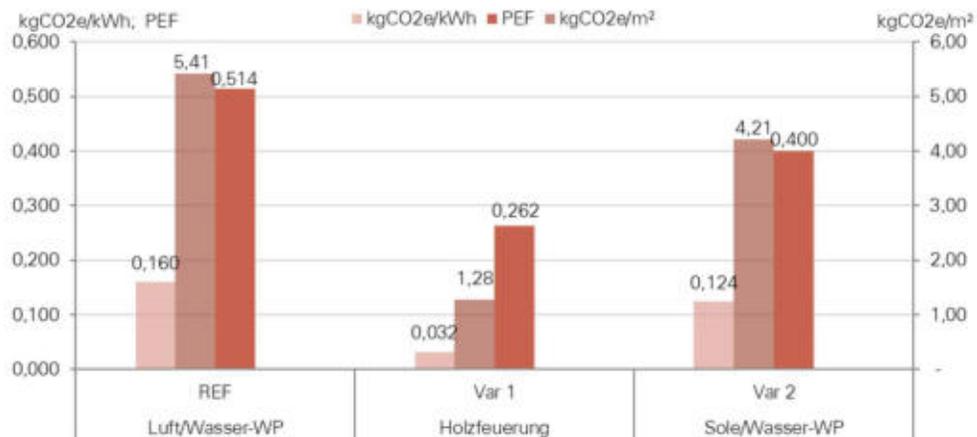


Abbildung 21 Spez. ökologische Kennwerte und PEF der Varianten

Mit Blick auf die spezifischen CO₂e-Kennwerte schneidet nach aktueller Berechnungsweise gem. GEG 2020 die Variante 1 mit der Holzfeuerung am besten ab. Der Emissionsfaktor von 20gCO₂e/kWh für die Verbrennung von Holz führt zu den niedrigen spez. Emissionen in der Wärmeerzeugung von ca. 0,032 kgCO₂e bzw. 32gCO₂/kWh. Auch der PEF der Wärme, der nach GEG für Holz bei 0,2 liegt, schneidet ggü. den übrigen Varianten mit 0,262 am besten ab. Die Emissionen betragen je m² Wohnfläche (in Summe ca. 35.000 m² im Quartier) 1,28 kgCO₂e. Die höchsten spez. Emissionen weist die Referenzvariante aufgrund des hohen Emissionsfaktors im Strombezug auf.

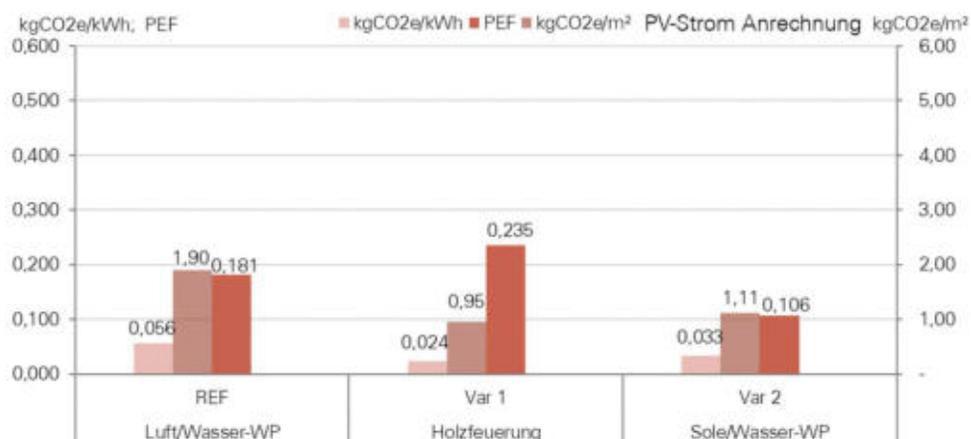


Abbildung 22 Spez. ökologische Kennwerte und PEF der Varianten mit PV-Stromanrechnung

Bei Anrechnung der zuvor genannten Energieströme der Photovoltaik verbessern sich auch hier die Kennwerte der REF Variante und Variante 2. Die PEF verringern sich um ein Vielfaches, sodass der geringste PEF bei der Variante 2 in Höhe von ca. 0,1 erreicht wird. Für einen wirksamen Klimaschutz sind jedoch die CO₂-Emissionen in der Wärmeerzeugung entscheidend. Dort verzeichnet die holzbasierte Variante die besten Ergebnisse. Auch wenn der Einfluss des PV-Stroms hier keine so große Auswirkung zeigt, liegen die spez. Emissionen mit 24gCO₂e/kWh und 0,95 kgCO₂e/m² unter den Kennwerten der anderen beiden Varianten. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass Wärmepumpen ggü. Verbrennungen wie einer Holzfeuerung keine direkten Emissionen aufweisen. Wärmepumpen verursachen indirekte Emissionen, die in der Erzeugung des Stroms anfallen. So sind bei der Holzfeuerung neben den CO₂-Äquivalenten auch die in Tabelle 8 dargestellten Staubemissionen und Kohlenmonoxid Werte zu beachten.

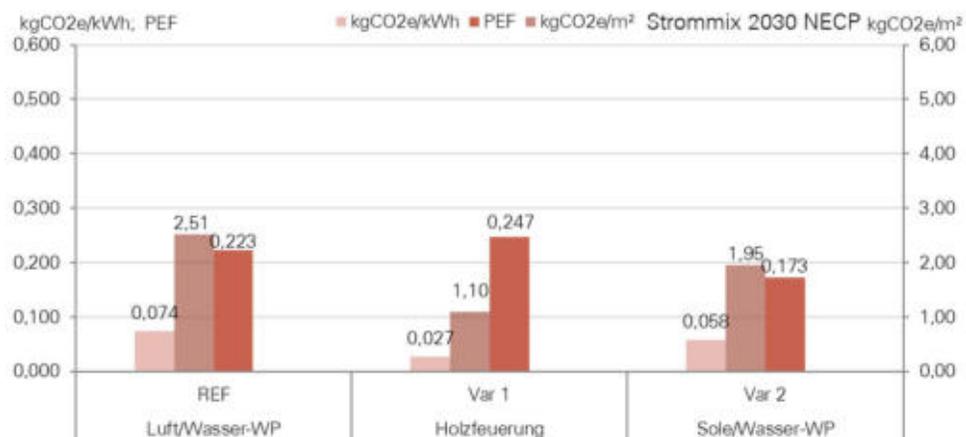


Abbildung 23 Spez. ökologische Kennwerte und PEF der Varianten nach Strommix 2030

Bei einem verbesserten deutschen Strommix, der nach dem nationalen Energie- und Klimaplan der Bundesregierung spez. Emissionen von ca. 260 gCO₂e/kWh vorsieht, führt dies zu verringerten spez. Emissionen v. a. bei den wärmepumpenbasierten Versorgungslösungen. Auch hier schneidet die Variante 1, bezogen auf die spez. Emissionen, am besten ab.

In Ergänzung zu den Emissionen durch die CO₂-Äquivalente werden für die Holzpelletfeuerung aus Variante 1 die Emissionskennwerte von Kohlenmonoxid (CO) und Staub angegeben:

Anlage - Typ	CO bei Nennlast	Staub bei Nennlast	CO bei Teillast
	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]
350 kW Pelletfeuerung	1,0	7,0	80,0
350 kW Pelletfeuerung mit Partikelabscheider	1,0	1,8	80,0

Tabelle 8 CO und Staubemissionen Pelletfeuerung (Quelle: Bafa, 2022 (Liste der förderfähigen automatisch beschickten Biomasseanlagen))

7.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Im Wirtschaftlichkeitsvergleich werden folgende Bestandteile der Vollkosten unterschieden:

- Kapitalkosten: Kosten für die Anlagentechnik, Nahwärmenetz, Hausanschlüsse, Förderung, etc.
- Betriebskosten: Kosten für Wartung, Instandhaltung und Bedienung.
- Verbrauchskosten: Kosten des Endenergiebedarfs für Strom, Wärmepumpenstrom und Holzpellets.

Der Vergleich der Kosten erfolgt durch Berechnung von Annuitäten (regelmäßige jährliche Zahlungen). Die Annuitäten werden dann auf die in den Gebäuden verbrauchte Nutzenergie in €/MWh bzw. €/MWh./Förderung und auf die Wohnfläche in €/m²/Monat bzw. €/m²/Monat./Förderung bezogen, um eine Vergleichbarkeit aller Varianten zu ermöglichen. Die Förderung erfolgt nach der BEW (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze), welche noch in diesem Jahr von der EU-Kommission genehmigt werden soll. Die Förderung nach BEW sieht eine 40%ige Bezuschussung der förderfähigen Investitionskosten vor. Dazu gehören bspw. Infrastrukturmaßnahmen wie das Wärmenetze und Übergabestationen, Umfeldmaßnahmen und Maßnahmen in der Wärmeherzeugung. Im dargestellten Wärmepreis ist die Umsatzsteuer nicht enthalten, wohingegen in den Kosten je m² und Monat die Umsatzsteuer enthalten ist, um die Belastung an den Endkunden abzubilden.

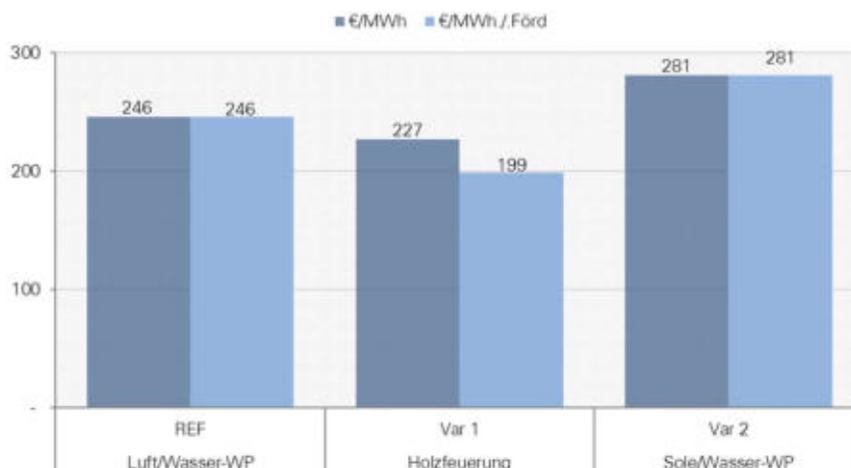


Abbildung 24 Wärmepreis ohne und mit Förderung nach zukünftigen BEW

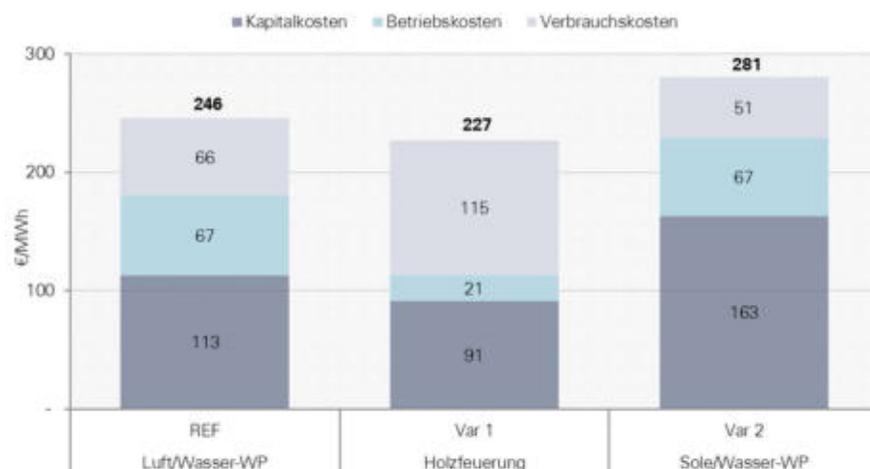


Abbildung 25 Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten ohne Förderung

Da gemäß BEW nur Maßnahmen, die in Verbindung mit Wärmenetzen stehen, gefördert werden, entfällt bei den dezentralen Versorgungsvarianten REF und Variante 2 die Förderung nach BEW. Der Wärmepreis der REF Variante in Höhe von 246 €/MWh setzt sich knapp zur Hälfte aus Kapitalkosten und zu ca. je einem Viertel aus Betriebs- und Verbrauchskosten zusammen. Die Verbrauchskosten der Wärmepumpen sind insbesondere vom Stromeinsatz und demnach vom Nutzerverhalten (Vorlauftemperatur) und der JAZ, also der Effizienz der Wärmepumpe abhängig. Das Ergebnis einer verbesserten JAZ stellt sich in Variante 2 dar, wonach die Verbrauchskosten um ca. 20 % ggü. Variante REF absinken. Der Wärmepreis von Variante 2 fällt in Summe mit 281 €/MWh am höchsten aus. Grund dafür sind die höheren Investitionskosten, die durch die Vielzahl an Erdbohrungen entstehen. Variante 1 weist mit 227 €/MWh den geringsten Wärmepreis auf. Die Bedeutung der Verbrauchskosten hat hier einen besonderen Stellenwert. Eine weitere Steigerung der Energiekosten würde hier zu einer verstärkten Erhöhung des Energiepreises führen. Wird eine Förderung nach BEW betrachtet, verringert sich der Wärmepreis auf 199 €/MWh.

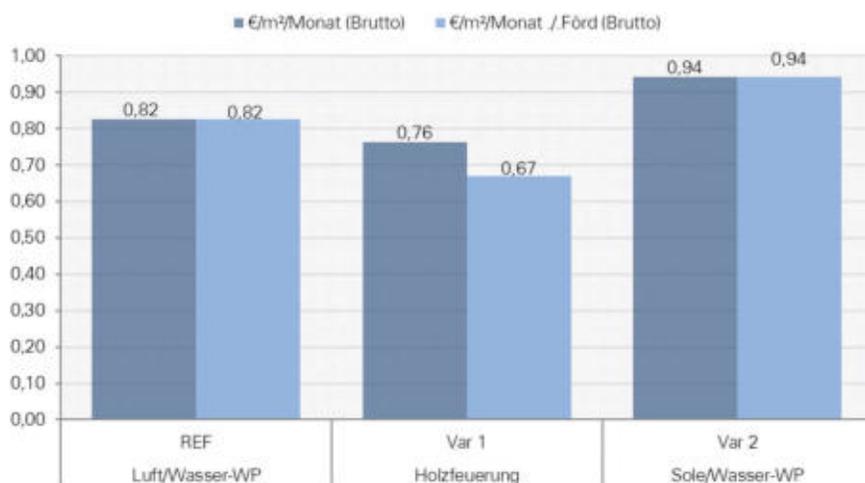


Abbildung 26 spez. Wärmepreis (Brutto) ohne und mit Förderung nach zukünftigen BEW

Bei Umrechnung der Kosten auf den m² Wohnfläche führt die Referenzvariante zu Bruttokosten in Höhe von 0,82 €/m² und Monat, die Variante 2 zu 0,94 €/m² und Monat und Variante 1 zu 0,76 €/m² bzw. 0,67 €/m² und Monat inkl. der Förderung.

7.4 Empfehlung

Für das Neubaugebiet „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“ in Bochum standen nach der Ermittlung von Potenzialen in der Umgebung und auf dem Baugebiet nur eine geringe Auswahl an Versorgungslösungen zur Verfügung. Infolgedessen wurden zwei dezentrale Wärmepumpentechnologien und eine zentrale Holzfeuerung mit Holzpellets genauer untersucht. Der Vergleich der ökonomischen Ergebnisse der drei Varianten hat ergeben, dass die Variante 1 „Holzfeuerung“ den geringsten Wärmepreis aufweist, insofern die Brennstoffkosten für Holzpellets nicht weiter steigen. Unter Hinzunahme einer Förderung nach dem zukünftigen BEW kann der Wärmepreis noch weiter gesenkt werden. Aufgrund der vagen Entwicklungen der Förderkonditionen im Neubau wurden für die dezentralen Versorgungssysteme keine Förderungen betrachtet. Sollte zukünftig noch eine Förderung in Anspruch genommen werden können, würde dies letztlich zu einer geringeren ökonomischen Belastung des Endkunden führen. Diese Betrachtung wurde jedoch hier aus dem genannten Grund außen vor gelassen. Für den ökologischen Vergleich der Varianten wurden drei Bilanzierungsmethoden angesetzt, wobei im Folgenden zwei Bilanzierungsergebnisse gegeneinander abgewogen werden. Bei Berechnung der ökologischen Belastung (in tCO₂e/a) nach den GEG (2020) Emissionsfaktoren schneidet Variante 1 am besten ab, gefolgt von der Variante 2 „Sole Wärmepumpe“ und der Referenzvariante „Luft Wärmepumpe“. Im Vergleich der Variante 1 zu Variante 2 liegen die absoluten Emissionen der Holzfeuerung gut 71 % niedriger und ggü. der REF Variante gut 76 % niedriger. Dies spricht nach dieser Bilanzierungsmethode eindeutig für die zentrale Holzfeuerung. Wird nach aktueller Gesetzeslage der eigens erzeugte PV-Strom auf die Emissionen der Wärmeversorgung angerechnet, so liegen die Ergebnisse teils sehr nah beieinander. So sind die absoluten Emissionen der Variante 1 ggü. der Variante 2 nur noch um ca. 15 % niedriger und ggü. der REF Variante um ca. 50 %. Der Unterschied von Variante 1 zu Variante 2 ist folglich nicht groß, wonach es nicht gerechtfertigt ist, den zukünftigen Eigentümern*innen die Entscheidungsfreiheit in der Wahl der Wärmeerzeugung zu nehmen und diese*n zum Anschluss und Benutzung einer zentralen Versorgung zu verpflichten. Mit ggf. einer zukünftigen PV-Pflicht auf den Gebäuden und einem allgemein hohen Interesse der Wohneigentümer*innen Photovoltaik zur Eigenstromerzeugung auf dem eigenen Dach zu installieren, können die absoluten Emissionen auf ein niedriges Niveau gesenkt werden.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Themenbereiche, die bei einem Vergleich von dezentralen und zentralen Versorgungslösungen berücksichtigt werden sollten: Komplexität der Umsetzung, Akzeptanz und Zukunftsfähigkeit.

Bei der Wahl einer zentralen Versorgung, wie sie Variante 1 darstellt, ist die Umsetzung komplexer als bei einer dezentralen Versorgungsvariante. So muss für die Wirtschaftlichkeit einer zentralen Wärmeversorgung ein Anschluss an das Nahwärmenetz und die Benutzung verpflichtend durchgesetzt werden. Darüber hinaus ist die Planung der Anlagentechnik und vor allem des Nahwärmenetzes aufwendig. Diese Punkte entfallen bei einer dezentralen Versorgung.

Auch beim Punkt Akzeptanz spricht die Verpflichtung zum Anschluss an ein Nahwärmenetz und dessen Nutzung gegen eine zentrale und für eine dezentrale Variante, da sich der Wohneigentümer frei für eine Art der Wärmeversorgung entscheiden kann. Hinzu kommt, dass bei einer zentralen Holzfeuerung eine Fläche für die Heizzentrale benötigt wird und weitere Emissionen auftreten können, wie Schallemissionen durch eine wöchentliche Brennstofflieferung oder verbrennungsbedingte Luftemissionen. Aus ökonomischer Sicht liegen die spez. Wärmepreise je m² Wohnfläche und Monat (ohne Förderung) relativ nahe beieinander, wodurch der Vorteil einer geringeren finanziellen Belastung des Endkunden bei einer zentralen Versorgung verschimmt. Die Unabhängigkeit von Brennstoffpreisen und deren Beschaffung machen sich die wärmepumpenbasierten Varianten zum Vorteil. So könnte über eine eigene PV-Anlage Strom am Ort des Bedarfs unabhängig erzeugt und über ein smartes System in

Kombination mit übrigen Komponenten (Wärmespeicher etc.) zu einem hohen Autarkiegrad und einer hohen Eigenstromnutzung führen.

Mit abschließendem Blick auf die Zukunftsfähigkeit zeigt sich bei den Wärmepumpentechnologien eine besondere und steuerbare Beeinflussung der ökologischen Bilanz. Eine Verbesserung des eingesetzten Stroms (hohe Anteile erneuerbare Energien) führt zu verminderten Emissionen, wobei hier besonders hervorzuheben ist, dass keine direkten Emissionen frei werden. Der in Folge des hohen Baustandards (KfW 40) geringe Wärmebedarf führt bei einer zentralen Variante mit hohem Temperaturniveau zu hohen Wärmeverlusten in der Wärmeverteilung. Dies folgert eine verringerte Ressourcenschonung und eine höhere ökologische Belastung.

Mit Bezug auf das in Kapitel 1 verfolgte Ziel einer bilanziellen Treibhausgasneutralität kann die nachfolgende Tabelle Aufschluss über die Zielerreichung der einzelnen Varianten geben. Dabei werden die im Quartier entstehenden Emissionen (Wärme & Strom) den PV-Erträgen, abzgl. des bereits angerechneten PV-Stroms in der Wärme, gegenübergestellt. Der PV-Strom verdrängt mit 560gCO_{2e}/kWh.

	Einheit	REF L/W-WP	Var. 1 Holzfeuerung	Var. 2 S/W-WP
Emissionen Wärme (nach PV-Abzug)	[tCO _{2e} /a]	66	33	39
Strombedarf (HH + E-Mob.)	[kWh/a]	1.612.812	1.612.812	1.612.812
Emissionen Strom (HH + E-Mob.)	[tCO _{2e} /a]	903	903	903
Ertrag PV (abzgl. Strom in Wärme)	[kWh/a]	1.727.011	1.924.204	1.752.704
Kompensation PV	[tCO _{2e} /a]	967	1.078	982
Emissionen Quartier	[tCO _{2e} /a]	2	- 141	- 39

Tabelle 9 THG-Bilanz

Die Tabelle zeigt, dass Variante 1 und Variante 2 eine bilanzielle Treibhausneutralität für das Quartier erreichen können und darüber hinaus sogar Emissionen überkompensieren.

Mit Blick auf Kapitel 2 wurde die Diskrepanz zwischen der maximal überbaubaren Fläche und einer vsl. realen Wohnbebauung erwähnt. Die maximal anzunehmende BGF von 69.795 m² und der daraus resultierenden Wohnfläche von 52.346 m² liegt deutlich über der angesetzten Wohnfläche von 34.849 m² (s. [Tabelle 1](#)). Dies hat zur Folge, dass die zu erwartenden Emissionen der einzelnen Versorgungsvarianten deutlich höher ausfallen und die Wärmeerzeugungsanlagen überdimensioniert wären. Eine Hochrechnung der absoluten CO_{2e} über die nach GEG berechneten spez. Emissionen je m² Wohnfläche (s. [Abbildung 21](#)) ergibt folgendes Ergebnis:

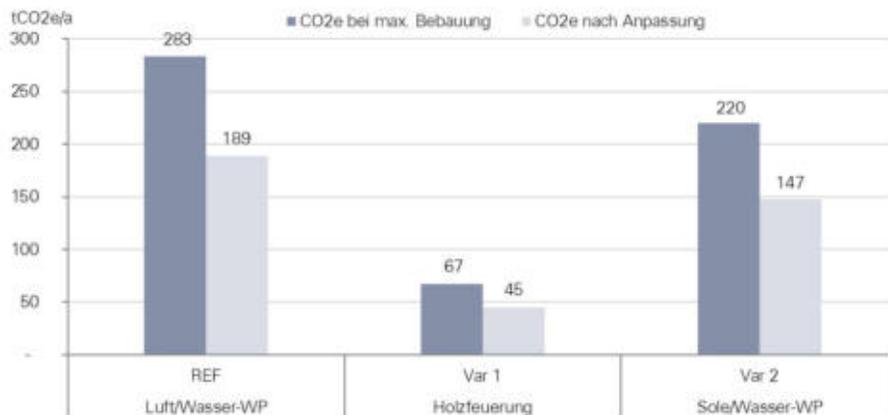


Abbildung 27 CO₂-Äquivalente in Abhängigkeit der Wohnfläche

Neben der Wohnfläche nimmt auch der Gebäudestandard Einfluss auf die wärmebedingten Emissionen im Quartier. Wie bereits in [Abbildung 1](#) dargestellt kann sich der Wärmebedarf mit einem noch besseren Gebäudestandard (Passivhaus) senken oder mit dem vergleichsweise schlechteren Standard KfW 55 erhöhen. Die Wahl über die Entscheidung des Baustandards und das persönliche Heizverhalten nimmt direkten Einfluss auf die im Quartier entstehenden Emissionen. Bzgl. dieser Prognoseunsicherheit und der Planungsunsicherheit einer zentralen Wärmeerzeugung (Leistung, Vollbenutzungsstunden) bietet eine dezentrale Versorgung den Vorteil, dass der Wärmeerzeuger auf die individuellen Anforderungen angepasst werden kann.

Einen weiteren positiven Einfluss auf die ökologische Bilanz kann neben einem guten Baustandard und einer reduzierten Wohnfläche auch die Solarthermie nehmen. Aus den in Kapitel 4.1 genannten Gründen (Entscheidung des Investors, keine Abgrenzung im Variantenvergleich) wurde die Solarthermie bilanziell nicht betrachtet. Da sie jedoch in Abhängigkeit der Anlagengröße gute Erträge erzielt, können CO₂-emittierende Wärmeerzeuger (Wärmepumpe (indirekt), Holzfeuerung (direkt)) verdrängt werden. Dies könnte dazu führen, dass bei einer Holzpelletfeuerung die Laufzeit über die Sommermonate stark reduziert bis vollständig unterbrochen werden kann und der Primärenergieeinsatz allgemein sinkt.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Variante 1 „Holzfeuerung“ ggü. den dezentralen Varianten REF „Luft/Wasser Wärmepumpe“ und 2 „Sole/Wasser Wärmepumpe“ aus ökonomischer Sicht besser abschneidet, aber aus ökologischer Sicht nahezu gleichauf mit Variante 2 liegt. Variante 1 und Variante 2 erreichen zudem das verfolgte Ziel einer bilanziellen Treibhausgasneutralität.

Unter Berücksichtigung der weiteren genannten Themenbereiche besitzen die dezentralen Varianten klare Vorteile. Demnach kann für jedes Wohngebäude bzw. MFH-komplex eine dezentrale Versorgung, insbesondere eine geothermische Lösung, empfohlen werden.

Um die Vorteile einer Holzfeuerung und der Wärmepumpentechnologie zu vereinen, besteht darüber hinaus die Möglichkeit, die Mehrfamilienhäuser über eine Holzpelletfeuerung zu versorgen, da sich diese durch eine hohe Wärmeabnahme auf kleinem Raum auszeichnen. Die Pelletfeuerung könnte im Untergeschoss eines MFH errichtet werden und angrenzende MFH über Unterstationen mitversorgen. Für die übrigen Gebäude (EFH, DHH und RH) besteht die Möglichkeit, auf dem eigenen Grundstück eine Erdsonde zu installieren oder ein Außengerät (Lüfter) in die Gebäudearchitektur miteinfließen zu lassen, um eine Wärmepumpe zu betreiben.

