

Auftraggeber: Gemeinde Altenberge

Energiekonzept für das Baugebiet „Bahnhofshügel“ in Altenberge

Entwurf Stand Mi, 22.09.2021 13:40



Entwurf

Bearbeitung durch:

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

Auftraggeber:

Gemeinde Altenberge
Fachbereich III/2 Bauwesen
Christoph Rövekamp
Kirchstraße 25
48341 Altenberge
02505 /82-46
Christoph.Roevekamp@altenberge.de

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

Entwurf

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Aufgabenstellung	13
2 Rahmenbedingungen	14
2.1 Städtebaulicher Entwurf Bahnhofshügel	14
2.2 Gebäudetypen und Wohnfläche	14
2.3 Förderkonditionen Baustandards und Energiesysteme	16
2.3.1 BEG WG	16
2.3.2 BEW	17
3 Energiebedarf	18
3.1 Wärme	18
3.2 Strom	20
3.3 Kälte	22
4 Versorgungsoptionen	23
4.1 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung	23
4.2 Biogas als lokal verfügbarer Energieträger	24
4.3 Erdsondenfeld und kalte Nahwärme	28
4.4 ausgewählte Optionen	32
5 Detaillierte Beschreibung der ausgewählten Optionen	33
5.1 Biogas-BHKW und Spitzenkessel Erdgas	33
5.1.1 Wärmeerzeugung	33
5.1.2 Nahwärmeverteilung	34
5.1.3 Wärmeübergabe an die Gebäude	34
5.2 Biogas-BHKW und Holzpelletkessel	35
5.3 Holzpelletkessel	35
5.4 Erdsondenfeld und kalte Nahwärme	36
5.4.1 Wärmeerzeugung bzw. -gewinnung	36
5.4.2 Erdwärmeverteilung	36
5.4.3 Wärmepumpen in den Gebäuden	37
5.5 Alternative: Erdsondenfeld und low-ex-Netz	37
5.6 Referenzsysteme	38
6 Energie- und Umweltbilanz	39

6.1	Raumheizung und Warmwasser	39
6.2	Stromverbrauch und PV-Eigenerzeugung	40
6.2.1	Stromverbrauch	41
6.2.2	PV-Eigenerzeugung	42
7	Wirtschaftlichkeit	44
7.1	Grundlagen	44
7.1.1	Investitionen und Kapitalkosten	44
7.1.2	Energiepreise	45
7.1.3	Zuschläge und Vergütungen	47
7.2	Ergebnis als Vollkosten	47
7.3	Sensitivität bei anderen Energiepreisen	48
8	Zusammenfassende Empfehlung	50
8.1	System der Wärmeversorgung	50
8.2	PV-Pflicht	52

A large, light gray stamp with the word "Entwurf" (Draft) written in a bold, sans-serif font, tilted at an angle.

Entwurf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Bebauungsstruktur	14
Abbildung 2	Übersicht über die Bedarfswerte des Wohngebietes	20
Abbildung 3	Biogasquellen und Verbraucher-Potentiale	26
Abbildung 4	Biogasabnahme für eine BHKW-Anlage mit 100 kW _{el}	27
Abbildung 5	Biogasabnahme für eine BHKW-Anlage mit 150 kW _{el}	27
Abbildung 6	Biogasanlagen in Altenberge mit Entfernung zum Baugebiet	28
Abbildung 7	geothermisches Potenzial Altenberge mit Bahnhofshügel	29
Abbildung 8	Potenzialflächen für Erdsonden	30
Abbildung 9	Jahresdauerlinie mit BHKW und Spitzenlastkessel	33
Abbildung 10	Jahresdauerlinie mit BHKW und Holzpelletkessel	35
Abbildung 11	Jahresdauerlinie mit Holzpelletkessel	36
Abbildung 12	wohnflächenbezogene CO ₂ -Emissionen zu Beginn und am Ende der Betriebsphase	40
Abbildung 13	wohnflächenbezogene CO ₂ -Emissionen inkl. Stromverbrauch	41
Abbildung 14	wohnflächenbezogene CO ₂ -Emissionen und Kompensation durch Eigenerzeugung	43
Abbildung 15	Investitionen ohne Förderung	44
Abbildung 16	Investive Fördermittel	45
Abbildung 17	Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh	47
Abbildung 18	Vollkostenvergleich der Varianten (brutto bezogen auf Wohnfläche)	48
Abbildung 19	Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario	49
Abbildung 20	Kosten und CO ₂ -Emissionen	50
Abbildung 21	Kosten und CO ₂ -Emissionen	52