8 Anhang

- Anhang A: Plan Gebäudenummerierung
- Anhang B: Auszüge aus Berechnungsunterlagen
- Anhang C: Besprechungsunterlagen

Neuer Stand 16.08.22



Baufeld 1	Geb. Typ neu	Abmessung	BGF [m²]	Wohnfläche [m²]	Heizwärmebedarf in kWh			Gesamtwärme Heizlast Heiz-			Wohngröße m²/Kopf	
					KfW 55	KfW 40	Passivhaus	TWW	KfW 40	KfW 40	91,2	47
1	MFH	225	675	506,3	13.150	10.608	5.376	6.520	17.129	15,6	7	11
2	MFH	225	675	506,3	13.150	10.608	5.376	6.520	17.129	15,6	6	11
3	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
4	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
5	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
6	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
7	MFH	225	618,75	464,1	12.054	9.724	4.928	5.928	15.652	14,3	6	10
8	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
4298		0	4.015	2.827	74.207	59.427	30.115	36.751	96.178	88	29	62
Baufeld 2		0										0
9	KITA	588	1176	882,0	22.910	18.482	9.366	11.262	29.745	27,1	1	19
1097		0										0
Baufeld 3		0										0
10	MFH	144	432	324,0	8.416	6.789	3.441	4.149	10.939	10,0	4	7
11	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
12	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
13	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
14	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
15	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
16	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
17	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
18	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
2951		0	2.632	1.604	44.179	34.357	17.411	23.118	57.475	52	12	39
Baufeld 4		0										0
19	Quartiersgarage	1320	3960	2970,0	-	-	-	-	-	-	0	0
20	MFH-Misch	225	675	506,3	13.150	10.608	5.376	4.149	14.758	13,4	5	7
4520		0	4.635	3.476	13.150	10.608	5.376	4.149	14.758	13	5	7
Baufeld 5		0		0,0								0
21	MFH	325,7	977,1	732,8	19.036	15.356	7.782	9.484	24.841	22,6	8	16
22	MFH	325,7	977,1	732,8	19.036	15.356	7.782	9.484	24.841	22,6	8	16
23	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
24	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
25	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
26	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
27	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
28	MFH	292,2	876,6	657,5	17.078	13.777	6.982	8.299	22.076	20,1	7	14
29	MFH	292,2	876,6	657,5	17.078	13.777	6.982	8.299	22.076	20,1	7	14
30	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
31	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
32	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
33	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
34	EFH	100	275	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
5945		0	6.457	4.381	116.930	92.726	46.990	59.276	152.002	138	40	100
Baufeld 6		0										0
35	MFH	311	933	699,8	18.176	14.663	7.431	8.891	23.555	21,5	8	15
36	MFH	571	1713	1284,8	33.372	26.922	13.643	16.597	43.519	39,6	14	28
37	MFH	578	1734	1300,5	33.781	27.252	13.810	16.597	43.849	39,9	14	28
38	MFH	332,6	997,8	748,4	19.439	15.682	7.947	9.484	25.166	22,9	8	16
39	4RH	288	792	540,0	14.341	11.394	5.774	7.113	18.507	16,9	4	12
40	3RH	216	594	405,0	10.756	8.546	4.331	5.335	13.881	12,6	3	9
5331		0	6.764	4.978	129.865	104.459	52.935	64.018	168.477	153	51	108
Baufeld 7		0										0
41	4RH	288	792	540,0	14.341	11.394	5.774	7.113	18.507	16,9	4	12
42	4RH	288	792	540,0	14.341	11.394	5.774	7.113	18.507	16,9	4	12
43	MFH	360,3	1080,9	810,7	21.058	16.988	8.609	10.670	27.657	25,2	9	18
44	MFH	372	1116	837,0	21.742	17.539	8.888	10.670	28.209	25,7	9	18
45	4RH	288	792	540,0	14.341	11.394	5.774	7.113	18.507	16,9	4	12
46	4RH	288	792	540,0	14.341	11.394	5.774	7.113	18.507	16,9	4	12
47	MFH	412,6	1237,8	928,4	24.114	19.454	9.858	11.855	31.309	28,5	10	20
48	MFH	352,6	1057,8	793,4	20.608	16.625	8.425	10.077	26.702	24,3	9	17
6473		0	7.661	5.529	144.886	116.183	58.876	71.724	187.907	171	53	121
Baufeld 8		0										0
49	Quartiersgarage	1320	3630	2722,5	-	-	-	-	-	-	0	0
50	MFH-Misch	881,4	2644,2	1983,2	51.513	41.557	21.059	16.597	58.154	52,9	15	28
5492		0	6.274	4.706	51.513	41.557	21.059	16.597	58.154	53	15	28
Baufeld 9		0		0,0								0
51	MFH	376,6	1129,8	847,4	22.010	17.756	8.998	10.670	28.426	25,9	9	18
52	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
53	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
54	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
55	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
56	4RH	288	792	540,0	14.341	11.394	5.774	7.113	18.507	16,9	4	12
57	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
58	DH	144	396	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
59	MFH	180	540	405,0	10.520	8.487	4.301	5.335	13.822	12,6	4	9
5032		0	4.838	3.412	89.895	71.820	36.395	44.457	116.277	106	29	75
Baufeld 10		0										0
60	MFH	855,6	2566,8	1925,1	50.006	40.341	20.443	24.303	64.644	58,9	21	41
61	MFH	840	2520	1890,0	49.094	39.605	20.070	24.303	63.908	58,2	21	41
62	MFH	901	2703	2027,3	52.659	42.481	21.528	26.081	68.563	62,4	22	44
63	MFH	208,6	625,8	469,4	12.192	9.835	4.984	5.928	15.763	14,4	5	10
5895		0	8.416	6.312	163.950	132.262	67.025	80.615	212.877	194	69	136
Baufeld 11		0										0
64	MFH	120	330	247,5	6.429	5.186	2.628	3.557	8.743	8,0	3	6
65	MFH	120	330	247,5	6.429	5.186	2.628	3.557	8.743	8,0	3	6
66	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
67	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
68	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
69	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
70	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
71	DH	168	462	270,0	7.171	5.697	2.887	3.557	9.254	8,4	2	6
72	EFH	144	396	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
73	EFH	144	396	160,0	4.470	3.446	1.746	2.371	5.817	5,3	1	4
5313			4.224	2.435	64.822	51.448	26.071	33.195	84.642	77	20	56
Gesamtsumme		19929,1	57.091	34.849	916.309	733.329	371.620	445.163	1.178.492	1.073	324	751
52347			69.795	Heizleistung [k	833	667	338	407	1.071			



Gertec GmbH

Energiekonzept – Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Jochen Tack/Stiftung Zollverein



Energiekonzept für Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern



Energiebedarf





Energiekonzept

Planungsgrundlage

Städtebaulicher Entwurf
B-Plan

- NGF gesamt
stdb. Entwurf: 42.323 m²
B-Plan : 52.347 m²
- Gebäudegrößen (NGF)
Stdb. Entwurf:
EFH: ~ 200 m²
DHH: ~ 150 m²
B-Plan:
EFH: ~ 300 m²
DHH: ~ 210 m²
Gebäudegrößen angelehnt an (IWU)
EFH: ~ 160 m²
DHH: ~ 135 m²





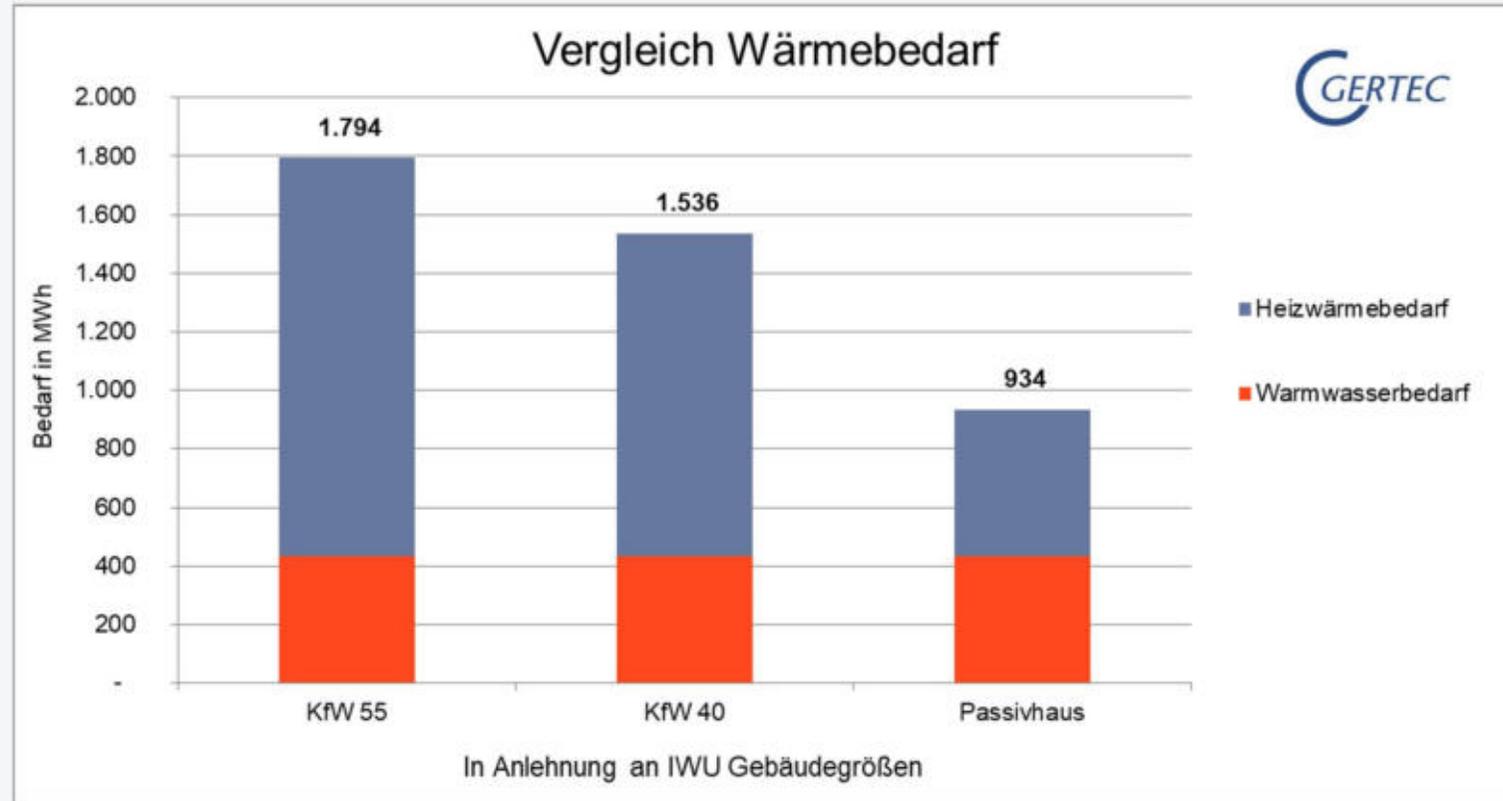
Energiekonzept

Ermittlung des Wärmebedarfs

Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von NGF und Baustandard

TWW-Bedarf: ~ 430 MWh

Heizleistung: ~ 1.000 kW + TWW





Energiekonzept

Strombedarf

Stromspiegel

Durchschnittliche Fahrleistung

11 kW Ladeleistung

- Hochrechnung Haushaltsstrom Wohneinheiten

Personenanzahl

→ ca. 660 MWh/a

- Bedarf E-Mobilität

Je EFH und DHH ein Ladepunkt

Je WE ein Fahrzeug

Fahrstrecke je Fahrzeug : 42 km/d*a

Verbrauchsannahme: ~19 kWh/100km

Energiebedarf in Summe: ~910 MWh

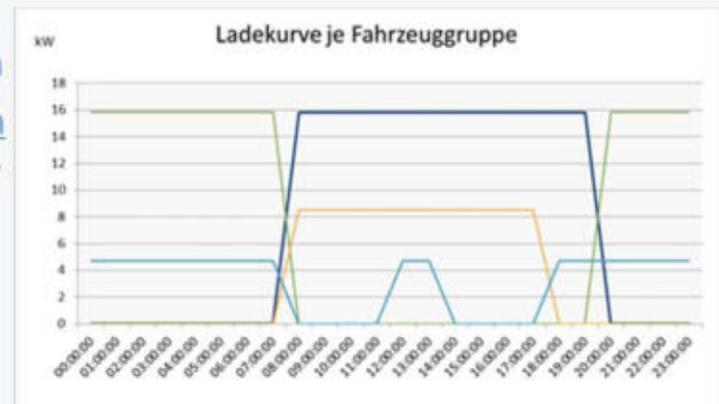
Bei 25% Ladung auswärts: ~680 MWh

Leistung bei GZF 1: ~3.900 kW

Leistung bei GZF 0,26: ~820 kW

- Last- und Lademanagement

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			gering	A	B	C	D	E	F
Haus	ohne Strom	↓	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.100	über 4.100
		↓↓	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		↓↓↓	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.700	bis 4.200	bis 5.000	über 5.000
		↓↓↓↓	bis 2.700	bis 3.300	bis 3.700	bis 4.000	bis 4.700	bis 5.800	über 5.800
Wohnung	ohne Strom	↓	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.600	bis 2.000	über 2.000
		↓↓	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	über 3.000
		↓↓↓	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.700	über 3.700
		↓↓↓↓	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.500	bis 4.100	über 4.100
		↓↓↓↓+	bis 1.700	bis 2.300	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.500	über 5.500





Energiepotenziale

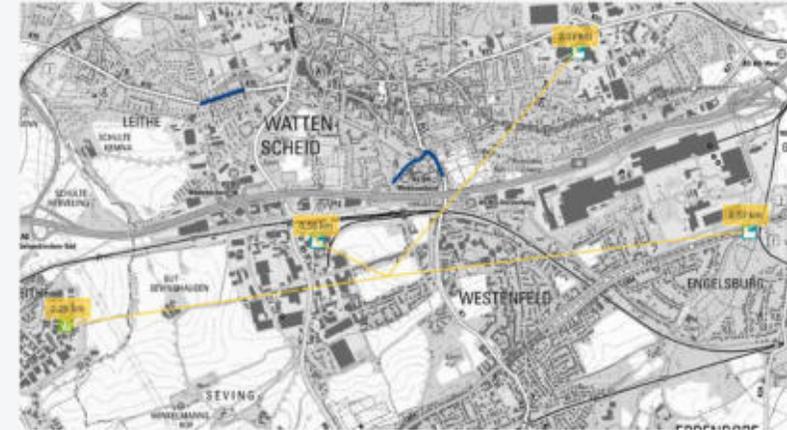


Energiekonzept

Energiepotenziale

Umgebung Baugebiet

- Biogas, Klärgas
Kein nahegelegenes Potenzial
- Erdgas
Anschlussleitung vorhanden
Potenzial zur Einbindung von Biomethan/Wasserstoff
- Abwärmepotenziale
Industrielle Abwärme vorhanden
Druckzentrum > 100 MWh/a
E-Motorenwerk < 100 MWh/a
ThyssenKrupp > 100.000 MWh/a
Kein Wärmepot. von Gewässern
Grubenwasser - Schacht Carolinenglück (3,8 km) pot. 800 MWh
- Keine Wasserstoffproduktion

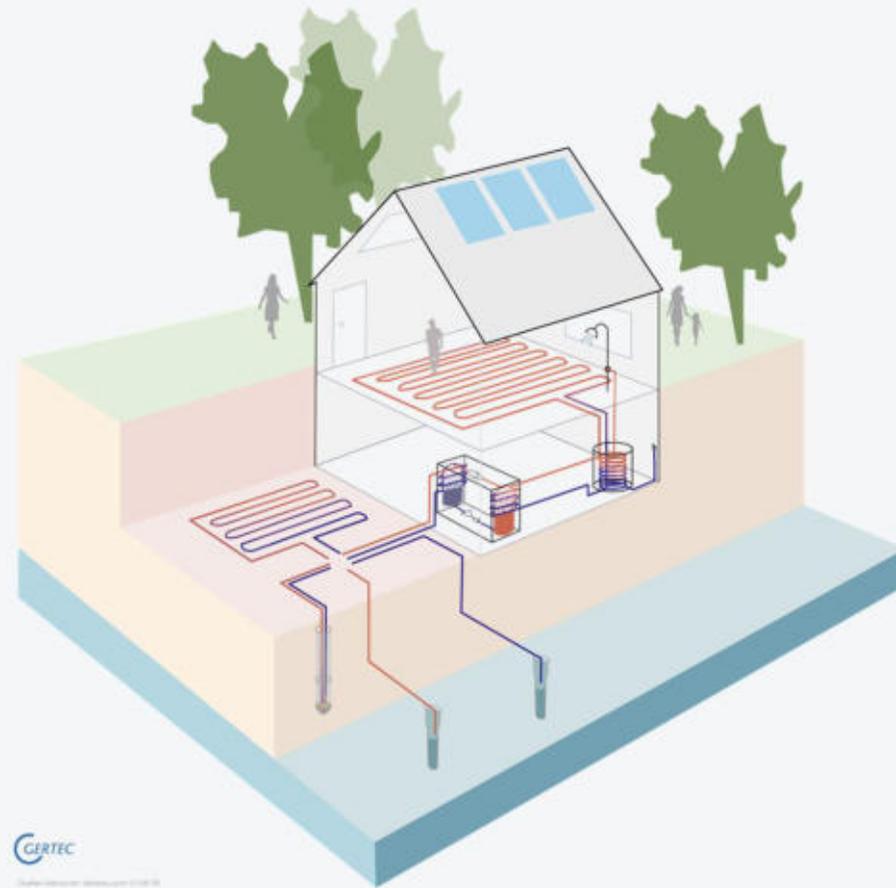




Energiekonzept

Geothermische Nutzungen

Erdwärmekollektoren
Erdwärmesonden
Brunnenanlage





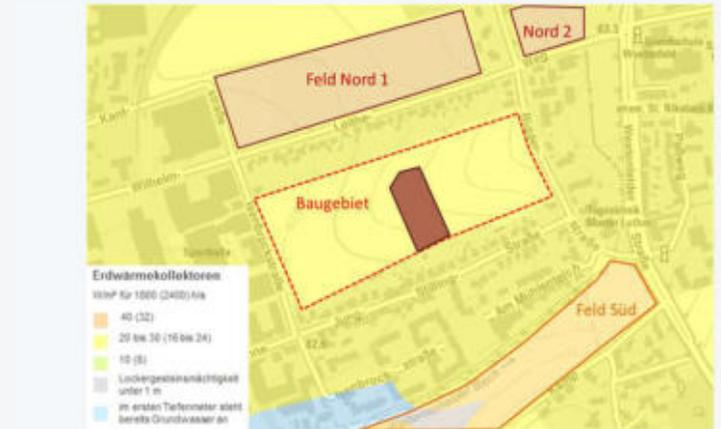
Energiekonzept

Geothermisches Potenzial

Erdwärmekollektoren

Wärmebedarf_(KfW 40): ~1500 MWh/a

- Baugebiet liegt in keiner Wasserschutzzone oder Heilquellengebiet
- geoth. Ergiebigkeit Erdkolektor 20 W/m² für 2.400 h/a
- Endenergie aus Wärmesystem
Baugebiet: ~230 MWh/a
Feld Süd: ~4.100 MWh/a
Felder Nord: ~3.200 MWh/a
- Strombedarf Wärmepumpen
Für Deckung Bedarf: ~400 MWh
- Agrothermie
Bsp. Bad Nauheim mit 2,2 ha Kollektorfläche
Landwirtschaftliche Nutzung weiterhin möglich





Energiekonzept

Geothermisches Potenzial

Erdsonden

Wärmebedarf(KfW 40): 1.500 MWh/a

- Geoth. Ergiebigkeit Erdsonde: 120 kWh/m²a bei 2400 h/a
- Installation von 65 Erdsonden auf Baugebiet
Endenergie aus System: ~1.080MWh/a
el. Energiebedarf: ~280 MWh/a
- Auslegungskriterien
Abstand zu Grundstücksgrenzen 5 m
Abstand Sonden untereinander 10 m
Abstand zu tiefwurzelter Vegetation
→ ggf. Konflikt mit Grünflächenplanung





Energiekonzept

Erdsondenverteilung & Netzplanung Kalte Nahwärme

Miteinbezug Fläche KiTa und Wasserlauf
Soleverteilung über Maschennetz



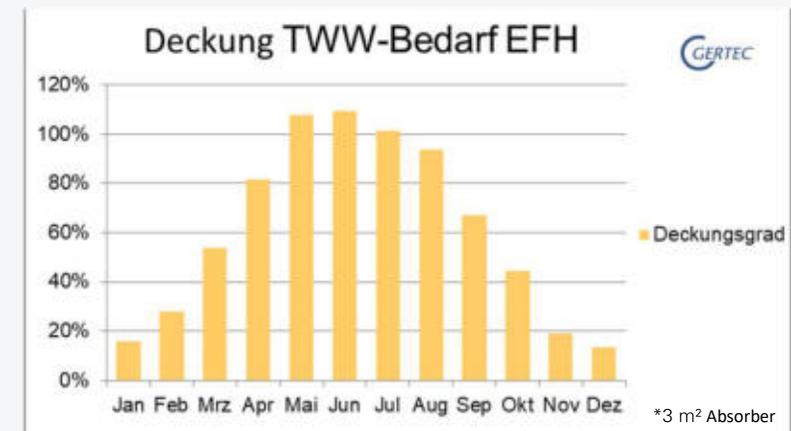


Energiekonzept

Solarthermie

Dezentrale Versorgung

- Dezentrale WW-Versorgung auf Gebäuden
- Vollst. Bedarfsdeckung in den Sommermonaten möglich
- Auslegungsdetails:
 - Süd-West /Süd-Ost Ausrichtung
 - 40° Kollektorwinkel
 - Vakuümrohrenkollektor
 - Wirkungsgrad ca. 55 %
 - Gesamtertrag ~ 200 MWh/a
- Kein Potenzial für zentrale Solarthermieanlage
 - Bebauungsdichte
 - Nutzungskonflikte





Energiekonzept

PV-Potenzial

Dezentrale PV-Anlagen
Konservativer Flächenansatz

- Annahme Pot. belegbare Dachfläche 65%
- Ost-West-Ausrichtung
15 % Neigung
- Ergebnisse der ersten Auslegung
Gesamtleistung: ~2.160 kWp
Gesamtertrag: ~1.960 MWh/a
Im Schnitt 16 kWp/ EFH u. DHH
- Strombilanz
Haushaltsstrom : 660 MWh/a
E-Mobilität: 690 MWh/a
(Wärmepumpen: 400 MWh/a)
Summe: 1.750 MWh/a





Energiekonzept

Versorgungs- optionen

qualitative Bewertung der
Versorgungstechniken
Verfügbarkeit / Potenzial

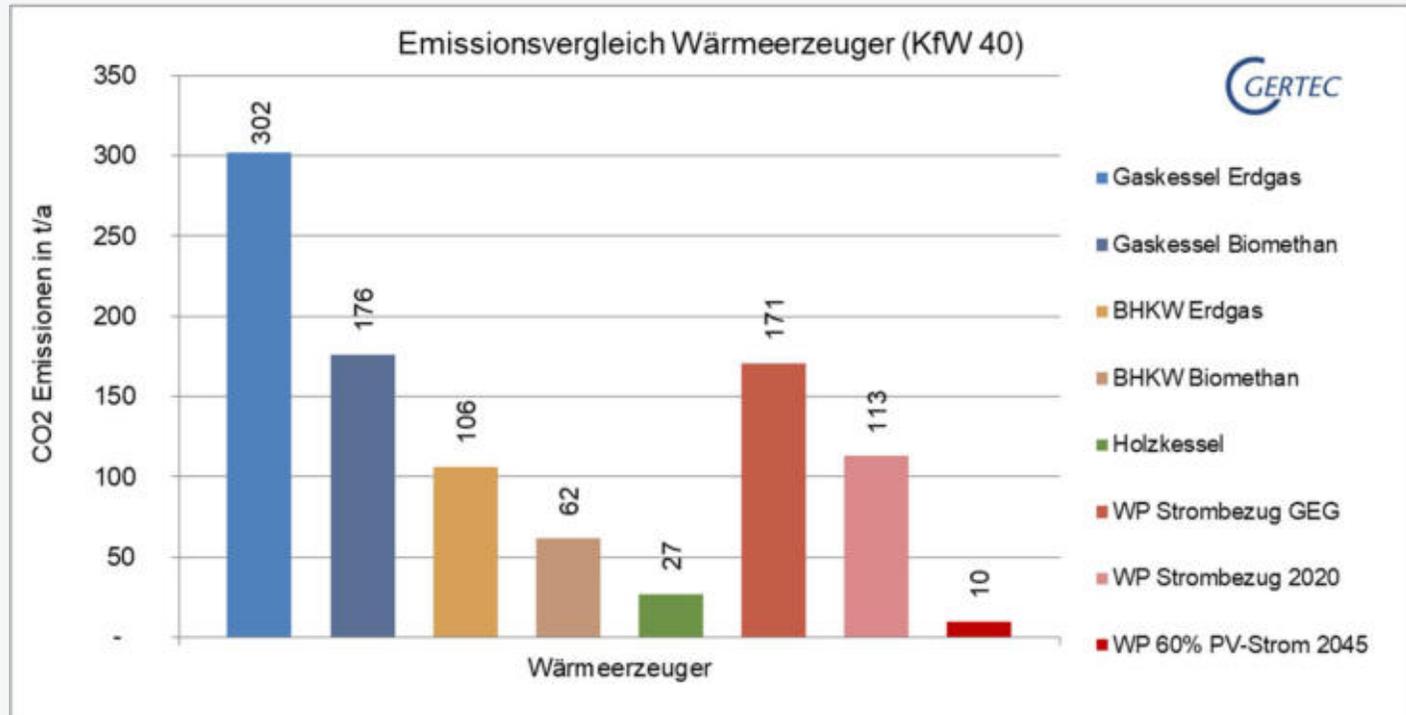
Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Erdgas	zentrale & dezentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> geringer Erschließungsaufwand bei vorhandener Infrastruktur mäßiger Platzbedarf gute Kombinierbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> hohe CO₂-Emissionen Abhängigkeit von Energie-Importen CO₂-Steuer
Holzhackschnitzel	zentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> niedrige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis Teils region. Verfügbarkeit der Brennstoffe niedrige CO₂-Emissionen Grund- und Spitzenlast 	<ul style="list-style-type: none"> aufwändige Anlagentechnik hoher Betriebsaufwand hoher Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager hohes Transportaufkommen
Wärmepumpe	zentrale & dezentrale Versorgung „kalte Nahwärme“	<ul style="list-style-type: none"> geringer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO₂-Emissionen – EE Strommix Grund- & Spitzenlast Keine Verluste im Wärmenetz 	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturniveau < 20°C Effizienz abhängig von Wärmequelle und Temperaturniveau Abhängig von Flächenverfügbarkeit
KWK mit fossilem Erdgas	zentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> (noch) mäßige Brennstoffkosten hohe Effizienz KWK Stromgutschrift geringer/mittlerer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> Abhängigkeit von Energie-Importen BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel CO₂-Steuer Wartungsaufwand
KWK mit Biomethan	zentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> Stromvergütung gem. EEG je nach Leistungsklasse hohe Effizienz geringere CO₂-Emissionen ggü. Erdgas geringer/mittlerer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> höhere Brennstoffkosten begrenzte Verfügbarkeit von Biomethan mittlere CO₂-Äquivalent-Emissionen (Methan, Lachgas fallen bei der Erzeugung an) BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel Wartungsaufwand



Energiekonzept

CO₂-Emissionen Wärme

Daten in Anlehnung an GEG
Wärmebedarf nach KfW 40
BHKW nach Carnot-Methode
Änderung Strommix bis 2045





Bewertung Versorgungs- varianten

Umgang mit Abwärme-/
Grubenwasserpotenzialen
Angelehnt an aktuelle
Entwicklungen

Auswahl Versorgungsvarianten		Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Bedienung/Akzeptanz	Zukunftsfähigkeit	Gesamt
dezentrale Systeme						
Gaskessel	Erdgas	6	4	4	5	4,8
Luft-Wp	Umwelt/Strom	2	3	2	1	2,0
geoth. WP	Umwelt/Strom	1	3	2	1	1,8
Holzfeuerung	Pellet	2	4	4	2	3,0
Solarthermie	i.V.m.	1	4	2	1	2,0
zentrale Systeme						
BHKW+Kessel	Erdgas	5	2	4	5	4,0
BHKW+Kessel	Biomethan	4	2	3	3	3,0
Holzfeuerung	HHS	2	3	4	2	2,8
geoth. WP	low-ex	2	3	2	2	2,3
geoth. WP	kalte NW	1	3	2	1	1,8



Energiekonzept

Nächste Schritte...

- Grundlagendaten
Nettogrundflächen
Einschränkungen
- Gebäudestandards
GEG, KfW 55, KfW 40 –EH;
Passivhaus
- Wärmeversorgung:
zentral vs. dezentral
HT, low-ex, kalte Nahwärme
Abwärme, Grubenwasser
- nächste Schritte
Festlegung der Varianten
Berechnung des Systemvergleichs

...offene Punkte





Wir bedanken uns für Ihre
Aufmerksamkeit.

Energiekonzept

Bebauungsplan Nr. 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Objekt: Bochum Wattenscheid

Ort: Videokonferenz

KST: 2119600

Datum: 03.03.2022

Uhrzeit: 14:00 – 15:30 Uhr

Teilnehmer:	Name	Organisation	Teilnahmeart
	Frau Sindram	Stadt Bochum	zeitweilig
	Frau Bolenz	Stadt Bochum	
	Herr Kuhlhoff	Stadtwerke Bochum	
	Herr Omereit	Stadtwerke Bochum	
	Herr Eickenbusch	blueorange Development West GmbH	
	Herr Schürmann	blueorange Development West GmbH	
	Herr Kottsieper	Gertec GmbH	
	Herr Ditfe	Gertec GmbH	

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
1	Nach Begrüßung und Einleitung erfolgte eine kurze Vorstellung der einzelnen Projektbeteiligten. Der Termin diente der Vorstellung der vorläufigen Ergebnisse aus Projektphase 1, worunter v.a. die Punkte Energiebedarfe, -potenziale und mögliche Versorgungsvarianten zu verstehen sind. Der Gesprächsverlauf orientierte sich an der beigefügten Präsentation von Gertec. Wesentliche Gesprächsinhalte sind nachfolgend nochmals benannt.		Info
2	<p>Energiebedarfe:</p> <p>Zur Ermittlung des Energiebedarfs standen der Gertec mehrere Datengrundlagen zur Verfügung, u.a. die Daten des städtebaulichen Entwurfs (Konzeptes) und die Flächenaufstellung von blueorange. Gertec wird anhand dieser Daten und typischer Gebäudekenngößen (vgl. IWU) die Abschätzung der Wohnflächen und somit der Energiebedarfe präzisieren. Eine Berechnung des Kältebedarfs im Sinne einer aktiven Kühlung ist nicht vorgesehen und wird von Gertec auch nicht empfohlen. Maßnahmen zur passiven Kühlung und der Vermeidung sommerlicher Überhitzung werden in der textlichen Ausarbeitung des Konzeptes berücksichtigt.</p> <p>Hinsichtlich des Strombedarfs (inkl. E-Mobilität) und der erforderlichen elektr. Anschlussleistung soll eine frühzeitige Abstimmung mit dem Netzbetreiber erfolgen. Ggf. kann hier bereits die Teilnahme am nächsten Arbeitsgespräch vereinbart werden.</p>	Gertec	
		Stadtwerke Bochum	

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
3	<p>Potenziale:</p> <p>Ein großes Energiepotenzial wird für das Baugebiet in der oberflächennahen Geothermie gesehen. Nach Rücksprache mit den Projektbeteiligten stehen nicht alle der dargelegten und außerhalb liegenden Flächen zur Verfügung. So entfällt die Fläche Nord 1, nach Aussage von der Stadt Bochum, und die Fläche Nord 2, nach Aussage von blueorange. Die Fläche Süd wird von der Stadt Bochum für eine geothermische Nutzungsmöglichkeit angefragt/geprüft.</p> <p>Da in dem Gebiet die Installation von Erdsonden vom oberflächennahen Bergbau beeinflusst werden könnte, soll das Fraunhofer IEG miteinbezogen werden, um eine belastbare Grundlage für weitere Planungen zu erhalten. Art und Umfang der Einbindung ist noch zu klären.</p> <p>Die Nutzung von (industrieller) Abwärme und von Grubenwasser erscheint auf Grund der Entfernungen zu pot. Quellen als unrealistisch und wird nicht weiter verfolgt.</p>	<p>Info</p> <p>Stadt Bochum</p> <p>Stadtwerke Bochum</p>	
	<p>Versorgungsoptionen:</p> <p>Aufbauend auf den Potenzialen wurden die in Frage kommenden Versorgungsoptionen grob skizziert und die <u>vorläufige</u> Bewertungsmatrix erörtert. Darauf aufbauend kann und soll die Festlegung der Varianten erfolgen, die in Phase II detailliert ausgearbeitet werden.</p> <p>Diese Festlegung wurde noch nicht getroffen. Die Teilnehmer werden die damit verbundenen Fragestellungen bis zum nächsten Termin intern abstimmen.</p>		alle
4	<p>Nächste Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> Besprechungstermin am 17.03.22 um 14 Uhr zum gemeinsamen Austausch über mögliche Versorgungsvarianten für das Baugebiet. <u>Nachträglich</u>: Auf Grund eines Terminkonfliktes wäre eine Vorverlegung auf 13:30 wünschenswert. 		alle

Gertec GmbH
 Ingenieurgesellschaft
 Martin-Kremmer-Str. 12
 45327 Essen
 Telefon 0201 / 2 45 64 -0
 Telefax 0201 / 2 45 64 -20
info@gertec.de | www.gertec.de

Datum: 03.03.2022
 Verfasser: Hr. Kottsieper/
 Hr. Ditfe
 Telefon: -53

Verteiler: Wie Teilnehmer

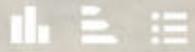




Gertec GmbH

Energiekonzept – Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Jochen Tack/Stiftung Zollverein



Energiekonzept für Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern



Energiekonzept

Bewertungs- matrix

Auswahl der Varianten

Hintergrund: pot. Wegfall der Vergütung Biomethan in KWK-Anlagen

Auswahl Versorgungsvarianten		Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Bedienung/Akzeptanz	Zukunftsfähigkeit	Gesamt
Gewichtung		40%	20%	10%	30%	100%
dezentrale Systeme						
Gaskessel	Erdgas	6	4	4	5	5,1
Luft-Wp	Umwelt/Strom	2	2	2	1	1,7
geoth. WP	Umwelt/Strom	1	4	3	1	1,8
Holzfeuerung	Pellet	2	4	4	2	2,6
Solarthermie	i.V.m.	1	4	2	1	1,7
zentrale Systeme						
BHKW+Kessel	Erdgas	5	2	4	5	4,3
BHKW+Kessel	Biomethan	4	2	3	3	3,2
Holzfeuerung	HHS	2	3	4	2	2,4
geoth. WP	low-ex	2	4	5	2	2,7
geoth. WP	kalte NW	1	4	5	1	2,0
geoth. WP&L/Wp	low-ex	2	4	5	1	2,4



Energiekonzept

Ausgangsbasis

Bedarf: KfW 40 1.172 MWh
Passiv 739 MWh

65 Sonden (100% Basis)

COP des Systems: 4,0

Ertrag: 1.057 MWh

Bedarfsdeckung: 90 %_(KfW40)

Konflikt Grünflächenplanung





Energiekonzept

75 % Anteil

Reduzierung auf 49 Sonden
Ertrag Geoth.: 797 MWh ↓
Bedarf Luft: 376 MWh ↑
Bedarfsdeckung geoth.: 66%





Energiekonzept

50 % Anteil

Verringerung auf 33 Sonden
Ertrag Geoth.: 537 MWh ↓
Bedarf Luft: 636 MWh ↑
Bedarfsdeckung geoth.: 46%





Energiekonzept

50 % Anteil Versorgung von MFH+KiTa

Bedarf MFH+KiTa: 774 MWh_(KfW40)

33 Sonden

Ertrag Geoth.: 537 MWh ●

Bedarf Luft: 237 MWh ▼

Bedarfsdeckung geoth.: 69 %

Dezentrale Versorgung der EFH und DHH





Energiekonzept

50 % Anteil

33 Sonden

Ertrag Geoth.: 537 MWh ●

Bedarf Luft: 0 MWh ↓

Bedarfsdeckung geoth.: ~ 100 %

Versorgungsart: Kalte Nahwärme





Offene Punkte/ Informationen

- Installation von Erdsonden aus bergbaurechtlicher Sicht möglich?
- Seit dem 20.04.22 ist eine Förderung nach Effizienzhausstufe 40, Effizienzhausstufe 40 EE und Effizienzhausstufe 40 Plus nicht mehr möglich
- Ab dem 21.04.2022 ist eine Förderung nach Effizienzhaus 40 NH möglich. → Ausstellung eines Nachhaltigkeitszertifikats nach den Anforderungen des „Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)“
 - Förderung von Wärmeerzeugern nur auf Basis EE, keine Förderung für Gas betriebene Wärmeerzeuger



Wir bedanken uns für Ihre
Aufmerksamkeit.

Energiekonzept

Bebauungsplan Nr. 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Objekt: Bochum Wattenscheid

Ort: Videokonferenz

KST: 2119600

Datum: 11.05.2022

Uhrzeit: 14:00 – 14:45 Uhr

Teilnehmer:	Name	Firma
	Frau Sindram	Stadt Bochum
	Frau Bolenz	Stadt Bochum
	Herr Eickenbusch	blueorange Development West GmbH
	Herr Schürmann	blueorange Development West GmbH
	Herr Kottsieper	Gertec GmbH
	Herr Ditfe	Gertec GmbH

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
1	Der Termin diente vornehmlich der Vorstellung von Berechnungsergebnissen einer Versorgungsvariante, die Gertec, aufgrund einer mangelhaften Flächenverfügbarkeit für die Geothermie, vorgeschlagen hatte. Weiterhin wurden die weiter zu betrachtenden Versorgungsvarianten für die Ausarbeitung des Energiekonzeptes nochmals erörtert und festgesetzt. Der Gesprächsverlauf orientierte sich an der beigefügten Präsentation. Die wichtigsten Ergebnisse des Termins werden im Folgenden zusammengefasst.		Info
2	Versorgungsvariante mit Luft-Sole-Hybridwärmepumpe: Die von Gertec vorgeschlagene und vorgestellte Versorgungsvariante beruht auf einer Wärmepumpenversorgung in Kombination mit Luft und Erdsonden, die sich aus der knappen Flächenverfügbarkeit im Quartier ergeben hat. Gertec ist zu dem Ergebnis gekommen, dass mindestens 33 Erdsonden im Grünstreifen des Quartiers installiert werden müssten, um einen gewissen (Mindest-) Ertrag aus der Geothermie zu erzielen und die Kosten der Versorgung überschaubar zu halten. Im Zuge der Abstimmung ist man zu dem Ergebnis gekommen, dass aufgrund der geplanten Versickerungsflächen (Rigolen) in der Mitte des Grünstreifens und deren Ausdehnung in Richtung Norden und Süden, nicht genügend Raum für die Installation von Erdsonden zur Verfügung steht. Eine weitere Verringerung der Anzahl an Erdsonden führt demnach zu einem größeren Bedarf an Luft-Wärmepumpen, deren Ausmaße und Emissionen für das Quartier als ungeeignet gesehen werden.		Info

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
	<p>Versorgungsvariante KWK mit Biomethan:</p> <p>Eine zentrale Versorgungslösung auf Grundlage der Kraft-Wärmekopplung unter Einsatz von Biomethan und/oder Erdgas wird (vorerst) nicht weiter verfolgt.</p> <p>Auf Grund der aktuellen energie-politischen Diskussionen und Entwicklungen sind die (förder-) technischen Rahmenbedingungen aktuell so vage, dass keine belastbaren Aussagen über die Umsetzbarkeit einer solchen Variante getroffen werden können.</p>		
3	<p>Festgesetzte Versorgungsvarianten:</p> <p>In Ergänzung bzw. Anpassung der Festlegungen vom 17.03.22 werden für die weitere Bearbeitung folgende Versorgungsvarianten festgelegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variante 0 Luft-WP (dezentral) • Variante 1 geoth.-WP (Erdsonde) (dezentral) • Variante 2 Holzfeuerung (zentral) 	Gertec	
4	<p>Sonstige Informationen:</p> <p>Gertec nutzt trotz des Förderstopps von KfW 40 Gebäuden (Klasse EE und Plus) die Bedarfsgrundlage auf Basis eines KfW 40 Gebäudes, da eine derzeitiger Förderstopp keinen Einfluss auf die bauliche Substanz nimmt und der Wärmebedarf demnach unberührt bleibt.</p>	Info	
5	<p>Nächste Schritte:</p> <p>Ausarbeitung des Variantenvergleichs</p>		

Gertec GmbH
 Ingenieurgesellschaft
 Martin-Kremmer-Str. 12
 45327 Essen
 Telefon 0201 / 2 45 64 -0
 Telefax 0201 / 2 45 64 -20
info@gertec.de | www.gertec.de

Datum: 12.05.2022
 Verfasser: Hr. Kottsieper/
 Hr. Ditfe
 Telefon: -53

Verteiler: Wie Teilnehmer





Gertec GmbH

Energiekonzept – Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“
Ergebnisse des Variantenvergleichs

Jochen Tack/Stiftung Zollverein



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern



Energiekonzept

- 108 Gebäude
20 EFH; 34 DHH; 27 RHH
24 MFH, 2 MFH-Misch, 1 KiTa
In Summe 34.850 m² Wohnfläche
- Wohneinheiten (WE)
In Summe ~320 WE im Quartier
- Personen im Quartier: ~750
- Wärmebedarf: 1.180 MWh
Heizwärme (KfW40): ~730 MWh
TWW: ~450 MWh
- Th. Leistung: 850 – 1070 kW
- Elektrischer Bedarf: 1.670 MWh
Haushaltsstrom: 740 MWh
E-Mobilität: 930 MWh
Leistung E-Mobilität: ~720 kW

Versorgungsaufgabe





Energiekonzept

Versorgungsvarianten

Festlegungen vom letzten
Termin am 11.05.2022

- Referenzvariante: dezentrale Luft-Wasser Wärmepumpen
- Variante 1: zentrale Holzfeuerung
- Variante 2: dezentrale Sole-Wasser Wärmepumpen mit dem Nutzungsverfahren Erdsonden

Die Systemgrenzen der Varianten und die damit angesetzten Kosten enden mit der Übergabe der Wärme an das jeweilige Gebäude bzw. der Erzeugung bei einer dezentralen Versorgung.

Diese Grenze dient der verbesserten Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Die Bewertung und Bilanzierung findet nach den Emissionsfaktoren des GEG statt.



Energiekonzept

Referenzvariante

Luft-Wasser Wärmepumpen

Beschreibung

- Dezentrale Versorgungsvariante
- Jedes Wohneigentum bzw. MFH erhält eine WP zur eigenen Heiz- und Brauchwasserversorgung
- Aufstellung der Außeneinheit in Gebäudenähe; bei MFH ist eine Aufstellung im Innenbereich inkl. Zuluftleitung praktikabel

Auslegung

- WP Leistung je Gebäude : EFH 6 kW, DHH 5 kW, RH 5 kW
MFH 26 kW, MFH-Misch 34 kW,
KiTa 28 kW
- In Summe 108 dezentrale Wärmepumpen



Energiekonzept

Versorgungs- variante 1

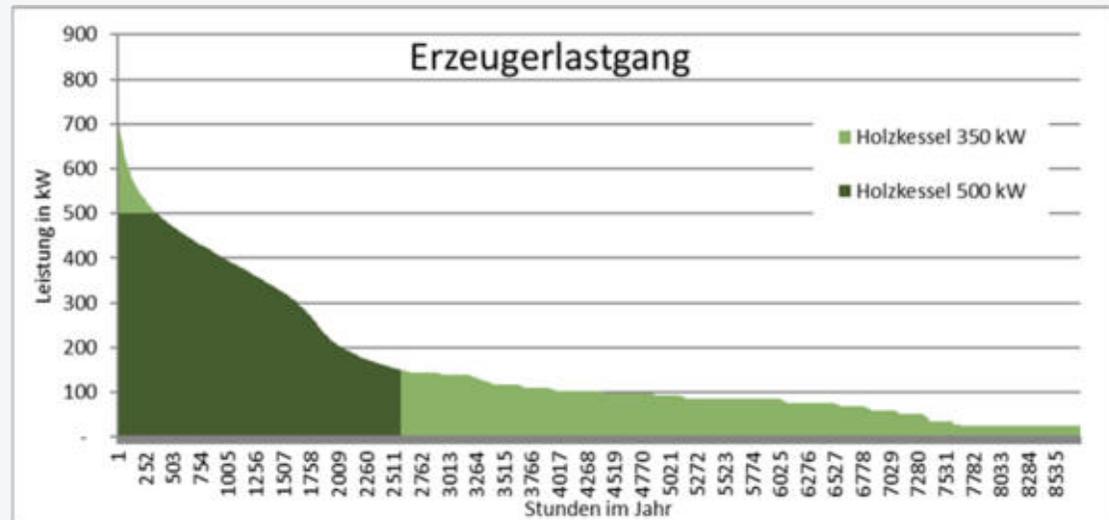
Holzpelletfeuerung

Beschreibung

- Zentrale Versorgung über Heizzentrale mit ca. 110 m² inkl. Pelletlager
- Pelletlager umfasst ca. 50 m³
- Wärmeverluste von ca. 16 % durch Wärmeverteilung im Quartier

Auslegung

- 1x 500 kW_{th} und 1x 350 kW_{th} Pelletkessel in Kaskade
- Pufferspeichergröße von ca. 2x 10 m³





Energiekonzept

Versorgungs- variante 1 Wärmenetz

Strahlennetz

Länge ca. 1.670 m

Heizzentrale ggf. in
Quartiersgarage im Westen
oder Osten





Energiekonzept

Versorgungs- variante 2

Dezentrale S/W-
Wärmepumpen
in Verbindung mit Erdsonden

Beschreibung

- Dezentrale Versorgungsvariante
- Jedes Wohneigentum bzw. MFH erhält eine WP zur eigenen Heiz- und Brauchwasserversorgung
- Installation der Erdsonde/n auf grundstückseigener Fläche
- Abstands- und Flächenproblematik v.a. bei MFH -> Sondenlänge erhöhen > 100 m

Auslegung

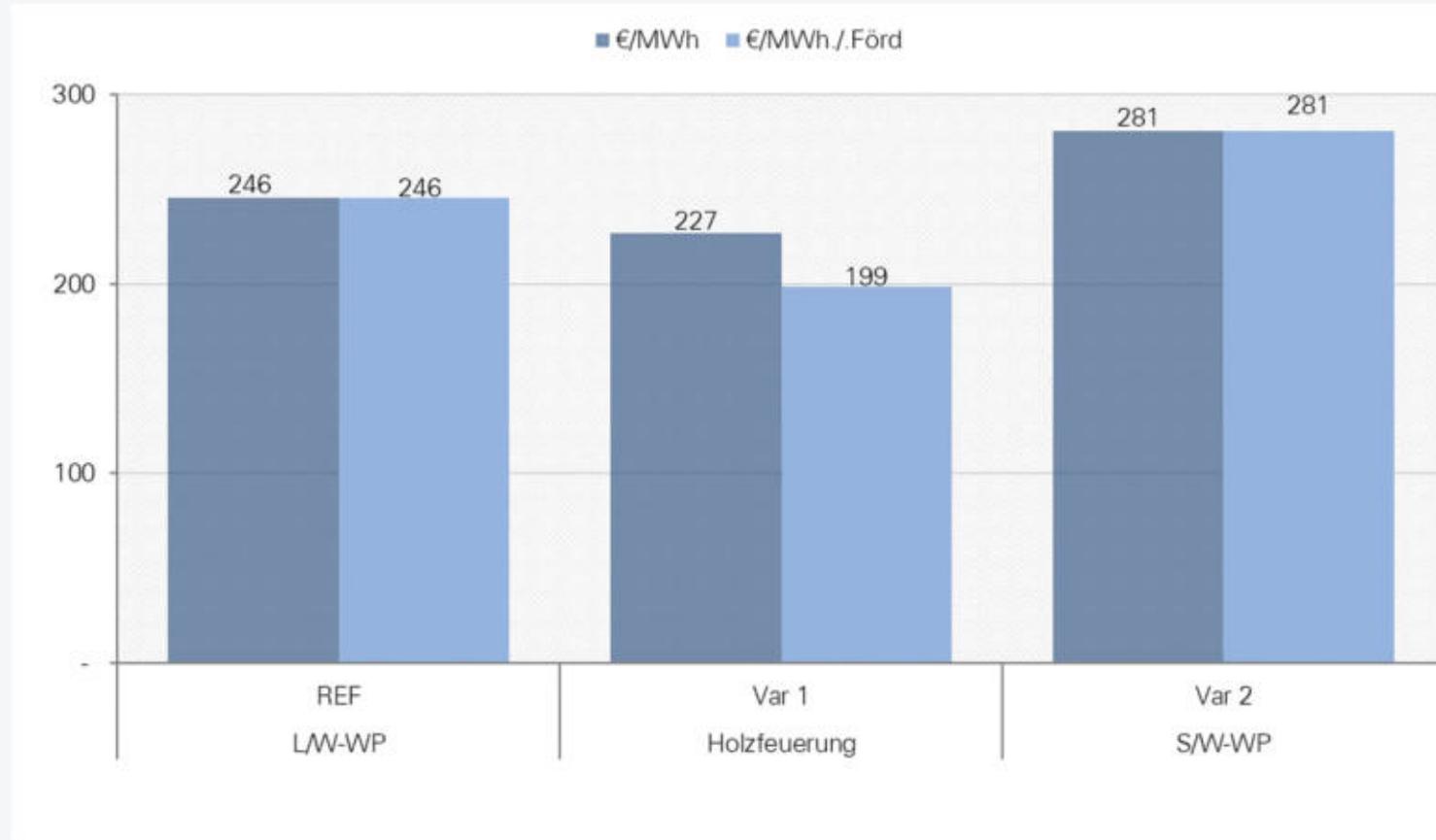
- WP Leistung je Gebäude : EFH 6 kW, DHH 5 kW, RH 5 kW
MFH 26 kW, MFH-Misch 34 kW,
KiTa 28 kW
- In Summe 108 dezentrale Wärmepumpen



Energiekonzept

Ergebnisse

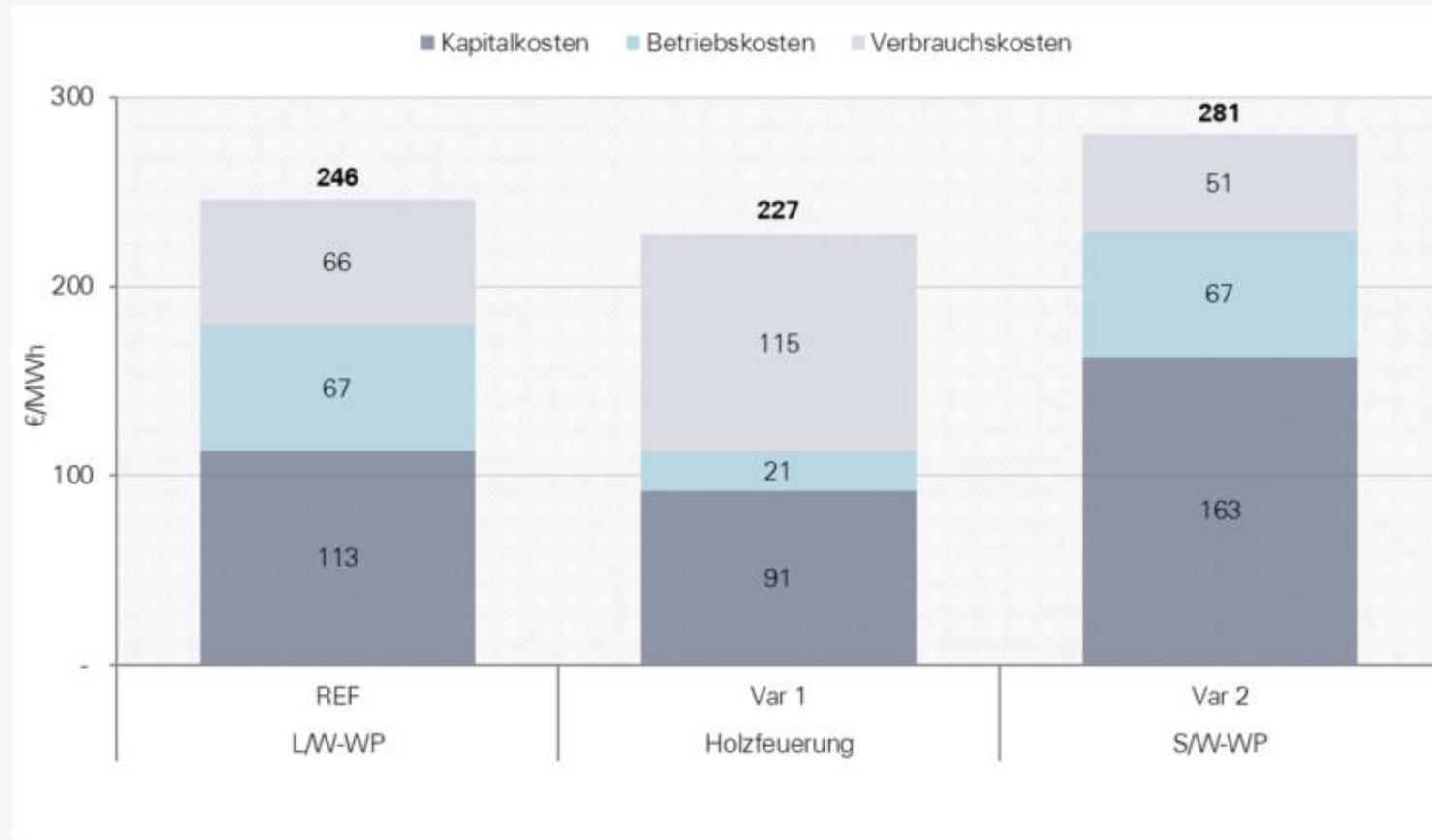
Wärmepreis ohne und mit
Förderung
Förderung nach zukünftigen
BEW





Energiekonzept

Ergebnisse



Zusammensetzung des Wärmepreises ohne Förderung



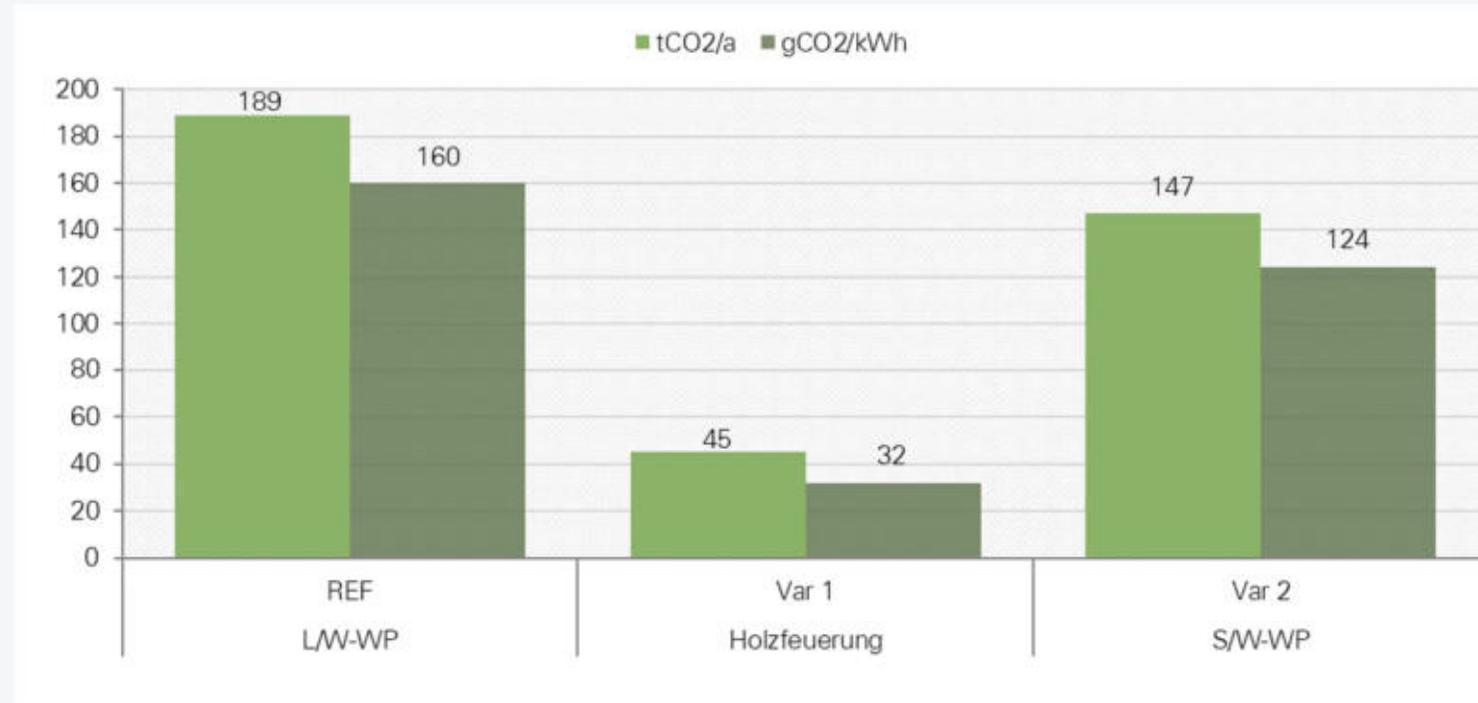
Energiekonzept

Ergebnisse

Ökobilanz nach GEG

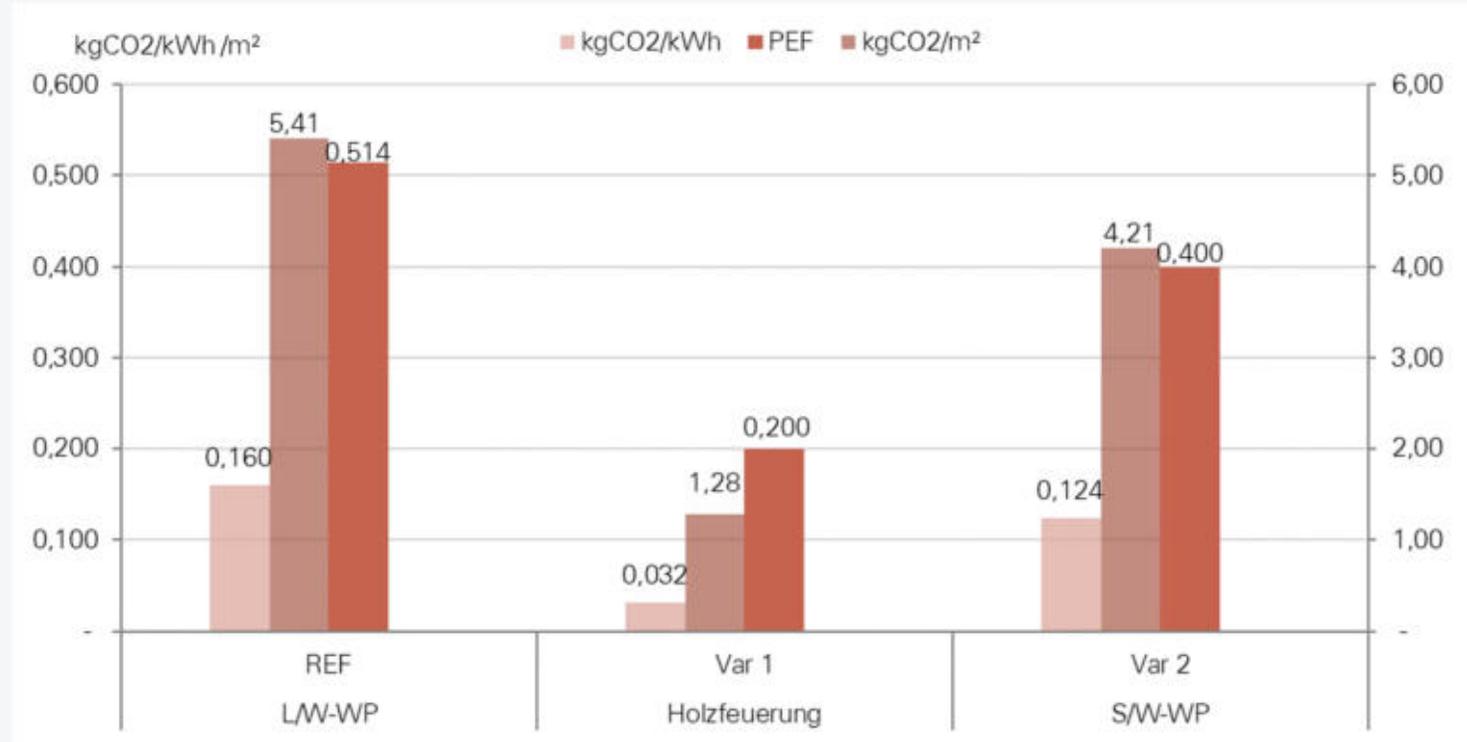
Keine Berücksichtigung einer
PV-Strom-Anrechnung

Keine zeitliche Variable





Ergebnisse



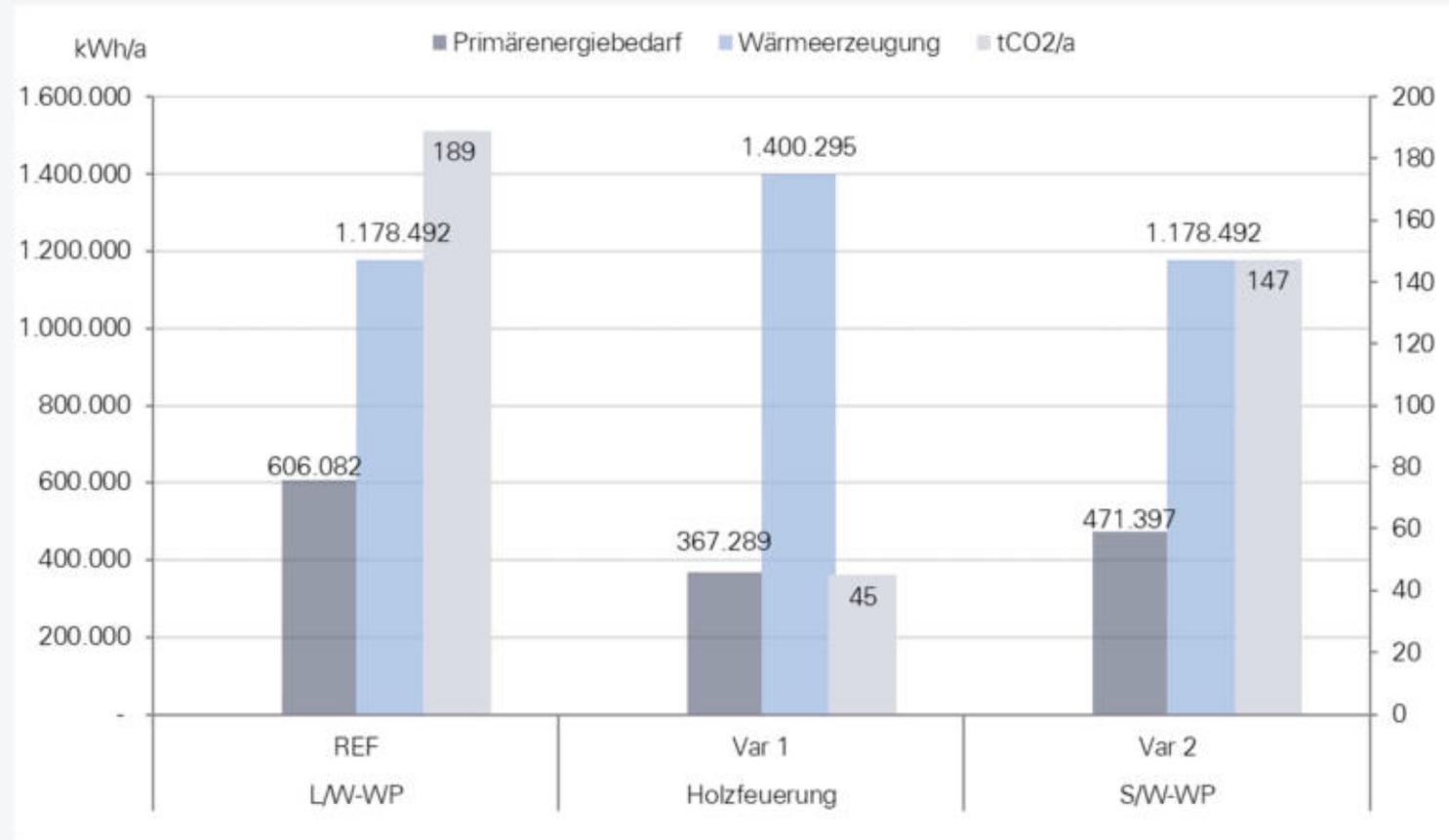
CO₂ je m² Wohnfläche
PEF nach GEG



Energiekonzept

Ergebnisse

Primärenergiebedarf
Wärmeerzeugung
Absolute Emissionen





Energiekonzept

PV-Strom Erzeugung

Pot. Ertrag: 1.945 MWh

- Bedarf Quartier: 1.675 MWh

- (Wärmeversorgung: 337 MWh)

Restbetrag: 270 (-67) MWh

- Dachflächenermittlung anhand stdb. Entwurf
- Zentrale Annahme: Flachdächer auf jedem Gebäudetyp
- Potentielle Dachnutzung von 65 %
- Ost-West-Auslegung mit einem spez. Ertrag von 906 kWh/kWp für den Standort Bochum

Gebäudetyp	Pot. Dachfläche	Installierbare PV- Leistung	Pot. Ertrag	Anteil Ertrag
	[m ²]	[kWp]	[kWh/a]	[-]
EFH	68	11,0	9.961	10 %
DHH	50	8,3	7.501	13 %
RH	47	7,8	7.049	10 %
MFH	242	40,3	36.481	45 %
MFH-Misch	360	59,9	54.245	6 %
KiTa	382	63,7	57.734	3 %
Quartiersgarage	858	142,8	129.427	13 %
Summe	12.945	2.146	1.945.208	100 %

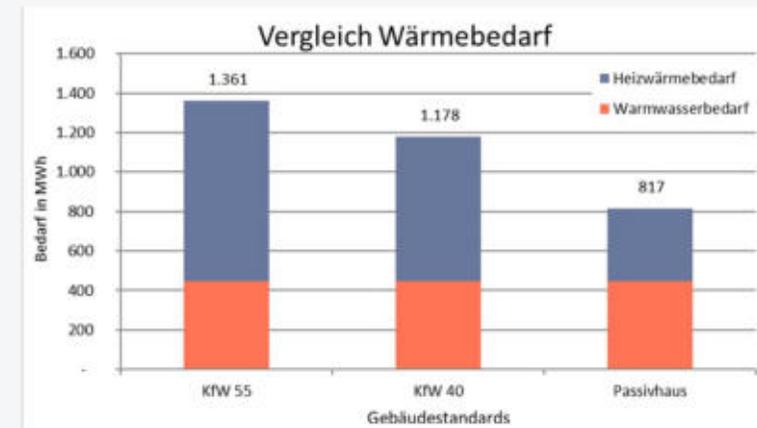


Energiekonzept

Nächste Schritte

- Sind weitere oder angepasste Kennwerte zur Ergebnisdarstellung gewünscht?
- Welche weitere Bilanzierungsart soll zugrunde gelegt werden?
- ...

... offene Punkte





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Energiekonzept

Bebauungsplan Nr. 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Objekt: Bochum Wattenscheid

Ort: Videokonferenz

KST: 2119600

Datum: 13.07.2022

Uhrzeit: 10:00 – 11:00 Uhr

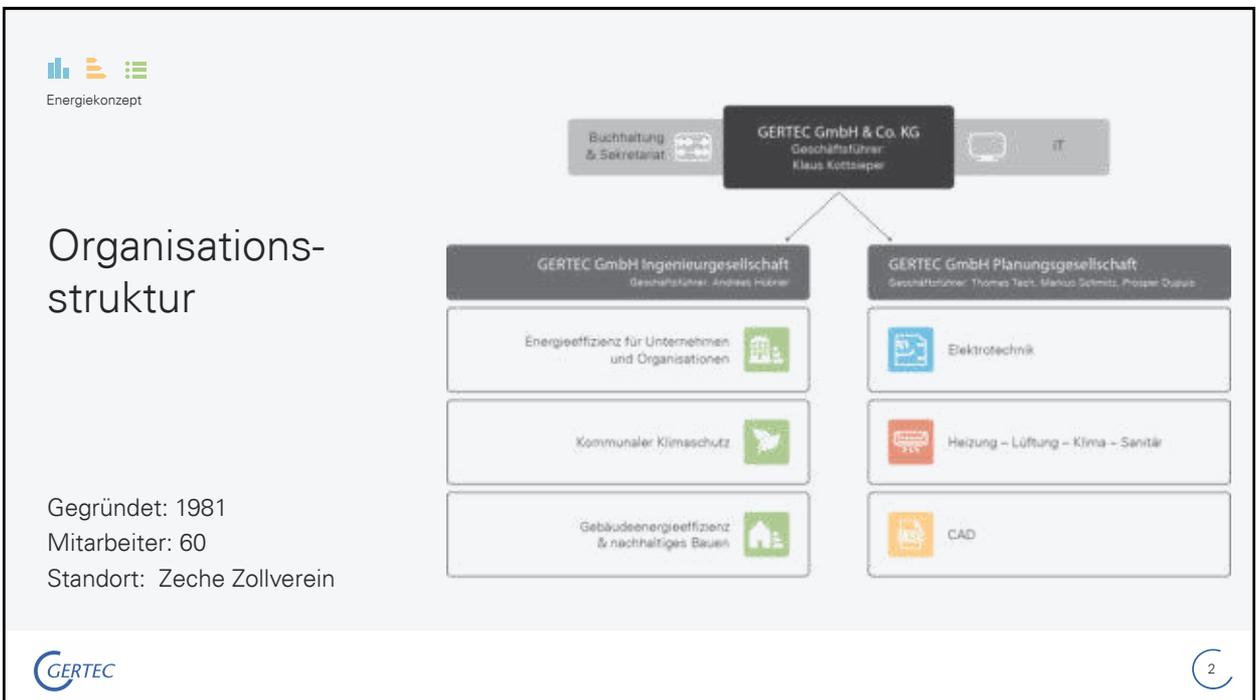
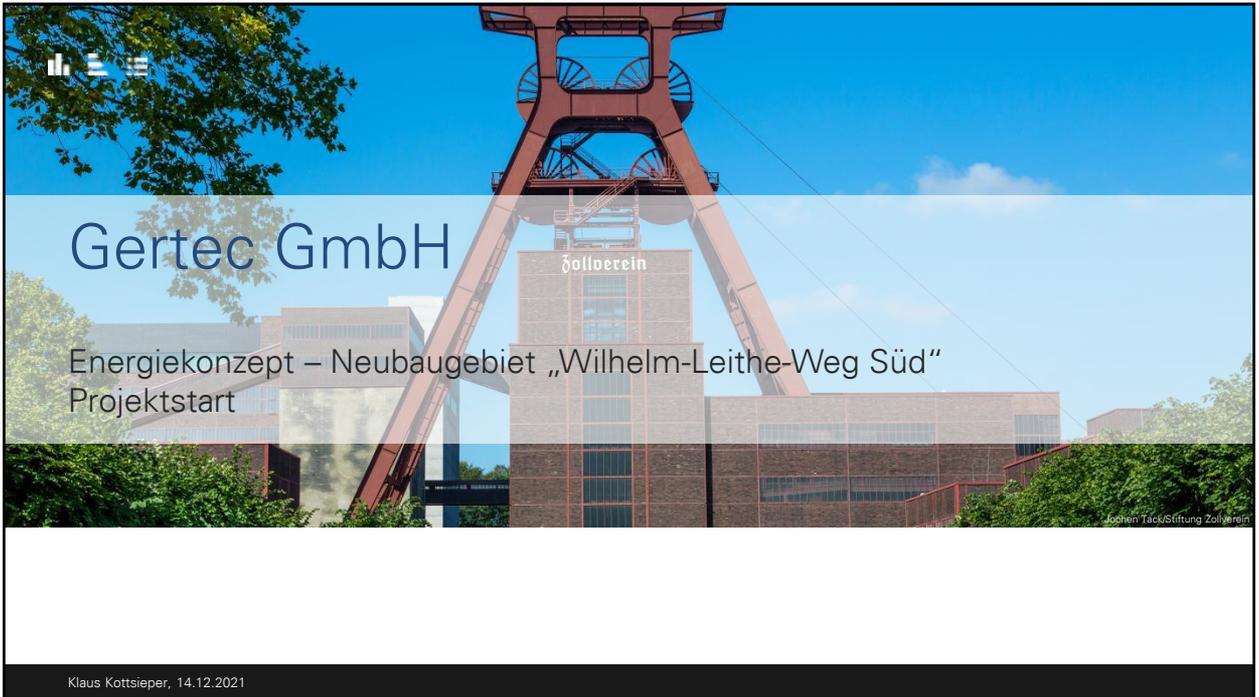
Teilnehmer:	Herr Eickenbusch	blueorange Development West GmbH
	Herr Schürmann	blueorange Development West GmbH
	Herr Wabbel	blueorange Development West GmbH
	Herr Ditfe	Gertec GmbH

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
1	Der Termin diene vornehmlich der Vorstellung und Erörterung der Ergebnisse des Variantenvergleichs. Der Gesprächsverlauf orientierte sich an der beigefügten Präsentation. Die wichtigsten Ergebnisse des Termins werden im Folgenden kurz zusammengefasst.	Info	
2	<p>Erweiterungs-/ Anpassungswünsche:</p> <p>Im Zuge der Vorstellung der Berechnungsergebnisse wurden von blueorange development Ausarbeitungswünsche geäußert, die im Folgenden kurz dargelegt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung der spez. CO₂e Kennwerte der Wärmeerzeugung für den Zeitpunkt 2030 • Anrechnung des PV-Stroms nach aktueller Gesetzeslage des GEG • Einbringung von Informationen zur Feinstaubbelastung einer Holzfeuerungsanlage • Anpassungen textlicher Passagen im Zwischenbericht 	Gertec	
4	<p>Sonstige Informationen:</p> <p>Eine Vorstellung des Energiekonzeptes soll im Zeitraum vor dem Monat September erfolgen. Nach Fertigstellung des finalen Endberichts, soll dieser an die Projektteilnehmenden versendet werden.</p>	Info	
5	<p>Nächste Schritte:</p> <p>Ausarbeitung der Erweiterungen bzw. Anpassungen aus Punkt 2 und Finalisierung des Endberichts.</p> <p>Versand Terminvorschlag für Vorstellung Energiekonzept</p>	Gertec	30. KW
		Gertec	30. KW

Gertec GmbH
Ingenieurgesellschaft
Martin-Kremmer-Str. 12
45327 Essen
Telefon 0201 / 2 45 64 -0
Telefax 0201 / 2 45 64 -20
info@gertec.de | www.gertec.de

Datum: 13.07.2022
Verfasser: Hr. Ditfe
Telefon: -83

Verteiler: Wie Teilnehmer





Energiekonzept für das Neubaugebiet Wilhelm-Leithe-Weg Süd



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern

Energiekonzept

Novelle des Klimaschutzgesetzes Juni 2021

Zielsystem

Klimapfad bisher:

```

    graph LR
      A[bis 2030 -55 %] --> B[bis 2040 keine Zieldefinition]
      B --> C[bis 2050 klimaneutral]
    
```

Klimapfad ab sofort:

```

    graph LR
      D[bis 2030 -65 %] --> E[bis 2040 -88 %]
      E --> F[bis 2045 klimaneutral]
    
```

Bundesweite Zielsetzungen zur CO₂-Emissionsminderung

GERTEC 5

Energiekonzept

Handlungsfelder

„Klimaneutral“

- Definition
- Klimaziele
- Bilanzgrenze

Energiebedarf

- Bedarfe minimieren
- Flächeneffizienz
- Effizienzstandard Gebäude

Sommerlicher Wärmeschutz

- Kühlbedarfe prüfen
- Passive Kühlmaßnahmen ausschöpfen

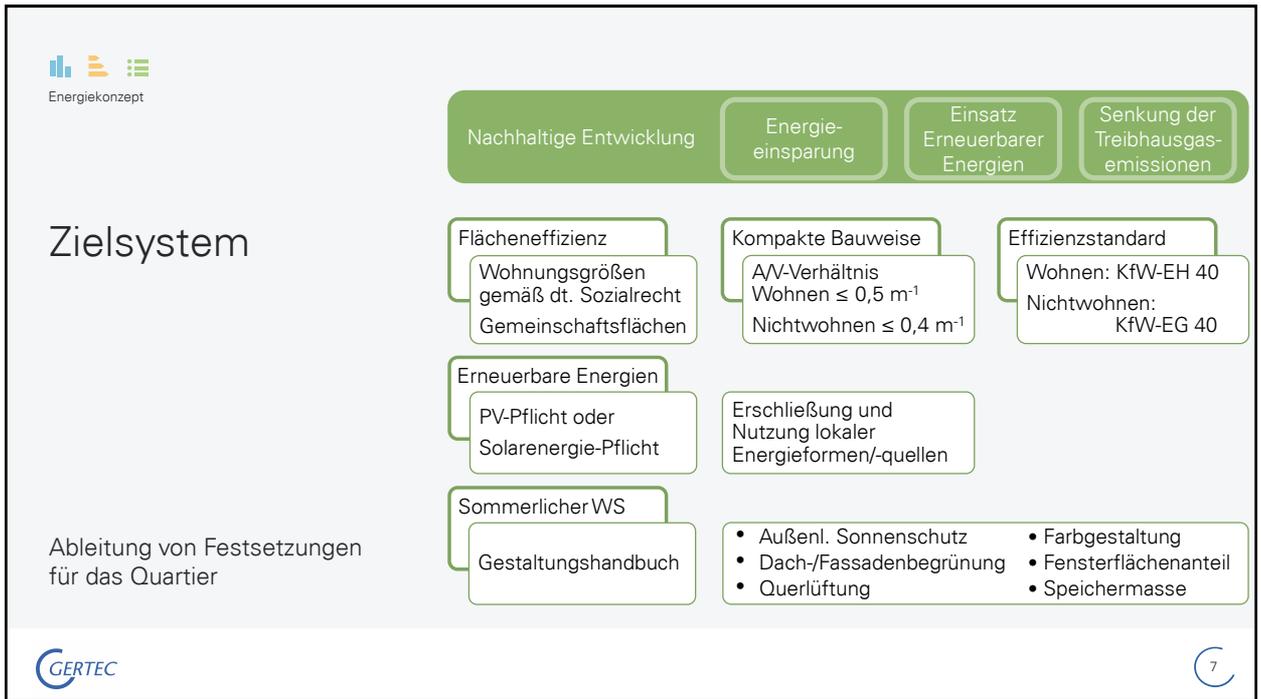
Energieversorgung

- Anteil EE maximieren
- Umwelt- und Abwärme nutzen

Endenergiebedarf

Primärenergiebedarf

GERTEC 6





Energiekonzept

Versorgungs- optionen

qualitative Bewertung der
Versorgungstechniken
Verfügbarkeit / Potenzial

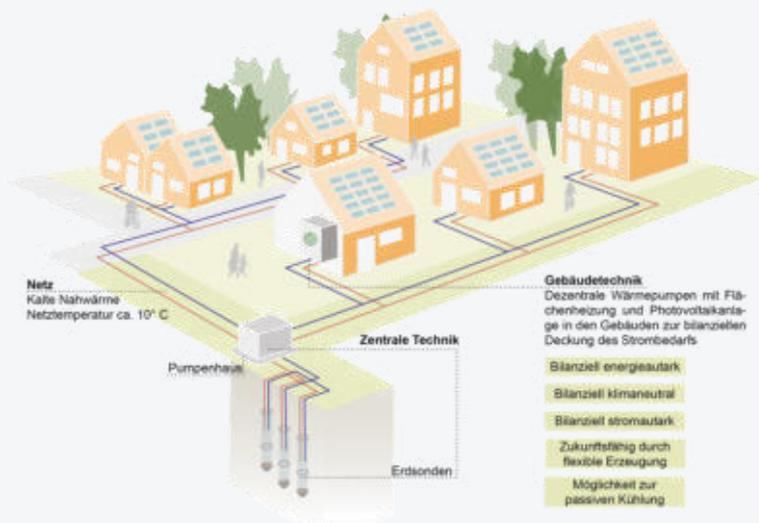
Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzhackschnittzel	zentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> niedrige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis regionale Verfügbarkeit der Brennstoffe niedrige CO₂-Emissionen Grund- und Spitzenlast 	<ul style="list-style-type: none"> aufwändige Anlagentechnik hoher Betriebsaufwand hoher Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager hohes Transportaufkommen
Holzpellet	zentrale und dezentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> mäßige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis (über-)regionale Verfügbarkeit hoher Automatisierungsgrad mäßiger Platzbedarf geringe CO₂-Emissionen Grund- und Spitzenlast 	<ul style="list-style-type: none"> aufwändige Anlagentechnik mäßiger Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager mittleres Transportaufkommen
KWK mit fossilem Erdgas	zentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> mäßige Brennstoffkosten hohe Effizienz niedrige CO₂-Emissionen bei einer Stromgutschrift gegen den fossilen BRD-Mix geringer/mittlerer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> Abhängigkeit von Energie-Importen BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel CO₂-Steuer Wartungsaufwand
KWK mit Biomethan	zentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> Stromvergütung gem. EEG je nach Leistungsklasse hohe Effizienz geringe CO₂-Emissionen geringer/mittlerer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Brennstoffkosten begrenzte Verfügbarkeit von Biomethan mittlere CO₂-Äquivalent-Emissionen (Methan, Lachgas fallen bei der Erzeugung an) BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel Wartungsaufwand



Energiekonzept

Wärmepumpen & Geothermie

Kalte Nahwärme:
Beispiel Erdsonden & dez. WP





Energiekonzept

Weitere Optionen

qualitative Bewertung der Versorgungstechniken
Verfügbarkeit / Potenzial

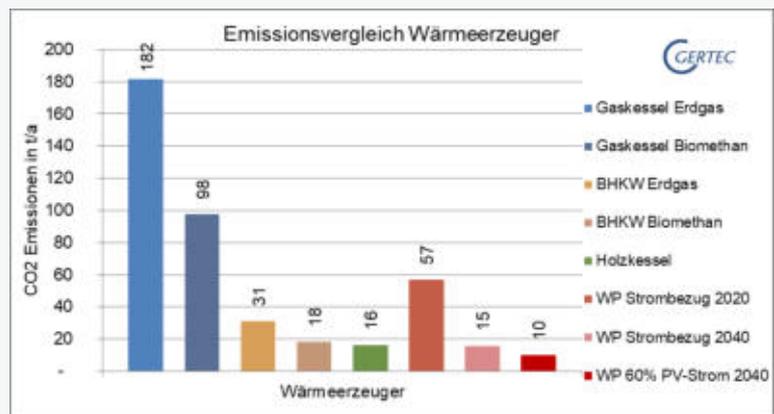
Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Wärmepumpe	zentrale & dezentrale Versorgung „kalte Nahwärme“	<ul style="list-style-type: none"> geringe Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO₂-Emissionen - vor allem bei Ökostrom oder PV Strom Grund-&Spitzenlast 	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturnivea < 50°C Effizienz abhängig von Wärmequelle und Temperaturniveau
WP Luft	..	<ul style="list-style-type: none"> geringer Erschließungsaufwand geringer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> mäßige Effizienz Hoher Platzbedarf für Lüfter stört bei hochwertiger Architektur
WP Sonde/Kollektor	..	<ul style="list-style-type: none"> gute Effizienz 	<ul style="list-style-type: none"> hoher Flächenbedarf hohe Erschließungskosten
WP Eisspeicher	..	<ul style="list-style-type: none"> gute Effizienz i.V.m. Solarthermie- oder Kälteanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Erschließungskosten (Eisspeicher)
WP Brunnen/ Gewässer	..	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Effizienz 	<ul style="list-style-type: none"> Verfügbarkeit von Saug- und Schluckbrunnen wasserrechtliche Zulässigkeit
Solarthermie	zentrale & dezentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> minimale CO₂-Emissionen gut kombinierbar geringer Betriebsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> saisonale Verfügbarkeit nur als Ergänzung möglich
Photovoltaik	zentrale & dezentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> minimale CO₂-Emissionen gute Kombinierbarkeit mit WP geringer Betriebsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> saisonale Verfügbarkeit nur als Ergänzung möglich
Erdgas	zentrale & dezentrale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> geringer Erschließungsaufwand bei vorhandener Infrastruktur mäßiger Platzbedarf gute Kombinierbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> hohe CO₂-Emissionen Abhängigkeit von E-Importen CO₂-Steuer



Energiekonzept

CO₂-Emissionen Wärme

Daten in Anlehnung an GEG
Wärmebedarf nach KfW 40
BHKW nach Carnot-Methode
Änderung Strommix bis 2040



Energiekonzept

Nächste Schritte...

- Grundlegenden Daten
 - Flächen und Nutzung
 - Infrastruktur, Planauskunft
 - Relevante Akteure (Stadtwerke)
 - Einschränkungen
- Stichwort „Klimaneutralität“
 - Definition
 - Bilanzgrenzen
- Gebäudestandards
 - GEG, KfW 55, KfW 40 –EH;
 - Passivhaus
- Wärmeversorgung:
 - zentral vs. dezentral
 - HT, low-ex, kalte Nahwärme

...offene Punkte




GERTEC

15



Energiekonzept

Neubaugebiet „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“
Bebauungsplan Nr. 1009 Stadt Bochum

Objekt: Bochum Wattenscheid

Ort: Videokonferenz

KST: 2119600

Datum: 14.12.2021

Uhrzeit: 14:00 – 16:00 Uhr

Teilnehmer:	Frau Sindram	Stadt Bochum	
	Frau Bolenz	Stadt Bochum	
	Herr Wienkotte	Stadtwerke Bochum	zeitweilig
	Herr Eickenbusch	blueorange Development West GmbH	
	Herr Schürmann	blueorange Development West GmbH	
	Herr Kottsieper	Gertec GmbH	

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
1	Nach Begrüßung und Einleitung erfolgte eine kurze Vorstellung der einzelnen Projektbeteiligten. Die Besprechung diente der Vorstellung und Erörterung des Angebotsumfangs bzw. der vorgesehenen Bearbeitungsschritte seitens Gertec. Der Gesprächsverlauf orientierte sich an der beigefügten Präsentation (Anlage 1) sowie an dem zu Grunde liegenden Angebot der Gertec. Wesentliche Gesprächsinhalte sind nachfolgend nochmals benannt.		Info
2	Eine Festlegung auf konkrete Klimaschutzziele liegt noch nicht vor. Gertec liefert einen Vorschlag, wie Klimaneutralität für das Neubaugebiet definiert werden sollte und stellt diesen im nächsten AG-Treffen vor.	Gertec	~kW 5
3	Energiebedarf und –versorgung <ul style="list-style-type: none"> • Der Energiebedarf – hier insbesondere der Wärmebedarf – der Gebäude wird für folgende Baustandards ermittelt: kfw 55, kfw 40 und Passivhaus • Der KfW 40 Standard dient (voraussichtlich) als Grundlage für die detaillierte Ausarbeitung der Versorgungslösungen in der zweiten Phase der Konzepterstellung • Die Ausarbeitung wird dabei zentrale und dezentrale Varianten berücksichtigen • Der Gesamtstrombedarf enthält keinen Bedarf für eine aktive Kühlung. Unter der Betrachtung einer klimaneutralen Versorgung ist ein Kältebedarf durch bauliche Maßnahmen zu vermeiden. Insofern eine passive Kühlung erforderlich ist, empfiehlt sich das Konzept der kalten Nahwärme. Das Konzept wird die entsprechenden Aspekte berücksichtigen. 		Info

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromobilität (Ladestrombedarf) wird anteilig mitberücksichtigt. 		
4	<p>Datengrundlage:</p> <p>Zur Ermittlung der Bezugsflächen (Nutzfläche) wird der vorliegende Rahmenplan um die für die gutachterliche Betrachtung relevanten Kennzahlen eines Bebauungsplanentwurfs ergänzt. Die entsprechenden Herleitungen auf Grundlage der geplanten Nutzungen, Geschossigkeiten und der Baunutzungsverordnung sind im Nachgang zu dieser Besprechung vom Büro RaumPlan tabellarisch (Anlage 2) und graphisch (Anlage 3) aufbereitet worden. Diese stellen im Sinne einer „worst-case-Betrachtung“ einen Maximalumfang der möglichen Nutzflächenrealisierungen dar.</p>		
5	<p>Anhand der kommentierten Angebotsfassung (Stand 02.12.21) wurden offene Fragen und Anmerkungen erörtert und im Wesentlichen geklärt. Um weitere Fragen, die während der Bearbeitung auftauchen, schnell und im Sinne des Auftraggebers zu beantworten, dient diese Arbeitsgruppe.</p>	Info	
6	<p>Nächste Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbereitung, Ermittlung der Energiebezugsflächen als Grundlage für die Bedarfsermittlung • Aufbereitung der Energiepotenziale im neuen Wohngebiet und im näheren Umfeld • Vorschläge für mögliche Versorgungslösungen (Optionen) • Vorstellung und Erörterung der ersten Ergebnisse 	Gertec	bis ~ kW 5

Gertec GmbH
 Ingenieurgesellschaft
 Martin-Kremmer-Str. 12
 45327 Essen
 Telefon 0201 / 2 45 64 -0
 Telefax 0201 / 2 45 64 -20
info@gertec.de | www.gertec.de

Datum: 20.12.2021
 Verfasser: Hr. Kottsieper
 Telefon: -53

Verteiler: Wie Teilnehmer





Gertec GmbH

Energiekonzept – Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“
Abschlusspräsentation

Jochen Tack/Stiftung Zollverein



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern



Energiekonzept

Zielsetzung

Neubaugebiet
Wilhelm-Leithe-Weg Süd

Bilanzielle Treibhausgasneutralität

→ Netto-Null Emissionen der im Kyoto-Protokoll definierten Treibhausgase

- Kohlendioxid, Methan, Lachgas, F-Gase
- Im GEG als CO₂-Äquivalente (CO₂e) zusammengefasst

→ Betrachtung der Emissionen auf Jahresebene

Wesentliche Voraussetzungen zur Zielerreichung

- Reduzierung des Energiebedarfs
- Optimierte Energieversorgung
- Hoher Anteil erneuerbarer Energien



Versorgungsaufgabe

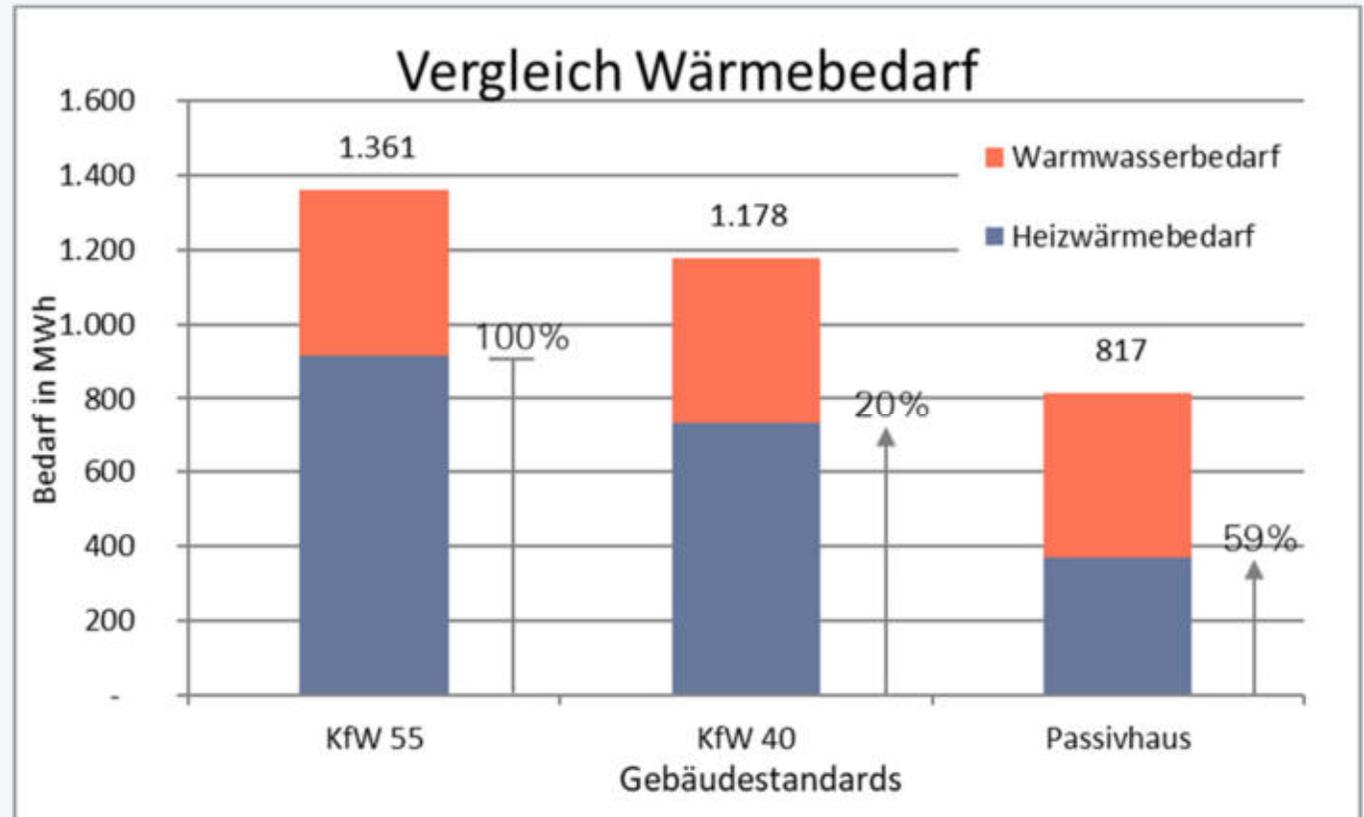


Energiekonzept

Versorgungsaufgabe

- Wärmebedarf: 1.180 MWh
Heizwärme (KfW40): ~730 MWh
TWW: ~450 MWh
- Th. Leistung: 850 – 1070 kW

→ Grundlage für Variantenvergleich





Potenziale der Wärme- und Stromversorgung

2.07 km

2.57 km

0.66 km

2.29 km



Energiekonzept

Potenziale

Betrachtung und Einbringung

- ✓ Solare Potenziale wurden ermittelt und angewendet
- ✗ Abwärmepotenziale wurden nicht weiter betrachtet
Industriell und Gewässer
- ✓ Geothermische Potenziale wurden untersucht und für eine dezentrale Versorgung betrachtet
- ✗ Biogas- und Klärgasproduzenten sind in zu großer Entfernung zum Baugebiet
- ✗ Grubenwasserförderungen sind in zu großer Entfernung zum Baugebiet



PV-Strom Erzeugung

Pot. Ertrag: 1.945 MWh

- Bedarf Quartier: 1.675 MWh

- (Wärmeversorgung: 337 MWh)

Restbetrag: 270 (-67) MWh

- Dachflächenermittlung anhand stdb. Entwurf
- Zentrale Annahme: Flachdächer auf jedem Gebäudetyp
- Potentielle Dachnutzung von 65 %
- Ost-West-Auslegung mit einem spez. Ertrag von 906 kWh/kWp für den Standort Bochum

Gebäudetyp	Pot. Dachfläche	Installierbare PV- Leistung	Pot. Ertrag	Anteil Ertrag
	[m ²]	[kWp]	[kWh/a]	[-]
EFH	68	11,0	9.961	10 %
DHH	50	8,3	7.501	13 %
RH	47	7,8	7.049	10 %
MFH	242	40,3	36.481	45 %
MFH-Misch	360	59,9	54.245	6 %
KiTa	382	63,7	57.734	3 %
Quartiersgarage	858	142,8	129.427	13 %
Summe	12.945	2.146	1.945.208	100 %



Versorgungsvarianten



Energiekonzept

Versorgungsvarianten

Festlegungen vom letzten
Termin am 11.05.2022

- Referenzvariante: dezentrale Luft-Wasser Wärmepumpen
- Variante 1: zentrale Holzfeuerung
- Variante 2: dezentrale Sole-Wasser Wärmepumpen mit dem Nutzungsverfahren Erdsonden

Die Systemgrenzen der Varianten und die damit angesetzten Kosten enden mit der Übergabe der Wärme an das jeweilige Gebäude. Diese Grenze dient der verbesserten Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Die Bewertung und Bilanzierung findet nach der Gutschriftmethode des GEG und nach den Emissionsfaktoren des GEG statt.



Energiekonzept

Referenzvariante

Luft-Wasser Wärmepumpen

Beschreibung

- Dezentrale Versorgungsvariante
- Jedes Wohneigentum bzw. MFH erhält eine WP zur eigenen Heiz- und Brauchwasserversorgung
- Aufstellung der Außeneinheit in Gebäudenähe; bei MFH ist eine Aufstellung im Innenbereich inkl. Zuluftleitung praktikabel

Auslegung

- WP Leistung je Gebäude : EFH 6 kW, DHH 5 kW, RH 5 kW
MFH 26 kW, MFH-Misch 34 kW,
KiTa 28 kW
- In Summe 108 dezentrale Wärmepumpen



Energiekonzept

Versorgungs- variante 1

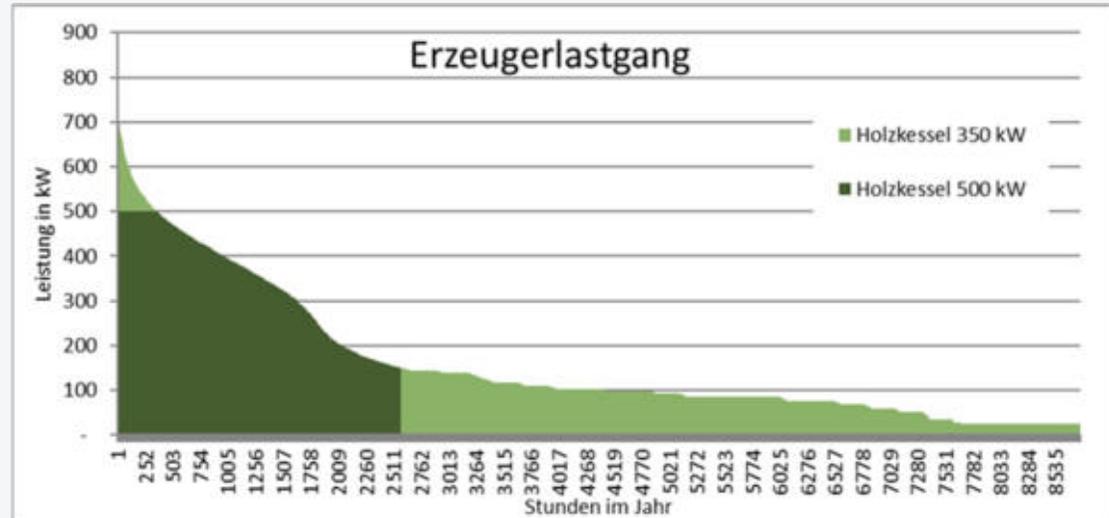
Holzpelletfeuerung

Beschreibung

- Zentrale Versorgung über Heizzentrale mit ca. 110 m² inkl. Pelletlager
- Pelletlager umfasst ca. 50 m³
- Wärmeverluste von ca. 16 % durch Wärmeverteilung im Quartier

Auslegung

- 1x 500 kW_{th} und 1x 350 kW_{th} Pelletkessel in Kaskade
- Pufferspeichergröße von ca. 2x 10 m³





Energiekonzept

Versorgungs- variante 1 Wärmenetz

Strahlennetz

Länge ca. 1.670 m

Heizzentrale ggf. in
Quartiersgarage im Westen
oder Osten





Energiekonzept

Versorgungs- variante 2

Dezentrale S/W-
Wärmepumpen
in Verbindung mit Erdsonden

Beschreibung

- Dezentrale Versorgungsvariante
- Jedes Wohneigentum bzw. MFH erhält eine WP zur eigenen Heiz- und Brauchwasserversorgung
- Installation der Erdsonde/n auf grundstückseigener Fläche
- Abstands- und Flächenproblematik v.a. bei MFH -> Sondenlänge erhöhen > 100 m

Auslegung

- WP Leistung je Gebäude : EFH 6 kW, DHH 5 kW, RH 5 kW
MFH 26 kW, MFH-Misch 34 kW,
KiTa 28 kW
- In Summe 108 dezentrale Wärmepumpen



Ergebnisse

Ökonomisch, ökologisch

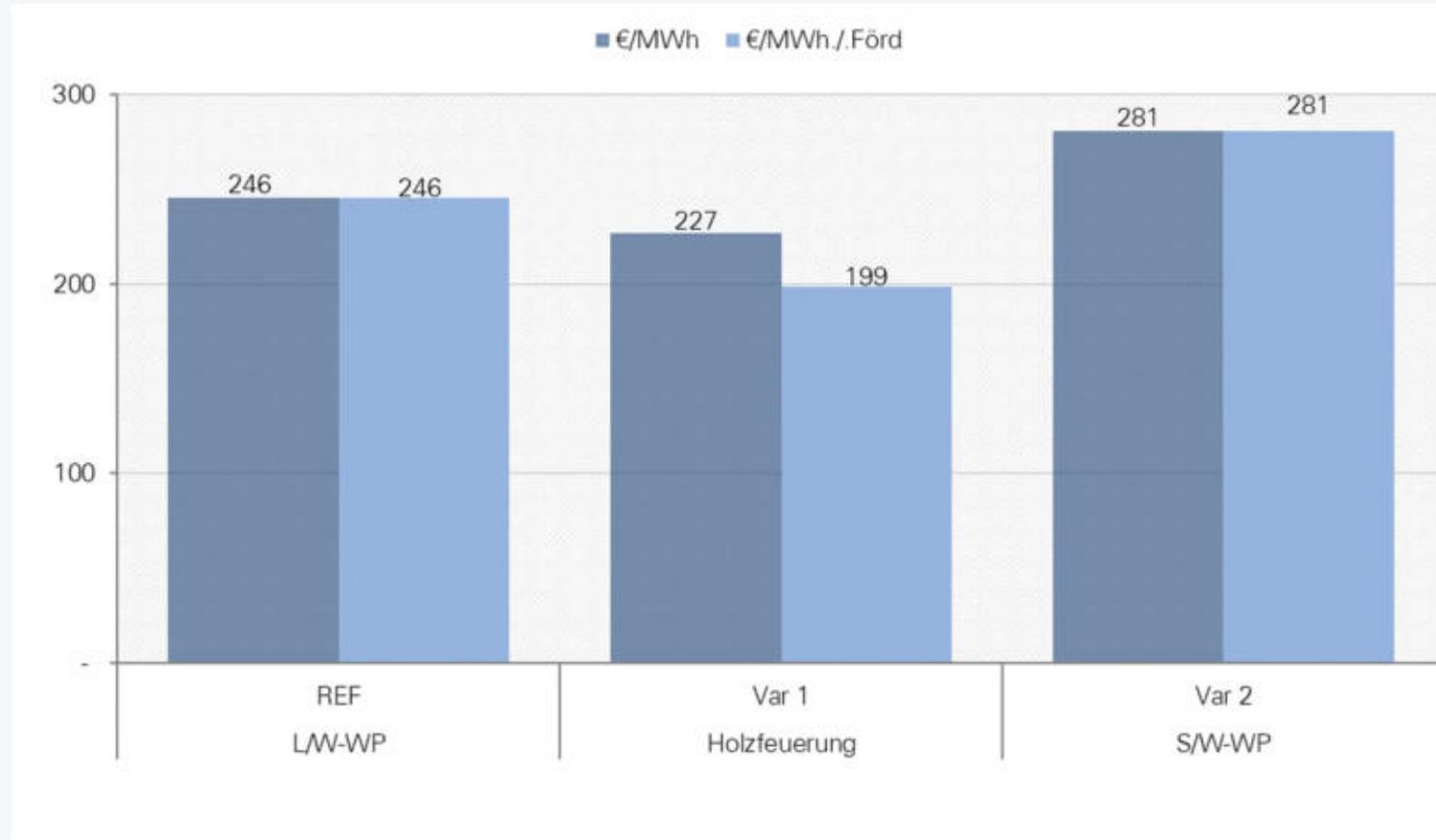
Empfehlung



Energiekonzept

Ergebnisse

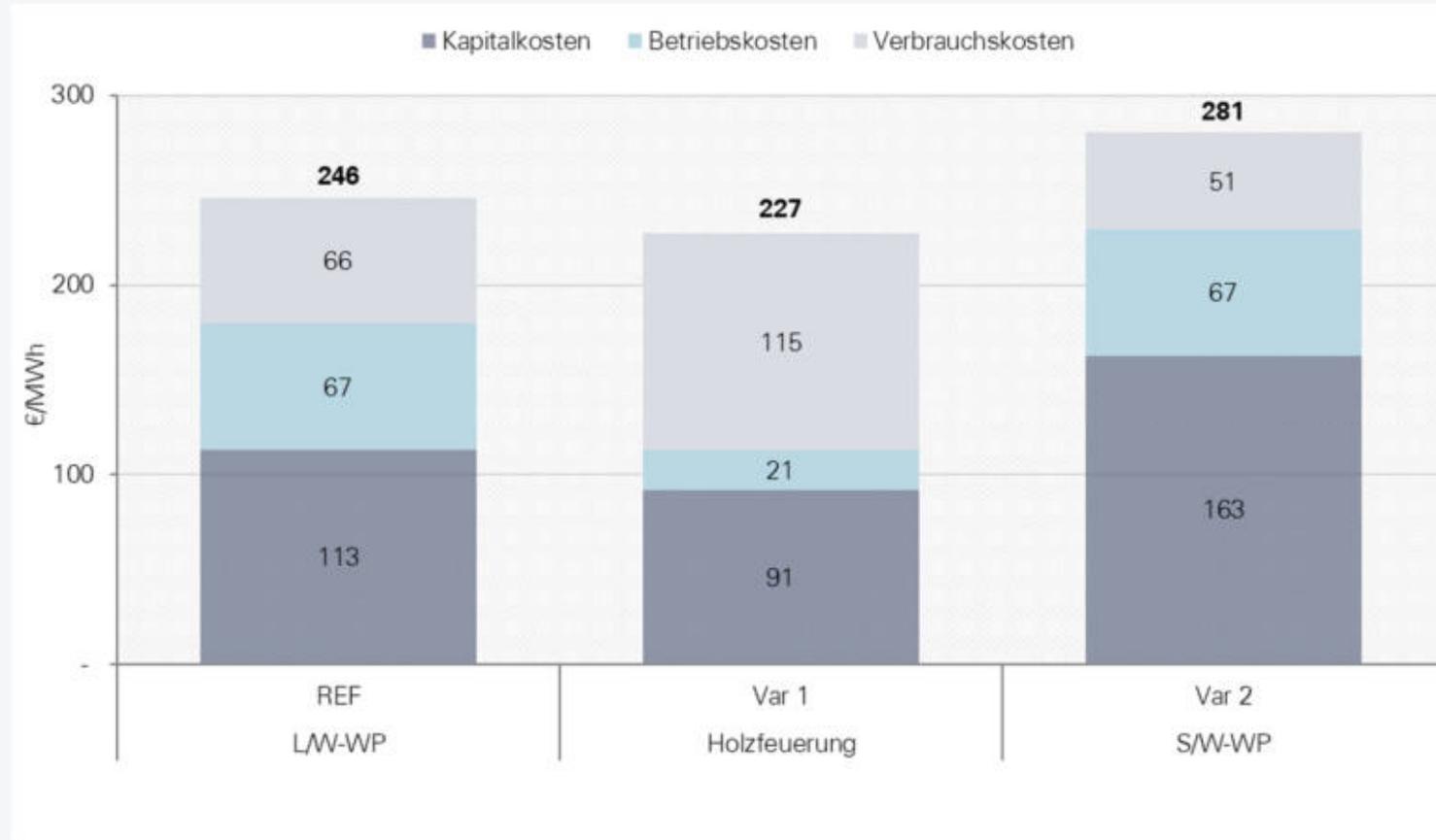
Wärmepreis ohne und mit
Förderung
Förderung nach BEW





Energiekonzept

Ergebnisse

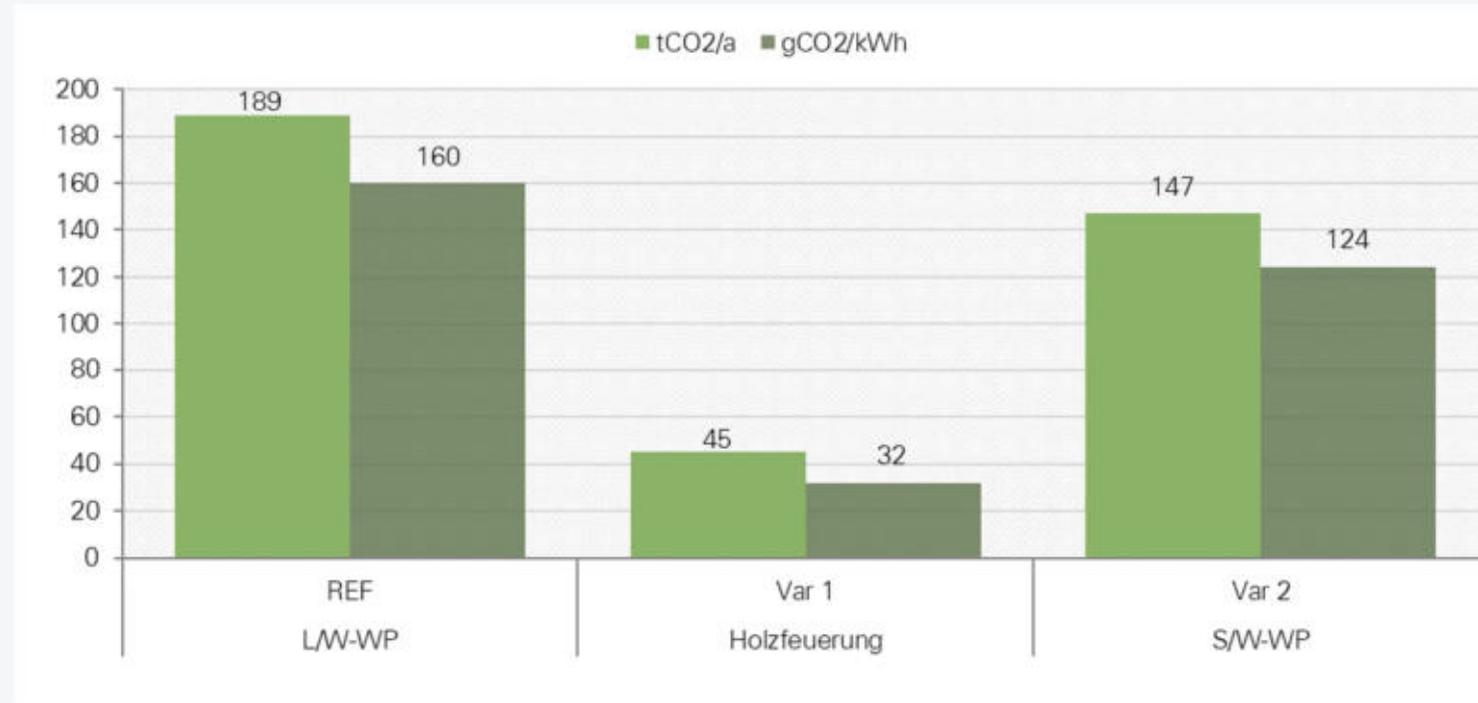


Zusammensetzung des Wärmepreises ohne Förderung



Ergebnisse

Ökobilanz nach GEG-Faktoren
Keine Berücksichtigung einer
PV-Strom-Anrechnung
Keine zeitliche Variable





Energiekonzept

Ergebnisse

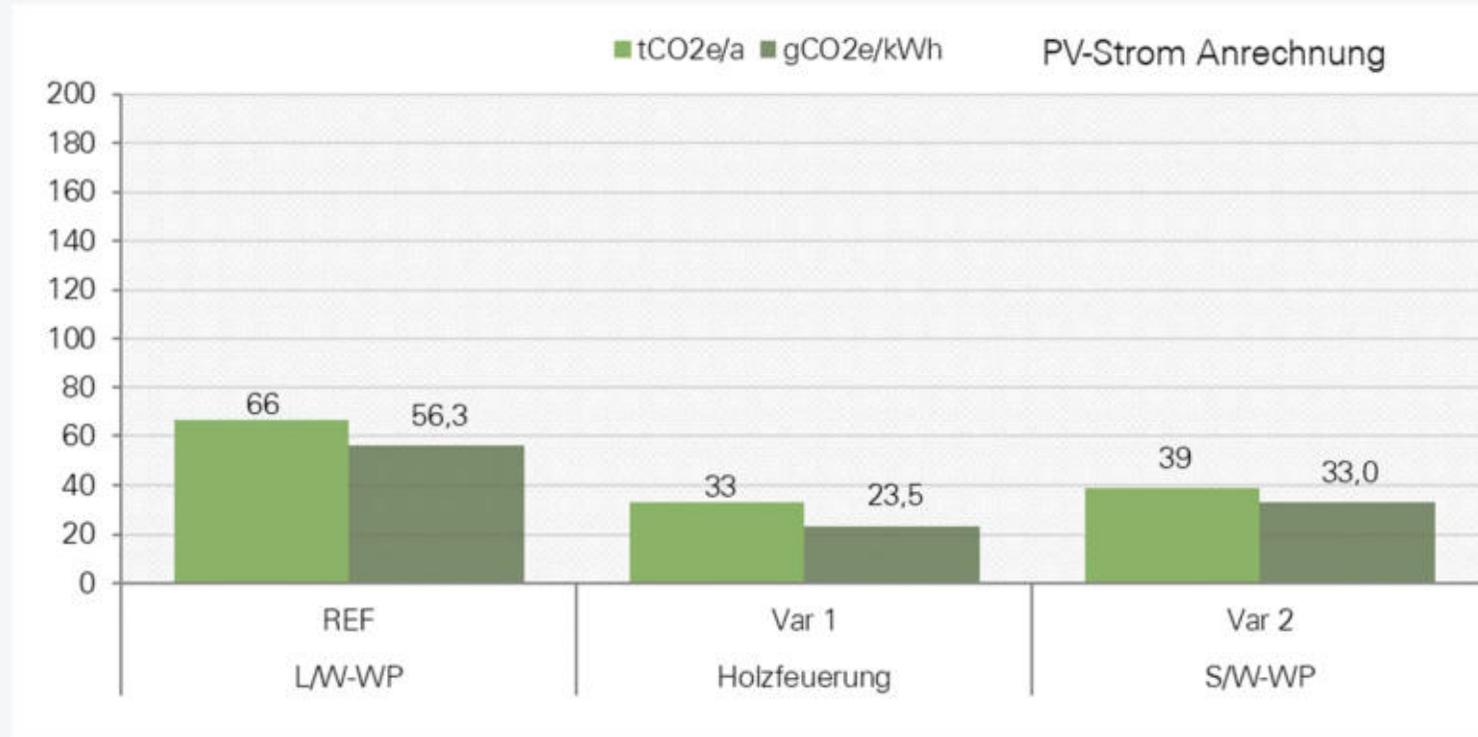
mit PV-Strom Anrechnung

Ökobilanz nach GEG-Faktoren

Anrechnung von PV-Strom nach

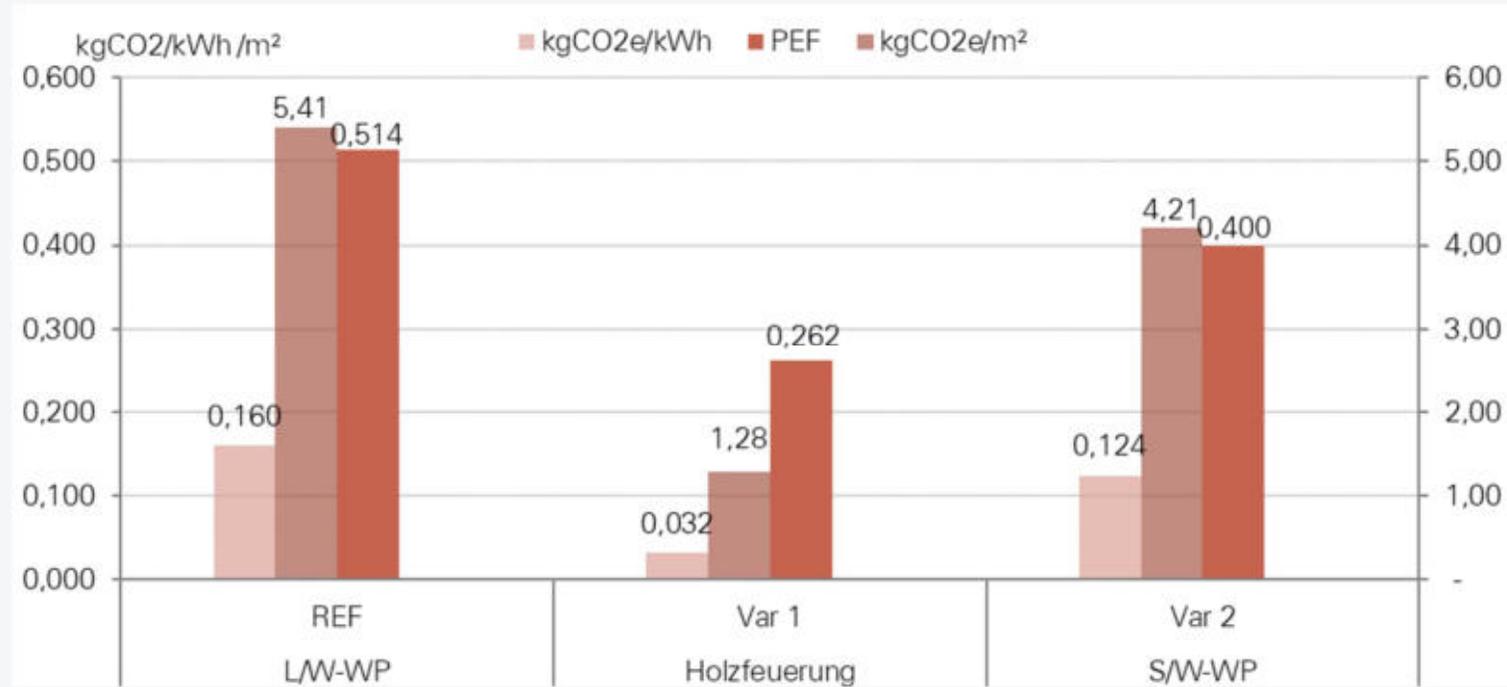
§ 23 Absatz 3 GEG

→ monatliche Bilanzierung
und Stromgutschrift





Ergebnisse



CO₂ je m² Wohnfläche
PEF nach GEG



Energiekonzept

Ergebnisse

mit PV-Strom Anrechnung

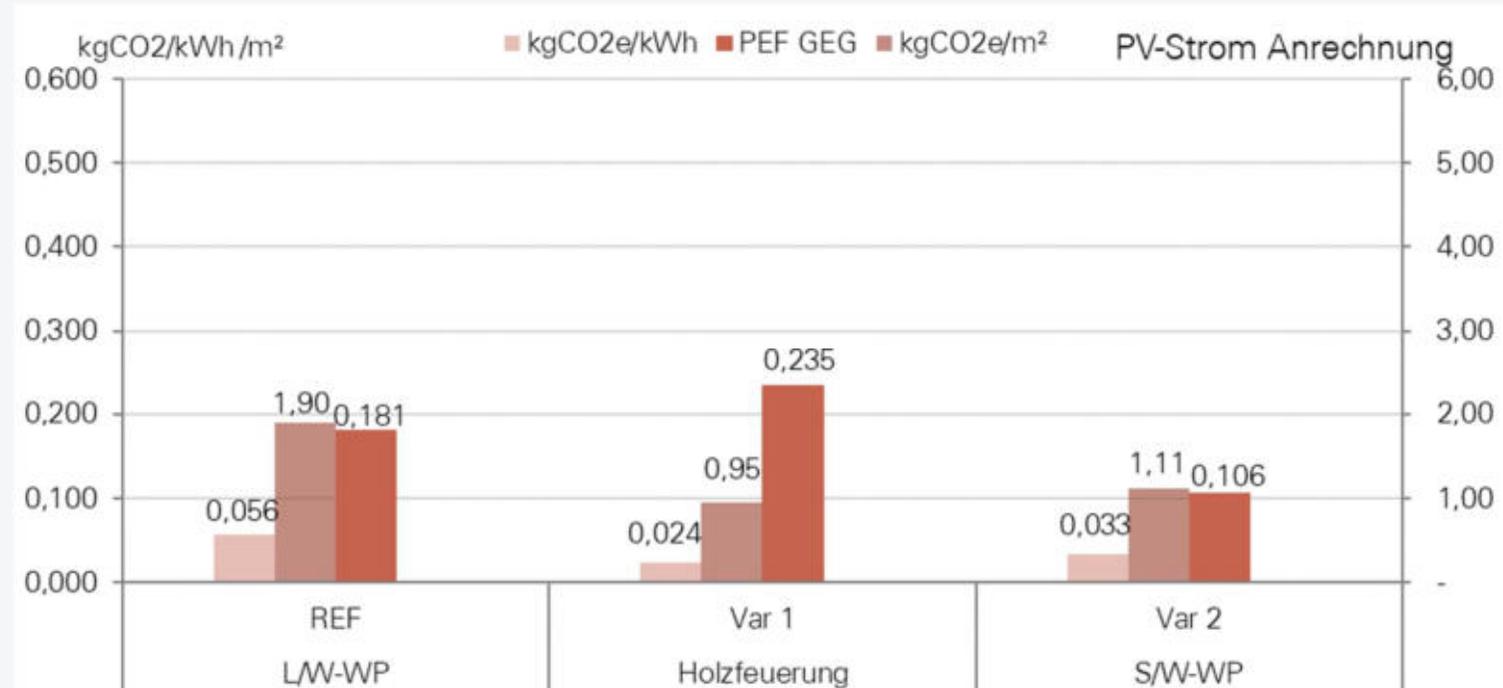
CO₂ je m² Wohnfläche

PEF nach GEG

Anrechnung von PV-Strom nach

§ 23 Absatz 3 GEG

→ monatsweise Bilanzierung
und Stromgutschrift





Energiekonzept

Zielsetzung

	Einheit	REF L/W-WP	Var. 1 Holzfeuerung	Var. 2 S/W-WP
Emissionen Wärme (nach PV-Abzug)	[tCO ₂ e/a]	66	33	39
Strombedarf (HH + E-Mob.)	[kWh/a]	1.675.145	1.675.145	1.675.145
Emissionen Strom (HH + E-Mob.)	[tCO ₂ e/a]	938	938	938
Ertrag PV (abzgl. Strom in Wärme)	[kWh/a]	1.727.011	1.924.204	1.752.704
Kompensation PV	[tCO ₂ e/a]	967	1.078	982
Emissionen Quartier	[tCO ₂ e/a]	37	- 107	- 5

- Wärmeezeugung nicht bilanziell treibhausgasneutral
Verringerung der Emissionen der Wärme durch PV-Strom Anrechnung nach GEG
- Strombedarf kann vollständig bilanziell gedeckt werden
- Überkompensation durch PV-Strom führt zu bilanzieller Treibhausgasneutralität
Var. 1 Holzfeuerung und Var. 2 dezentrale Sole/Wasser Wärmepumpe

Treibhausgasneutralität



Empfehlung

- Holzfeuerung besitzt finanzielle Vorteile ggü. Luft/Wasser und Sole/Wasser Wärmepumpe
- Holzfeuerung verzeichnet ökologische Vorteile ggü. Luft/Wasser und Sole/Wasser Wärmepumpe
[Bei PV-Strom Anrechnung liegt Sole/Wasser WP nahezu gleich auf mit Holzfeuerung](#)
Keine Rechtfertigung für Anschluss und Benutzung einer zentralen Versorgung
- Versorgung MFH über dezentrale Holzpelletfeuerung
Hohe Wärmedichte → verringerte Verluste
Heizzentrale im Kellergeschoss des jeweiligen MFH-Komplexes mit Unterversorgung
- Versorgung EFH, DHH und RH über dez. Wärmepumpen
Hohe Effizienz, Unabhängigkeit überregionaler Energiepreise
Entscheidungsfreiheit ggü. aerothermischer oder geothermischer Versorgung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Energiekonzept

Bebauungsplan Nr. 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“
Abschlusspräsentation

Objekt: Bochum Wattenscheid

Ort: Videokonferenz

KST: 2119600

Datum: 16.08.2022

Uhrzeit: 9:00 – 10:30 Uhr

Teilnehmer:	Name	Firma
	Frau Sindram	Stadt Bochum
	Frau Bolenz	Stadt Bochum
	Herr Eickenbusch	blueorange Development West GmbH
	Herr Schürmann	blueorange Development West GmbH
	Herr Kottsieper	Gertec GmbH
	Herr Ditfe	Gertec GmbH

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
1	Der Termin diente der abschließenden Vorstellung der Ergebnisse des Energiekonzeptes für das Baugebiet „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“. Darüber hinaus wurden Überarbeitungswünsche, die den Endbericht betreffen, erläutert. Der Gesprächsverlauf orientierte sich an der beigefügten Präsentation. Die für die Überarbeitung wichtigsten Ergebnisse des Termins werden im Folgenden zusammengefasst.	Info	
2	<p>Aktualisierung Endbericht:</p> <p>Die Stadt Bochum hat nach Durchsicht des Endberichts eine Fragenliste an Gertec übermittelt, die die Ausarbeitung des Konzeptes betreffen. In gemeinsamer Absprache konnte festgehalten werden, dass sprachliche und redaktionelle Anmerkungen, wie Quellenangaben (insofern vorhanden) oder Abkürzungen etc., überarbeitet und kürzere Inhalte für ein besseres Verständnis ergänzt werden. Des Weiteren konnten inhaltliche Fragen, wie die Herleitung der E-Mobilität, im Gespräch direkt beantwortet werden. In Ergänzung werden von Gertec folgende zusätzliche Erweiterungen im Endbericht aufgenommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bezug auf Solarthermie in der Empfehlung • Abbildung der ökologischen Auswirkungen nach den maximal überbaubaren Flächen; erfolgt im Kapitel Empfehlung → Hochrechnung der zu erwartenden absoluten Emissionen (in tCO₂e/a) der drei Varianten über den bereits berechneten Kennwert kgCO₂e/m² • Anhänge: Protokolle und Präsentationen; Berechnungsgrundlagen der Bedarfs- und Potenzialermittlung im PDF-Format <p>Blueorange prüft den im Energiekonzept abgebildeten BPlan auf Aktualität und übersendet ggf. eine aktuellere Ausgabe an Gertec.</p>	Gertec Gertec	erledigt

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
3	Nächste Schritte: Einarbeitung der unter Punkt 2 genannten Punkte. Übersendung des finalen Endberichts an die Projektbeteiligten.	Gertec	

Gertec GmbH
Ingenieurgesellschaft
Martin-Kremmer-Str. 12
45327 Essen
Telefon 0201 / 2 45 64 -0
Telefax 0201 / 2 45 64 -20
info@gertec.de | www.gertec.de

Datum: 16.08.2022
Verfasser: Hr. Kottsieper/
Hr. Ditfe
Telefon: -53 /-83

Verteiler: Wie Teilnehmer

Bewertung gem. Schulnoten

Auswahl Versorgungsvarianten	Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Bedienung/Akzeptanz	Zukunftsfähigkeit	Gesamt	Kommentare zur Bewertung
Gewichtung	40%	20%	10%	30%	100%	
dezentrale Systeme						
Gaskessel Erdgas	6	4	4	5	5,1	
Luft-Wp Umwelt/Strom	2	2	2	1	1,7	COP gut
geoth. WP Umwelt/Strom	1	4	3	1	1,8	COP besser, hoher Aufwand bei Bohrungen, Einschränkungen im Garten
Holzfeuerung Pellet	2	4	4	2	2,6	Feinstaub; Beschaffung von Holzpellets,
Solarthermie i.V.m.	1	4	2	1	1,7	Flächenkonkurrenz zu PV prüfen,
zentrale Systeme						
BHKW+Kessel Erdgas	5	2	4	5	4,3	
BHKW+Kessel Biomethan	4	2	3	3	3,2	Verfügbarkeit von Biomethan oder H2
Holzfeuerung HHS	2	3	4	2	2,4	Feinstaub; Beschaffung von HHS
geoth. WP low-ex	2	4	5	2	2,7	keine ausreichenden Flächepotenziale vorhanden
geoth. WP kalte NW	1	4	5	1	2,0	keine ausreichenden Flächepotenziale vorhanden
geoth. WP&L/Wp low-ex	2	4	5	1	2,4	Kombination aus geoth. und L/W WP prüfen , um Flächenbedarf zu reduzieren
Aspekte der Bewertung						
	THG-Emissionen	Investitionskosten	Aufwand zur Bedienung	Technologieoffenheit		
	Effizienz	Brennstoffkosten	Platzbedarf	Mögl. Zur Anpassung		
	Transport	Preisstabilität	Transport/Belieferung	Preisstabilität		
	sonst. Emissionen	Abhängigkeiten	Akzeptanz bei Bewohnern	Autarkiegrad		
	Erschließen	...		

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
	<ul style="list-style-type: none"> Für Informationen zur Grundwassernutzung wurde der Kontakt von Herrn Althaus (Stadtwerke Bochum) an Gertec übermittelt. 		
3	<p>Versorgungsvarianten:</p> <p>Im gemeinsamen Austausch der Projektbeteiligten wurden folgende zentrale und dezentrale Versorgungsvarianten auserwählt.</p> <ul style="list-style-type: none"> Dezentrale Versorgung: L/W-Wärmepumpen, ggf. in Verbindung mit Solarthermie, in Einzelfällen (MFH) ist der Einsatz von Sole/Wasser WP mit Erd-Sonden zu prüfen bzw. zu bewerten. Zentrale Versorgungsungen: HT-Netz : Holzfeuerung oder Biomethan BHKW mit Spitzenlastkessel, <u>sofern möglich</u>: NT-Netz; Kombination aus zentraler Erschließung der Geothermie und Deckung von Restbedarfen über Luft/Wasser-WP <p>Von Gertec wird außerdem der Flächeneinfluss der Solarthermie auf den Energieertrag der Photovoltaik überprüft, um eine Flächenkonkurrenz auszuschließen</p>	Info	
4	<p>Nächste Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nach dem Abstimmungstermin zwischen der Stadt Bochum und blueorange, wird darauffolgend ein nächster Besprechungstermin angesetzt. Anhang: Wertungsmatrix 		

<p>Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft Martin-Kremmer-Str. 12 45327 Essen Telefon 0201 / 2 45 64 -0 Telefax 0201 / 2 45 64 -20 info@gertec.de www.gertec.de</p>	<p>Datum: 21.03.2022</p> <p>Verfasser: Hr. Kottsieper/ Hr. Ditfe</p> <p>Telefon: -53</p>
--	--

Verteiler: Wie Teilnehmer





Gertec GmbH

Energiekonzept – Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Jochen Tack/Stiftung Zollverein



Energiekonzept für Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern



Energiebedarf





Energiekonzept

Flächenansätze

Städtebaulicher Entwurf
B-Plan
Korrektur Ansatz Gertec

- NGF gesamt
stdb. Entwurf: 42.323 m²
B-Plan : 52.347 m²
Ansatz Gertec: 40.407 m²
- Gebäudegrößen (Wohnfläche)
Stdb. Entwurf:
EFH: ~ 200 m²
DHH: ~ 150 m²
MFH: ~ Individuell
B-Plan:
EFH: ~ 300 m²
DHH: ~ 210 m²
MFH: ~ Individuell
Ansatz Gertec:
EFH: ~ 160 m²
DHH: ~ 135 m²
MFH: Stdb. Entwurf





Energiekonzept

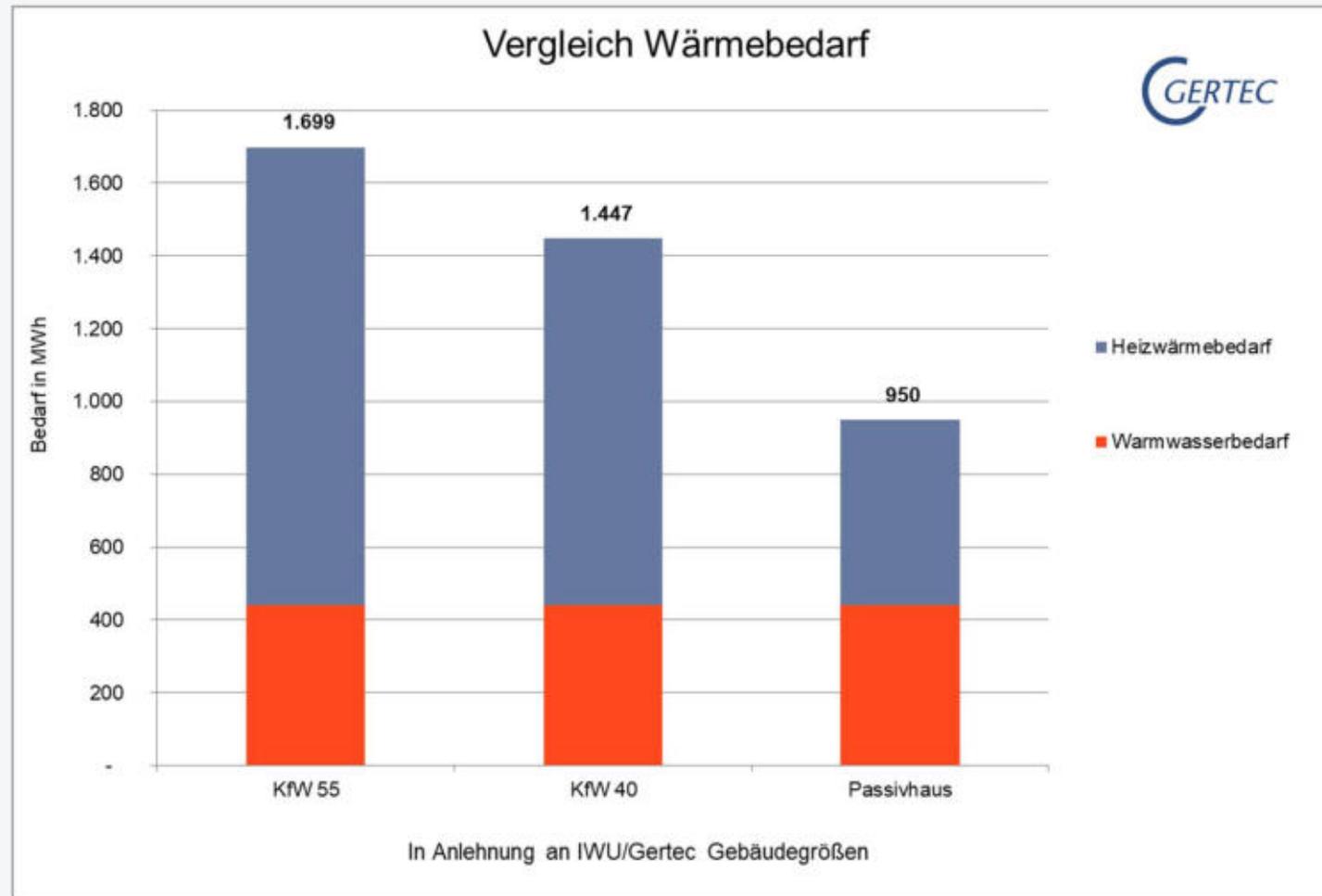
Ermittlung des Wärmebedarfs

Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von NGF und Baustandard

TWW-Bedarf: ~ 440 MWh

Heizleistung (KfW40): ~1.000 kW + TWW

Angaben Klimaregion Potsdam





Energiekonzept

Vorgehensweise Wärmebedarfs- ermittlung

Baustandard	KfW 55	KfW 40	Passiv haus
in kWh/m ² (Klimazone Potsdam)			
EFH	38,4	29,6	15
DH/RH	36,5	29	14,7
MFH	35,7	28,8	14,6

NWG & MFH

- Flächenmaße + Geschosse des stdb. Entwurf
- Bestimmung Wohnfläche: $BGF * 0,75$

EFH, DH & RH

- Typische Gebäudegrößen (IWU/Gertec)
- → Wohnfläche

Verrechnung der Wohnfläche mit spez. Bedarfskennwerten

- Kennwerte aus Solarcomputer (Klimazone Potsdam)
 - Modellierung der Gebäudetypen
 - Multiplikation spez. Kennwert mit Wohnfläche
- Heizwärmebedarf Klimazone Potsdam

Anpassung auf Standort Baugebiet

- Überprüfung Gradtagszahlen Potsdam <-> Bochum
- Testreferenzjahr 2045 des DWD
→ 3099 Kd Potsdam <-> 2172 Kd Bochum
→ Anpassung des Heizwärmebedarfs → 733 MWh_(KfW40); 371 MWh_(Passiv)



Energiekonzept

Strombedarf

Stromspiegel

Durchschnittliche Fahrleistung

11 kW Ladeleistung

- Hochrechnung Haushaltsstrom Wohneinheiten

Personenanzahl

→ ca. 730 MWh/a

- Bedarf E-Mobilität

Je EFH und DHH ein Ladepunkt

Je WE ein Fahrzeug

Fahrstrecke je Fahrzeug : 42 km/d*a

Verbrauchsannahme: ~19 kWh/100km

Energiebedarf in Summe: ~920 MWh

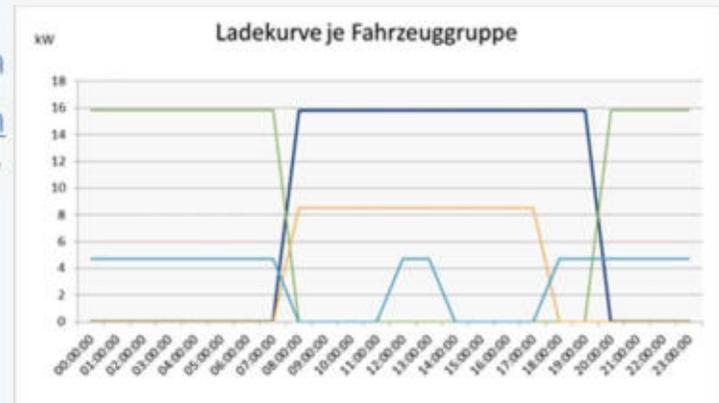
Bei 25% Ladung auswärts: ~690 MWh

Leistung bei GZF 1: ~3.900 kW

Leistung bei GZF 0,26: ~820 kW

- Last- und Lademanagement

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			gering	A	B	C	D	E	sehr hoch
Haus	ohne Strom	↓	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.100	über 4.100
		↓↓	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		↓↓↓	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.700	bis 4.200	bis 5.000	über 5.000
		↓↓↓↓+	bis 2.700	bis 3.300	bis 3.700	bis 4.000	bis 4.700	bis 5.800	über 5.800
Wohnung	ohne Strom	↓	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.600	bis 2.000	über 2.000
		↓↓	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	über 3.000
		↓↓↓	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.700	über 3.700
		↓↓↓↓+	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.500	bis 4.100	über 4.100
		↓↓↓↓+	bis 1.700	bis 2.300	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.500	über 5.500





Energiekonzept

Bedarfsermittlung Strom

Bedarfsgrundlage C (mittel)
In Abhängigkeit von WE und
Personen je WE

EFH: 1 WE & 4 Pers.

DH/RH: min. 2 WE & 3 Pers./WE

MFH: WE= NGF/91, 2 m² (Wohnungsgröße)

Anzahl Pers.= NGF/ 47m²/Pers.

→ 2 Pers. WE

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			gering			sehr hoch			
			A	B	C	D	E	F	G
Haus	ohne Strom	1 Person	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.100	über 4.100
		2 Personen	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		3 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.700	bis 4.200	bis 5.000	über 5.000
		4 Personen	bis 2.700	bis 3.300	bis 3.700	bis 4.000	bis 4.700	bis 5.800	über 5.800
	mit Strom	4 Personen +	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.500	über 7.500
		1 Person	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.300	bis 2.900	bis 3.500	bis 5.000	über 5.000
		2 Personen	bis 2.400	bis 3.000	bis 3.400	bis 3.800	bis 4.500	bis 6.000	über 6.000
		3 Personen	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.600	bis 7.000	über 7.000
Wohnung	ohne Strom	4 Personen	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.500	bis 6.400	bis 8.000	über 8.000
		4 Personen +	bis 4.000	bis 5.000	bis 6.000	bis 6.800	bis 8.000	bis 10.000	über 10.000
		1 Person	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.600	bis 2.000	über 2.000
		2 Personen	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	über 3.000
	mit Strom	3 Personen	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.700	über 3.700
		4 Personen	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.500	bis 4.100	über 4.100
		4 Personen +	bis 1.700	bis 2.300	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.500	über 5.500
		1 Person	bis 1.000	bis 1.400	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.200	bis 2.800	über 2.800
mit Strom	2 Personen	bis 1.800	bis 2.300	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	über 4.000	
	3 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.500	über 5.500	
	4 Personen	bis 2.500	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000	
	4 Personen +	bis 2.400	bis 3.500	bis 4.300	bis 5.200	bis 6.200	bis 8.000	über 8.000	



Wir bedanken uns für Ihre
Aufmerksamkeit.

Energiekonzept

Bebauungsplan Nr. 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“

Objekt: Bochum Wattenscheid

Ort: Videokonferenz

KST: 2119600

Datum: 24.03.2022

Uhrzeit: 11:00 – 12:10 Uhr

Teilnehmer:	Frau Sindram	Stadt Bochum
	Frau Bolenz	Stadt Bochum
	Herr Eickenbusch	blueorange Development West GmbH
	Herr Schürmann	blueorange Development West GmbH
	Herr Kottsieper	Gertec GmbH
	Herr Ditfe	Gertec GmbH

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
1	Der Termin diente der Erörterung der Grundlagen auf denen die Energiebedarfsermittlungen seitens Gertec aufbauen. Der Gesprächsverlauf orientierte sich an der beigefügten Präsentation. Die für die Bearbeitung wichtigsten Ergebnisse des Termins werden im Folgenden zusammengefasst.	Info	
2	Grundlagen für weitere Bearbeitungen: <ul style="list-style-type: none">• Der für die Bebauung festgesetzte Effizienzstandard folgt dem KfW 40 Baustandard und bildet die Grundlage für die Wärmebedarfsermittlung seitens Gertec.• Weiterhin beruht die Energiebedarfsermittlung auf dem Flächenansatz des übermittelten städtebaulichen Entwurfs. Ob eine Anpassung des prognostizierten Bedarfs über eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Flächengrundlage vollzogen wird, ist mit den Projektbeteiligten im Laufe der Projektierung noch abzustimmen.• Die Zugrundelegung der Flächen aus dem B-Plan-Entwurf erscheinen für die Energiebedarfsberechnung nicht zielführend. Die Werte bilden den prinzipiell möglichen Flächenverbrauch ab, überschreiten jedoch den zu erwartenden Flächenbedarf (übliche Bautätigkeit, Gebäudegrößen) teilweise um das Doppelte. Um eine realitätsnahe Auslegung und Bewertung potentieller Versorgungssysteme zu ermöglichen, wird der Flächenansatz in Anlehnung an den stb. Entwurf zu Grunde gelegt.		

Nr.	Besprechungspunkt	Zuständigkeit	Termin
	<ul style="list-style-type: none"> Teil der Ergebnisdarstellung wird die Ausweisung der CO₂-Emissionen in kg/m²*a sein. Dieser Wert kann bei Bedarf am Ende der Bearbeitung als Grundlage einer Hochrechnung genutzt werden, um die potentiellen Umweltauswirkungen im Falle einer größtmöglichen (theoretischen) Bebauung im Gebiet abzubilden. 		
3	<p>Nächste Schritte:</p> <p>Bearbeitung der Phase 2 gem. Auftrag auf Grundlage der getroffenen Festlegungen zu den priorisierten Varianten (vgl. Termin am 17.03.) und dem Flächenbezug (s.o.)</p>	Gertec	

<p>Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft Martin-Kremmer-Str. 12 45327 Essen Telefon 0201 / 2 45 64 -0 Telefax 0201 / 2 45 64 -20 info@gertec.de www.gertec.de</p>	<p>Datum: 24.03.2022</p> <p>Verfasser: Hr. Kottsieper/ Hr. Ditte</p> <p>Telefon: -53</p>
--	--

Verteiler: Wie Teilnehmer





Gertec GmbH

Energiekonzept – Bebauungsplan 1009 „Wilhelm-Leithe-Weg Süd“
Ergebnisse des Variantenvergleichs

Jochen Tack/Stiftung Zollverein



Energiekonzept

Projektphasen

Auftragsumfang

- Phase 1: Bedarfsanalyse und Versorgungsoptionen

Abstimmung der Rahmenbedingungen

Ermittlung der Energiebedarf (Heizenergie, Strom, Ladestrom, ...)

Analyse der Energiequellen, lokale und erneuerbare Energiequellen

Mögliche Energieversorgungsoptionen

- Phase 2: Wirtschaftlichkeit und Bewertung

Auslegung Versorgungsvarianten

PV-Auslegung

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Emissions- und Primärenergiebilanz

Bewertung und Berichterstellung

Einbindung von Entscheidungsträgern



Energiekonzept

- 108 Gebäude
20 EFH; 34 DHH; 27 RHH
24 MFH, 2 MFH-Misch, 1 KiTa
In Summe 34.850 m² Wohnfläche
- Wohneinheiten (WE)
In Summe ~320 WE im Quartier
- Personen im Quartier: ~750
- Wärmebedarf: 1.180 MWh
Heizwärme (KfW40): ~730 MWh
TWW: ~450 MWh
- Th. Leistung: 850 – 1070 kW
- Elektrischer Bedarf: 1.670 MWh
Haushaltsstrom: 740 MWh
E-Mobilität: 930 MWh
Leistung E-Mobilität: ~720 kW

Versorgungsaufgabe





Energiekonzept

Versorgungsvarianten

Festlegungen vom letzten
Termin am 11.05.2022

- Referenzvariante: dezentrale Luft-Wasser Wärmepumpen
- Variante 1: zentrale Holzfeuerung
- Variante 2: dezentrale Sole-Wasser Wärmepumpen mit dem Nutzungsverfahren Erdsonden

Die Systemgrenzen der Varianten und die damit angesetzten Kosten enden mit der Übergabe der Wärme an das jeweilige Gebäude.

Diese Grenze dient der verbesserten Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Die Bewertung und Bilanzierung findet nach der Gutschriftmethode des GEG und nach den Emissionsfaktoren des GEG statt.



Energiekonzept

Referenzvariante

Luft-Wasser Wärmepumpen

Beschreibung

- Dezentrale Versorgungsvariante
- Jedes Wohneigentum bzw. MFH erhält eine WP zur eigenen Heiz- und Brauchwasserversorgung
- Aufstellung der Außeneinheit in Gebäudenähe; bei MFH ist eine Aufstellung im Innenbereich inkl. Zuluftleitung praktikabel

Auslegung

- WP Leistung je Gebäude : EFH 6 kW, DHH 5 kW, RH 5 kW
MFH 26 kW, MFH-Misch 34 kW,
KiTa 28 kW
- In Summe 108 dezentrale Wärmepumpen



Versorgungs- variante 1

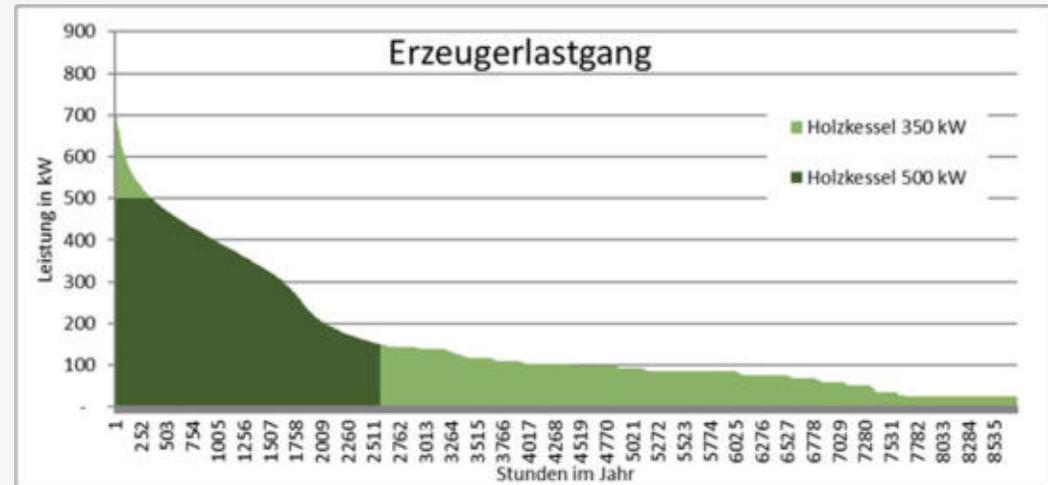
Holzpelletfeuerung

Beschreibung

- Zentrale Versorgung über Heizzentrale mit ca. 110 m² inkl. Pelletlager
- Pelletlager umfasst ca. 50 m³
- Wärmeverluste von ca. 16 % durch Wärmeverteilung im Quartier

Auslegung

- 1x 500 kW_{th} und 1x 350 kW_{th} Pelletkessel in Kaskade
- Pufferspeichergröße von ca. 2x 10 m³





Energiekonzept

Versorgungs- variante 1 Wärmenetz

Strahlennetz

Länge ca. 1.670 m

Heizzentrale ggf. in
Quartiersgarage im Westen
oder Osten





Energiekonzept

Versorgungs- variante 2

Dezentrale S/W-
Wärmepumpen
in Verbindung mit Erdsonden

Beschreibung

- Dezentrale Versorgungsvariante
- Jedes Wohneigentum bzw. MFH erhält eine WP zur eigenen Heiz- und Brauchwasserversorgung
- Installation der Erdsonde/n auf grundstückseigener Fläche
- Abstands- und Flächenproblematik v.a. bei MFH -> Sondenlänge erhöhen > 100 m

Auslegung

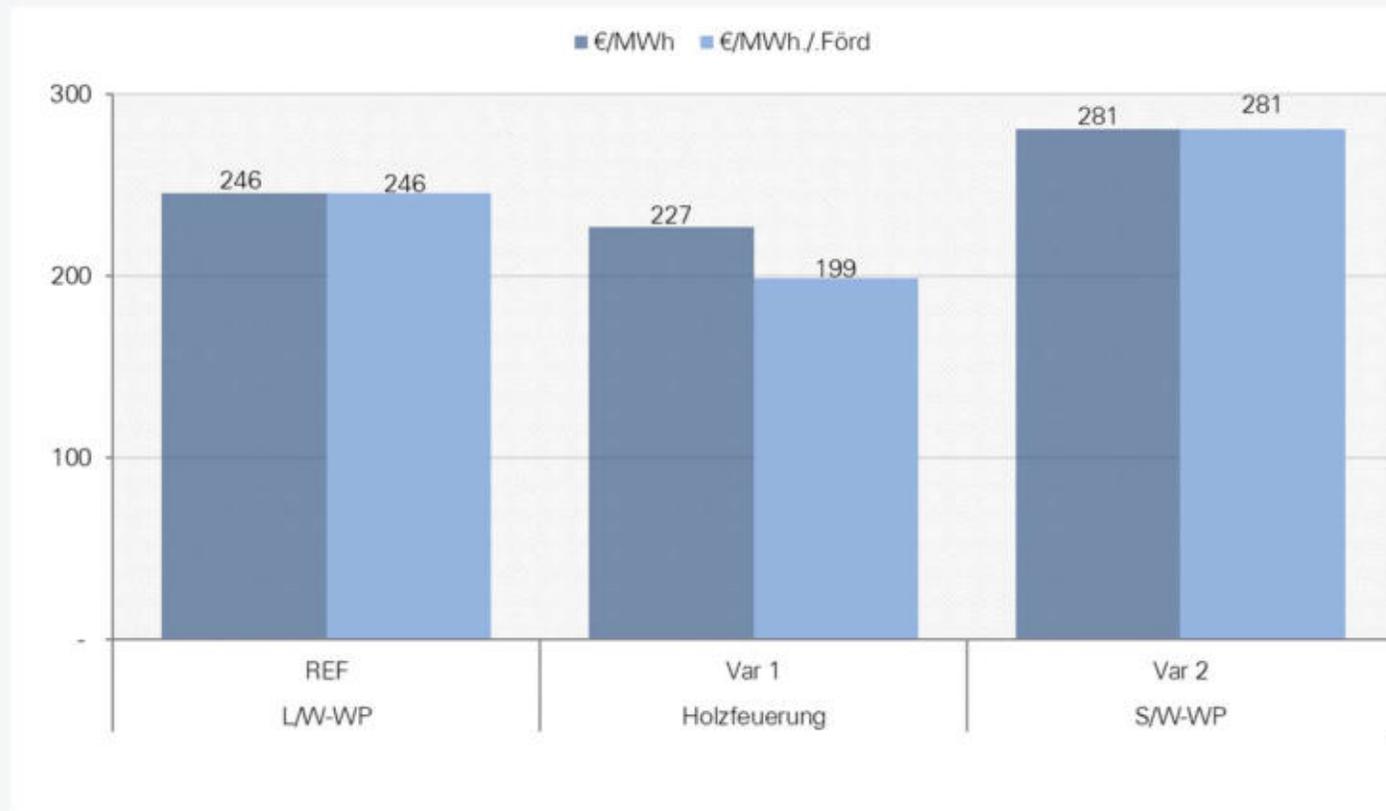
- WP Leistung je Gebäude : EFH 6 kW, DHH 5 kW, RH 5 kW
MFH 26 kW, MFH-Misch 34 kW,
KiTa 28 kW
- In Summe 108 dezentrale Wärmepumpen



Energiekonzept

Ergebnisse

Wärmepreis ohne und mit
Förderung
Förderung nach zukünftigen
BEW

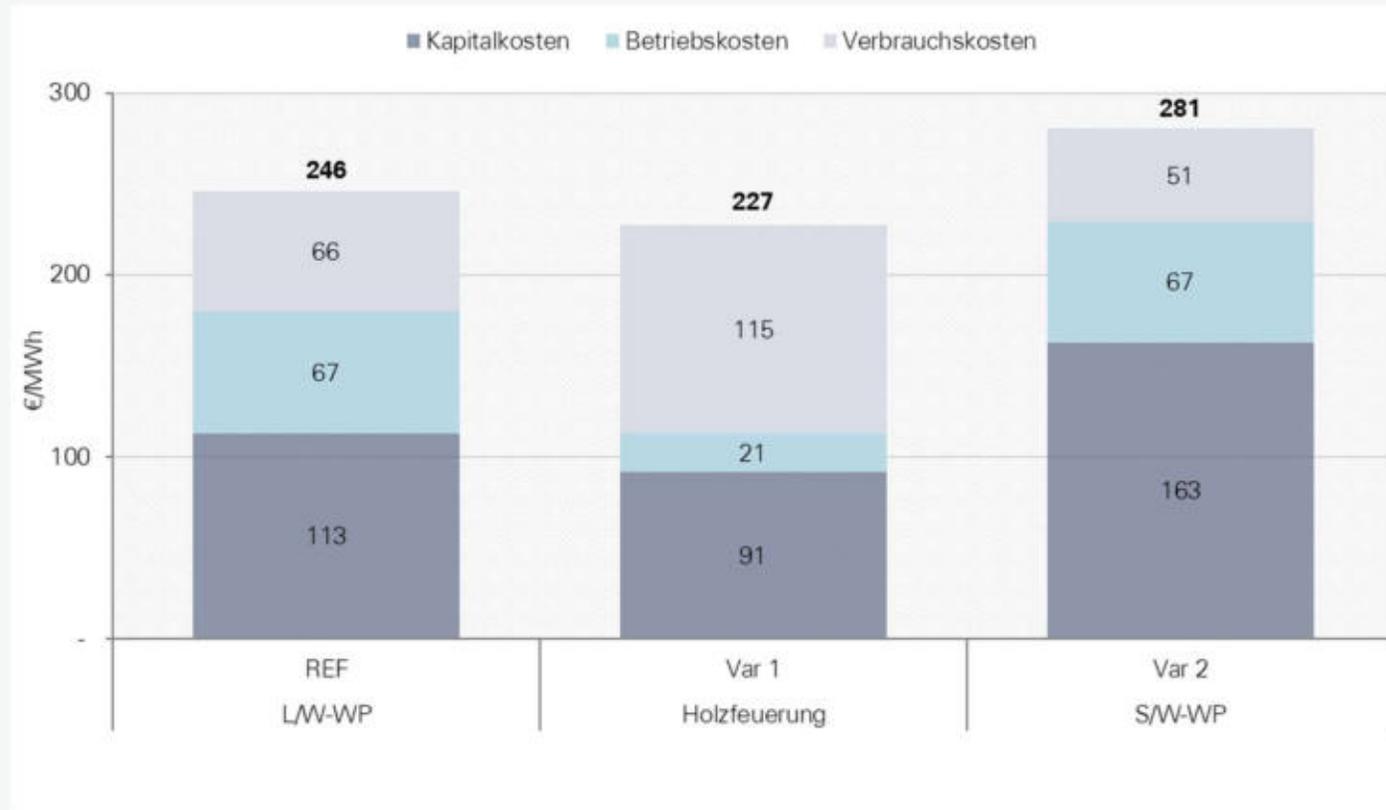




Energiekonzept

Ergebnisse

Zusammensetzung des Wärmepreises ohne Förderung

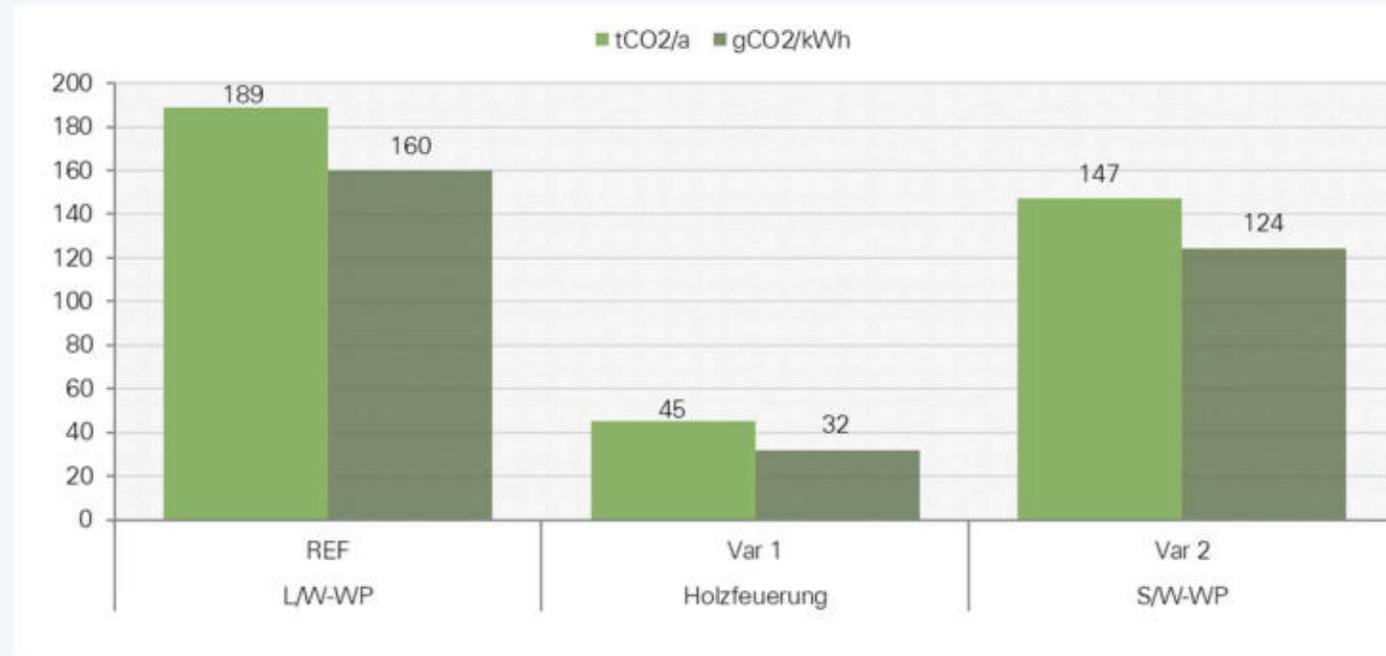




Energiekonzept

Ergebnisse

Ökobilanz nach GEG-Faktoren
Keine Berücksichtigung einer
PV-Strom-Anrechnung
Keine zeitliche Variable





Hinweis Bilanzierung

Bezug auf PV-Strom Anrechnung

Bei der PV-Strom Anrechnung wird der im Quartier erzeugte PV-Strom auf die Emissionen der Wärmeerzeugung gutgeschrieben bzw. in Abzug gebracht. Die Berechnungsweise folgt der Regelung nach §23 Absatz 3 des GEG, bei der der monatliche und nach der DIN 18599-9 berechnete Stromertrag der Photovoltaik dem tatsächlichen monatlichen Strombedarf, der bei der Wärmeerzeugung benötigt wird, gegenübergestellt wird. Diese Berechnungsart dient in der Regel einer ökologischen Verbesserung der dezentralen Wärmeversorgung eines nach KfW-40 zu fördernden Gebäudes, um z.B. den KfW 40 EE (Erneuerbare Energien) Standard zu erreichen und demnach Fördermittel beantragen zu können. Da jedoch die Versorgungsvariante 1 keinen wärmeseitigen Stromverbrauch im Gebäude vorsieht (weil lediglich Strom außerhalb des Gebäudes für die Umwälzung des Nahwärmenetzes benötigt wird), wird diese ggü. den dezentralen Varianten benachteiligt. Um nun eine *Vergleichbarkeit* zwischen den *Varianten* herzustellen, wird der wärmebedingte Stromverbrauch nicht auf die Bezugsgröße „Gebäude“, sondern auf die Bezugsgröße „Quartier“ erweitert. Demnach wird der gesamte für die Wärmebereitung anfallende Strom (für Wärmepumpe, Hilfsstrom etc.) der Varianten in die Berechnung einfließen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass der in Variante 1 in Abzug gebrachte PV-Strom nach dieser Berechnungsweise zu keinem Erreichen des KfW 40 EE Standards führt.



Energiekonzept

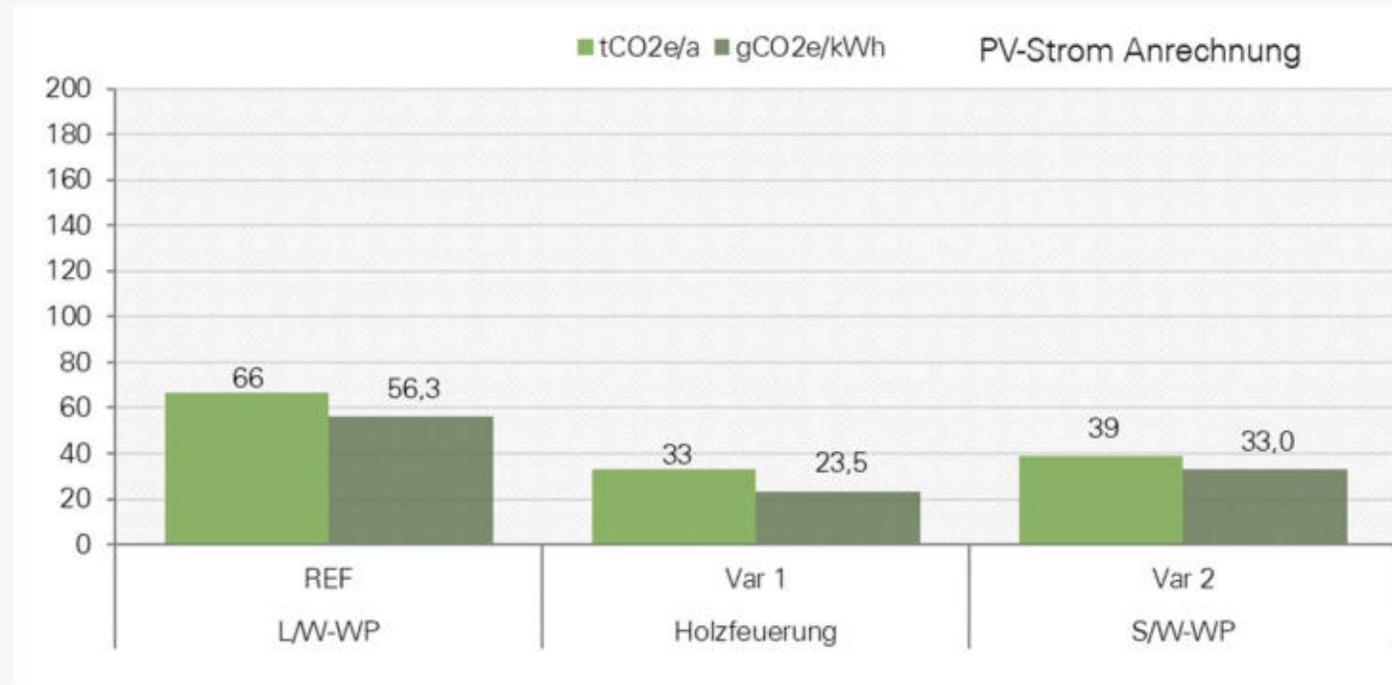
Ergebnisse

mit PV-Strom Anrechnung

Ökobilanz nach GEG-Faktoren

Anrechnung von PV-Strom nach
§ 23 Absatz 3 GEG

→ monatsweise Bilanzierung
und Stromgutschrift





Energiekonzept

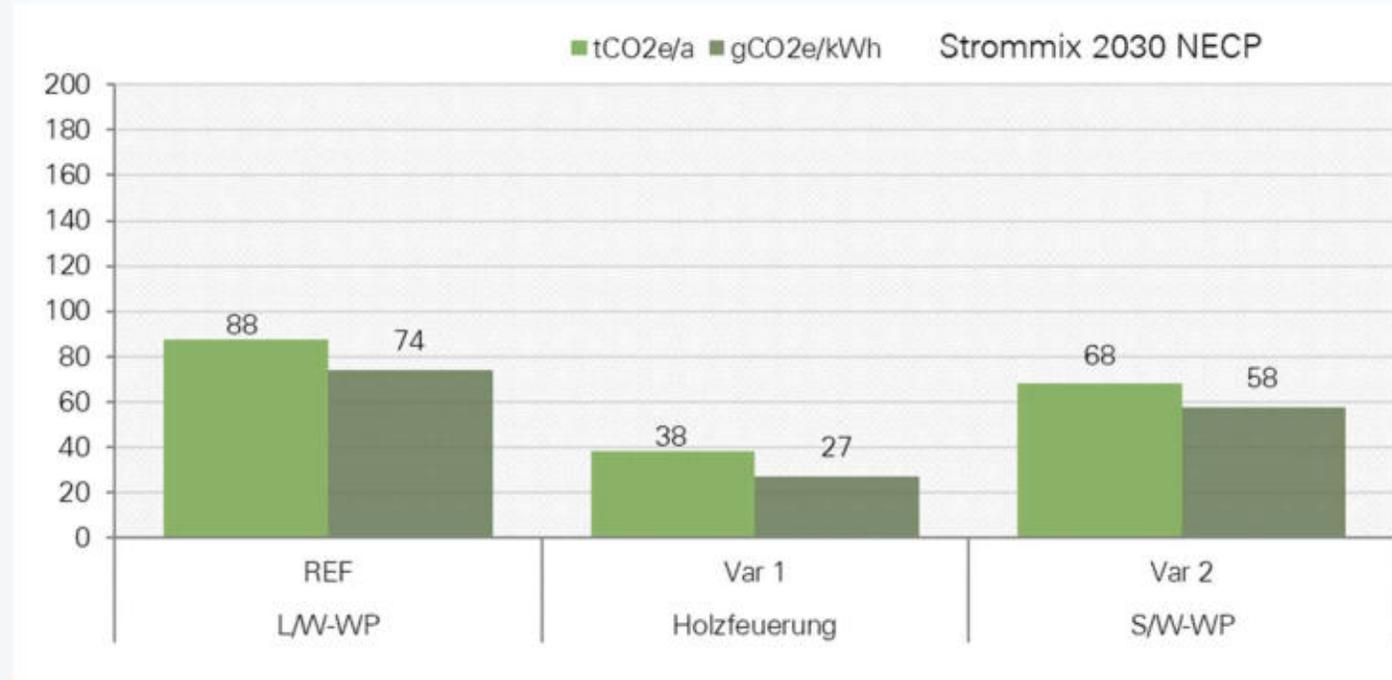
Ergebnisse

mit Strommix 2030

Ökobilanz nach GEG-Faktoren
mit Ausnahme des Stroms

Faktor Strom nach NECP¹ der
Bundesregierung

260g/kWh



¹ Nationaler Energie- und Klimaplan



Energiekonzept

Staubbelastung Holzfeuerung

Anlage - Typ	CO bei Nennlast	Staub bei Nennlast	CO bei Teillast
	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³
350 kW Pelletfeuerung	1,0	7,0	80,0
350 kW Pelletfeuerung mit Partikelabscheider	1,0	1,8	80,0
Mindestanforderungen BAFA	200,0	20,0	250,0

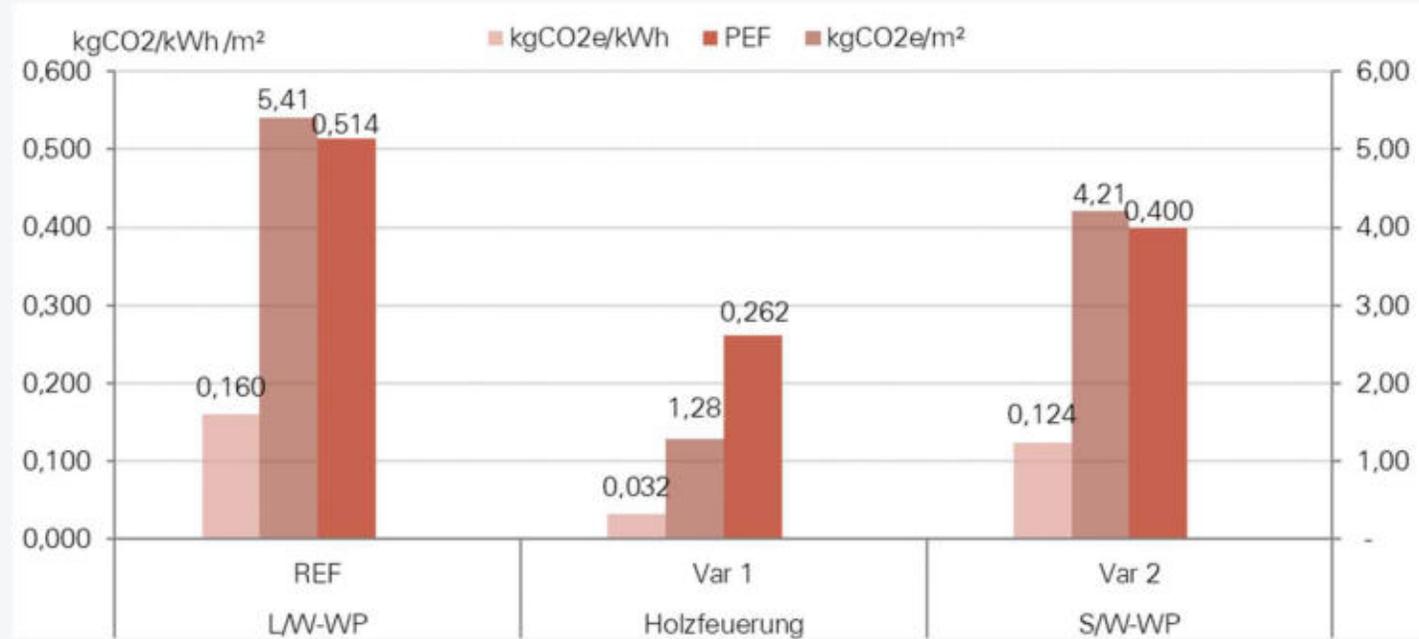
Holzfeuerung Var.1



Energiekonzept

Ergebnisse

CO₂ je m² Wohnfläche
PEF nach GEG





Energiekonzept

Ergebnisse

mit PV-Strom Anrechnung

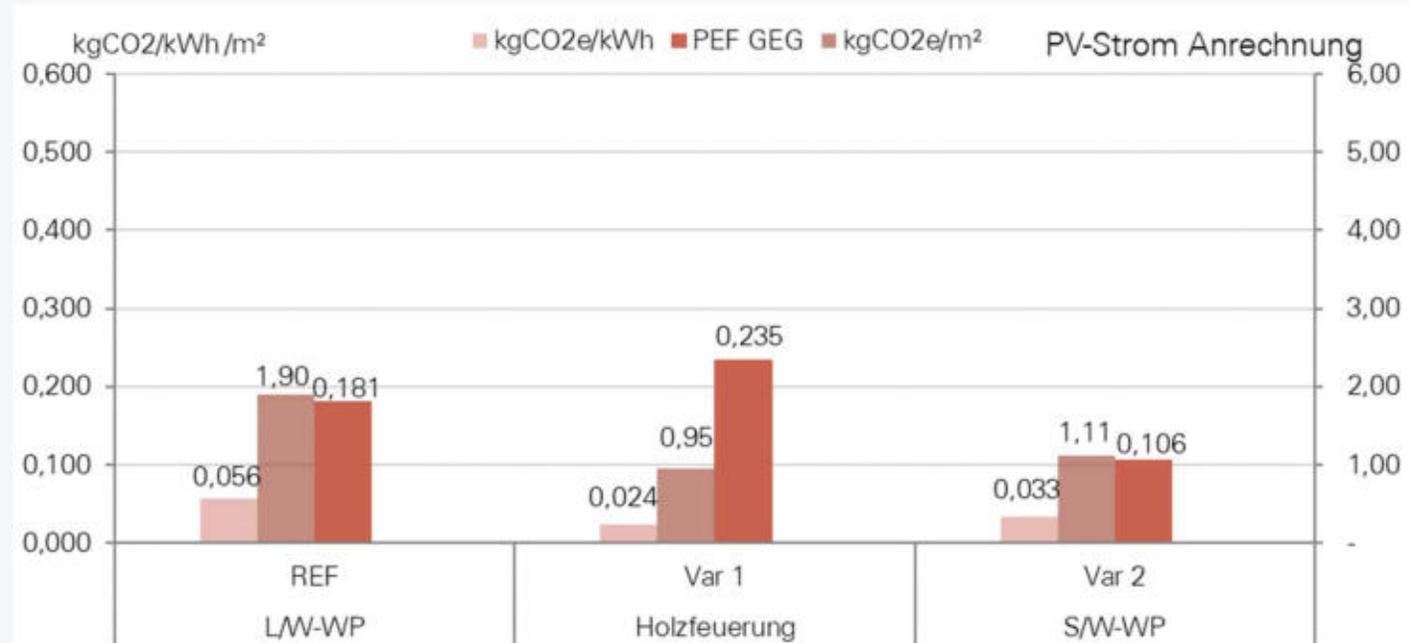
CO₂ je m² Wohnfläche

PEF nach GEG

Anrechnung von PV-Strom nach

§ 23 Absatz 3 GEG

→ monatsweise Bilanzierung
und Stromgutschrift



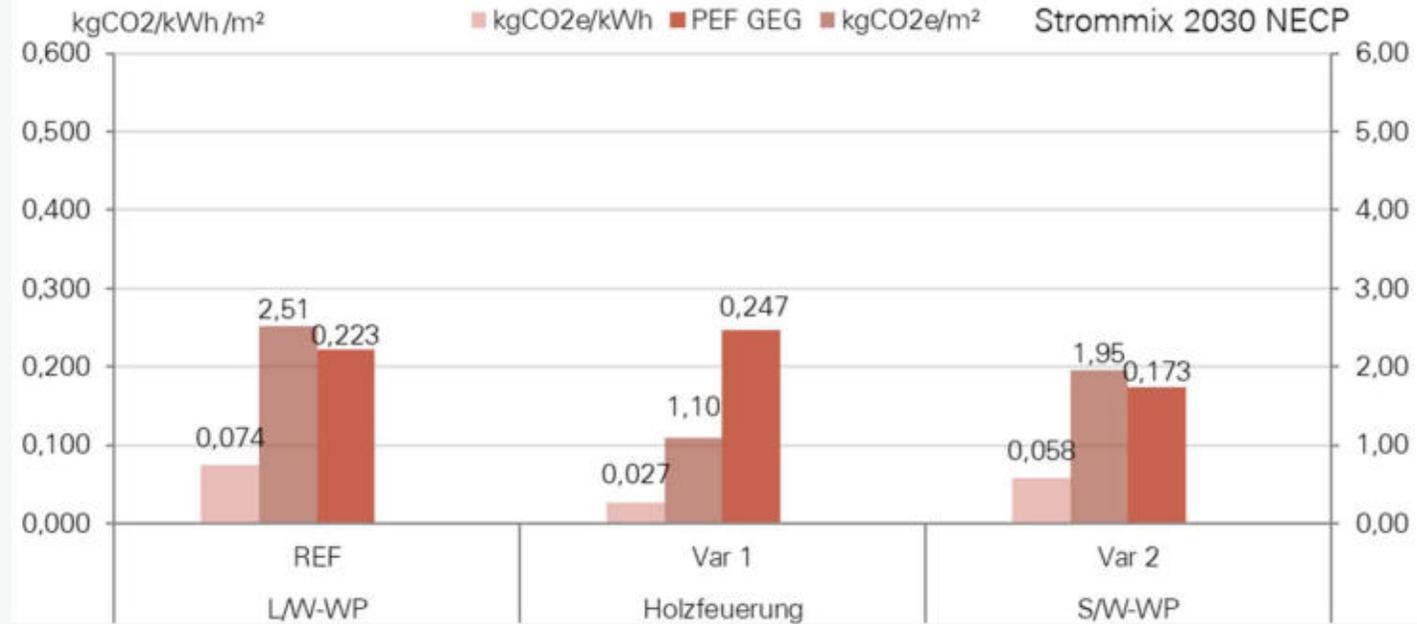


Energiekonzept

Ergebnisse

mit Strommix 2030

- CO₂ je m² Wohnfläche
- PEF nach GEG mit Ausnahme Strom
- PEF Strom nach NECP Bundesregierung
- PEF Strom 0,78

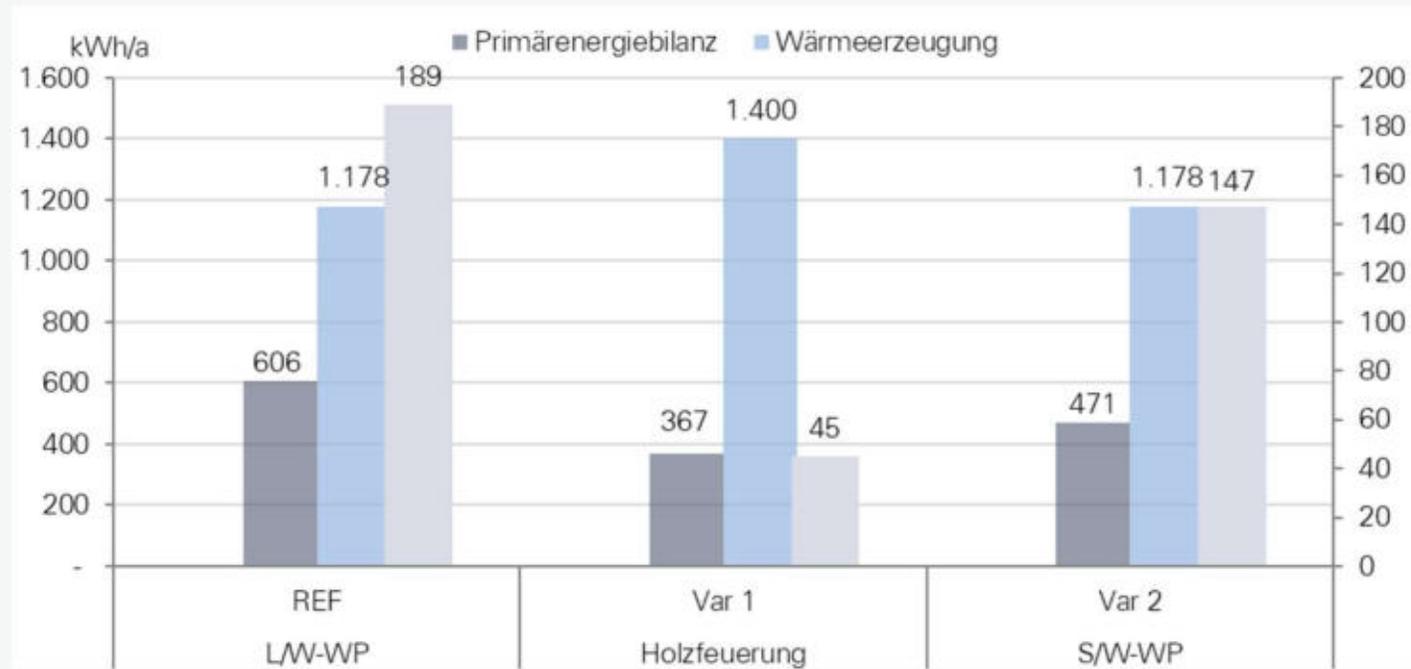




Energiekonzept

Ergebnisse

Primärenergiebedarf
Wärmeerzeugung
Absolute Emissionen

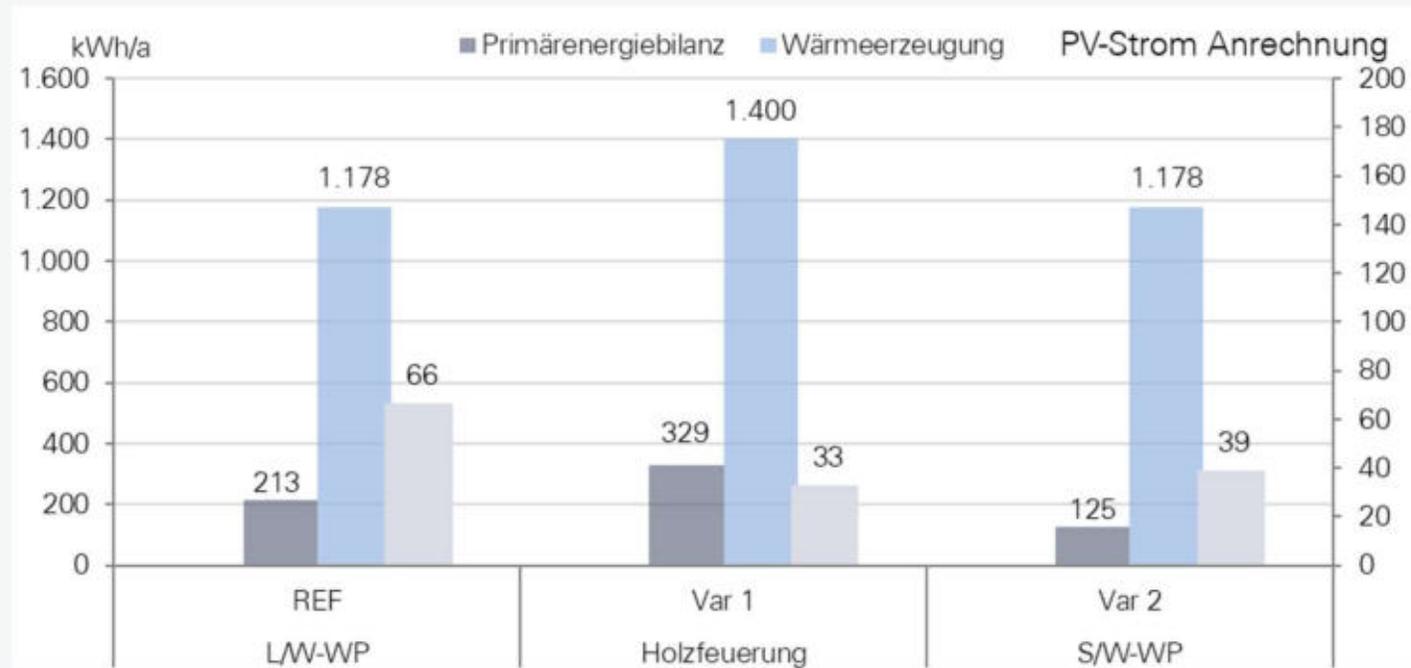




Energiekonzept

Ergebnisse mit PV-Strom Anrechnung

Primärenergiebedarf
Wärmeerzeugung
Absolute Emissionen

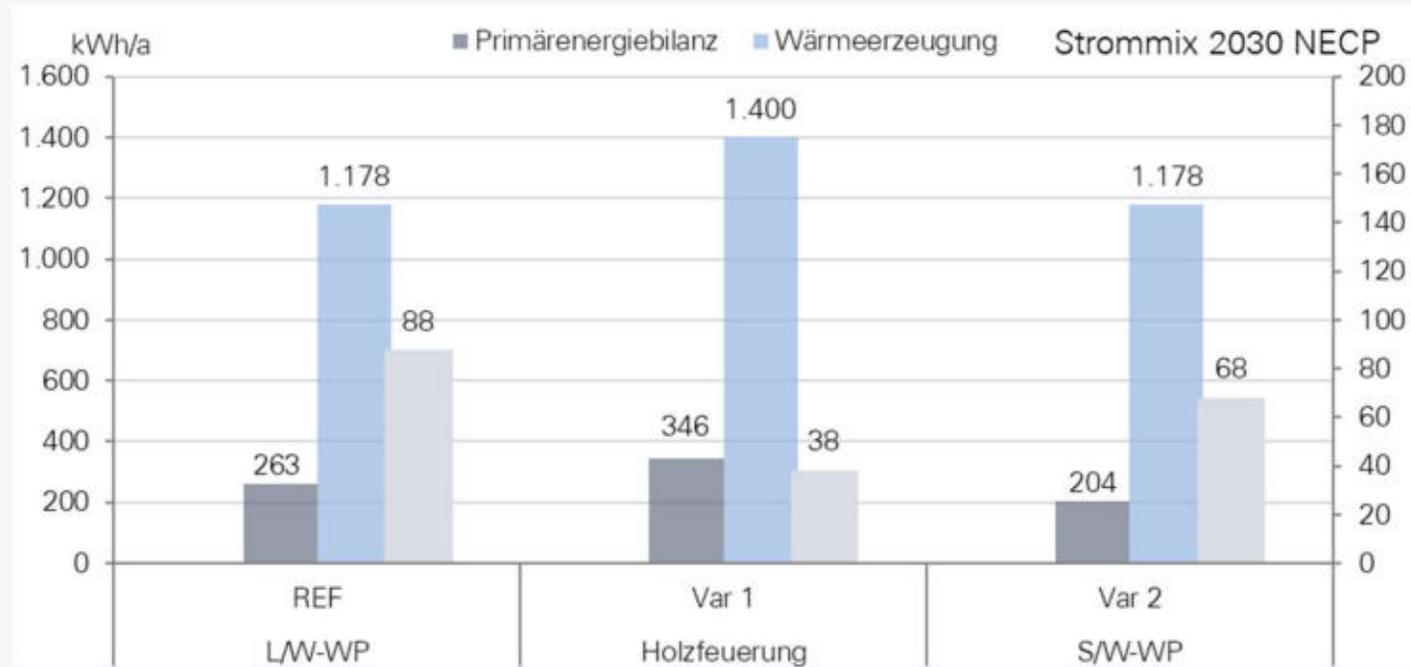




Energiekonzept

Ergebnisse mit Strommix 2030

Primärenergiebedarf
Wärmeerzeugung
Absolute Emissionen





Energiekonzept

PV-Strom Erzeugung

Pot. Ertrag: 1.945 MWh

- Bedarf Quartier: 1.675 MWh

- (Wärmeversorgung: 337 MWh)

Restbetrag: 270 (-67) MWh

- Dachflächenermittlung anhand stdb. Entwurf
- Zentrale Annahme: Flachdächer auf jedem Gebäudetyp
- Potentielle Dachnutzung von 65 %
- Ost-West-Auslegung mit einem spez. Ertrag von 906 kWh/kWp für den Standort Bochum

Gebäudetyp	Pot. Dachfläche	Installierbare PV- Leistung	Pot. Ertrag	Anteil Ertrag
	[m ²]	[kWp]	[kWh/a]	[-]
EFH	68	11,0	9.961	10 %
DHH	50	8,3	7.501	13 %
RH	47	7,8	7.049	10 %
MFH	242	40,3	36.481	45 %
MFH-Misch	360	59,9	54.245	6 %
KiTa	382	63,7	57.734	3 %
Quartiersgarage	858	142,8	129.427	13 %
Summe	12.945	2.146	1.945.208	100 %

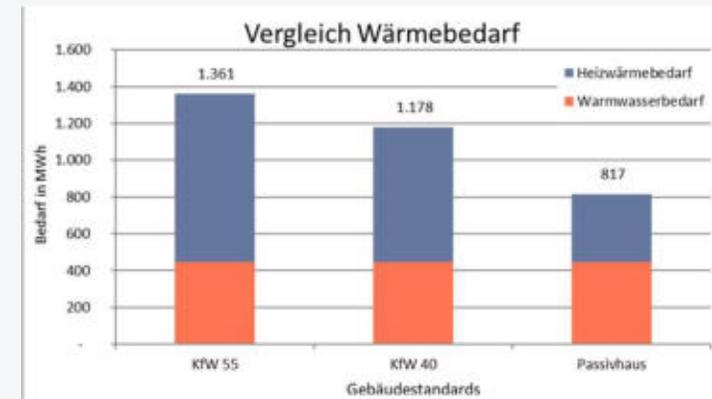


Energiekonzept

Nächste Schritte

- Finale Berichterstellung
- Vorstellung E-Konzept

... offene Punkte





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.