A rectangular stamp with the word "Entwurf" (Draft) written in a bold, sans-serif font, tilted slightly upwards to the right.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Flächenbilanz nach Gebäudetypen	16
Tabelle 2	Bedarfsermittlung für drei baulich-energetische Standards	19
Tabelle 3	Heizleistungen für drei baulich-energetische Standards	20
Tabelle 4	Abschätzung des Stromverbrauchs für übliche Haushaltsanwendungen (L&K)	21
Tabelle 5	Abschätzung des Stromverbrauchs einschließlich Elektromobilität	21
Tabelle 6	Vorauswahlmatrix Versorgungstechniken	24
Tabelle 7	Potenzial Sondenfeld und erzielbarer Deckungsgrad	31
Tabelle 8	CO ₂ -Emissionsfaktoren des GEG	39
Tabelle 9	CO ₂ -Emissionen durch Stromverbrauch	41
Tabelle 10	Abschätzung der zu installierenden Leistung von PV-Anlagen	42
Tabelle 11	Energiepreise inkl. CO ₂ -Bepreisung für fossiles Erdgas	46
Tabelle 12	Biogasgrobkalkulation	46
Tabelle 13	Basispreise und Szenariendefinition (ohne CO ₂ -Bepreisung bei Erdgas)	48

Abkürzungsverzeichnis



EE	Erneuerbare Energie
BHKW	Blockheizkraftwerk
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
GEG	Gebäudestandard GEG oder EnEV 2016 Primärenergiebedarf = 75% von EnEV 2014
EH 55	KfW-Effizienzhaus 55, Primärenergiebedarf = 55% von EnEV 2014
EH 40	KfW-Effizienzhaus 40, Primärenergiebedarf = 40% von EnEV 2014
EEG	Erneuerbare-Energie-Gesetz
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
EnEV	Energie-Einspar-Verordnung (abgelöst durch GEG)
EEWärmeG	Erneuerbare-Energie-Wärme-Gesetz (abgelöst durch GEG)
GEG	Gebäude-Energie-Gesetz
BEG-WG	Bundesförderung für effiziente Gebäude - Wohngebäude
BEW	Bundesförderung effiziente Wärmenetze (bisher nur als Entwurf)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2e}	Kohlenstoffdioxid, gekennzeichnet als CO ₂ -Äquivalent
kWh	Kilowattstunde (Arbeit)
kW	Kilowatt (Leistung)
a	Jahr
d	Tag
kWh/a	Kilowattstunden pro Jahr
MWh	Megawattstunde = 1000 kWh
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
kW _{th}	Kilowatt thermisch, Wärmeleistung
g	Gramm
kg	Kilogramm
t	Tonne = 1000 kg
g/kWh	Einheit für Emissionsfaktoren
€/MWh	Euro je MWh
ct/kWh	Eurocent je kWh, 5 ct/kWh = 50 €/MWh
kWh _{Hs}	kWh als Brennwert, häufig für Erdgas verwendet
kWh _{Hi}	kWh als Heizwert, 1 kWh _{Hi} = ca. 0,903 kWh _{Hs}
ct/kWh _{Hs}	übliche Einheit für Preise des Gasversorgers, häufig auch nur ct/kWh z.B. 5,000 ct/kWh _{Hs} = 5,537 ct/kWh _{Hi}

1 Aufgabenstellung

Mit dem für das neue Baugebiet „Bahnhofshügel“ zu erstellende Energiekonzept ist der Anspruch verbunden, eine zukunftsfähige Energiekonzeption unter Berücksichtigung der Aspekte Reduzierung des Energiebedarfs, Optimierung der Energieversorgung und des Einsatzes erneuerbarer Energien zu erstellen, die dauerhaft niedrige Energiekosten bei gleichzeitiger hoher Betriebs- und Planungssicherheit für den Nutzer garantiert und bei der die klimapolitischen Ziele berücksichtigt werden.

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

- Im Sinne einer Sektorenkopplung sowohl der Energiebedarf für Raumwärme, Warmwasser, Haushalts- und sonstiger Strom.
- Die Auswirkungen aus Sicht der späteren Investoren und Nutzer, insbesondere in finanzieller Hinsicht.
- Die Integration des Themas solare Stromerzeugung.

Im Verlauf der Bearbeitung und der Abstimmung von Schwerpunkten mit dem Auftraggeber ist deutlich geworden, dass die folgenden Aspekte besondere Berücksichtigung finden sollen:

- Prüfung der Anbindung des Gebietes an existierende Biogasanlagen in Altenberge; die Anlage in Entrup und die Anlage an der Deponie sind daher vertieft einbezogen worden.
- Möglichst weitgehende Vermeidung des Einsatzes von fossilem Erdgas; die Variante der sogenannten „kalten Nahwärme“ ist ebenfalls in die Auswahl aufgenommen worden, die sonst immer mitgeführte Variante der fossilen Kraft-Wärme-Kopplung mit Erdgas-BHKW ist nicht aufgenommen.

Entwurf

2 Rahmenbedingungen

2.1 Städtebaulicher Entwurf Bahnhofshügel

Der städtebauliche Entwurf Bahnhofshügel ist nach einem ca. 2-jährigen Abstimmungsprozess im Juni 2021 vom Rat beschlossen worden. Auf dieser Grundlage soll der Bebauungsplan erstellt werden. Aus der Bebauungsstruktur dieses Entwurfs und den ergänzenden Beschreibungen der Haustypen werden die zu beheizenden Flächen und anschließend auch die Trassierung eines Nahwärmenetzes abgeleitet.

Westlich, außerhalb des Wohngebietes liegt das geplante Altenwohnheim der Caritas, das hinsichtlich einer möglichen wärmetechnischen Anbindung zu berücksichtigen ist.



Abbildung 1 Bebauungsstruktur

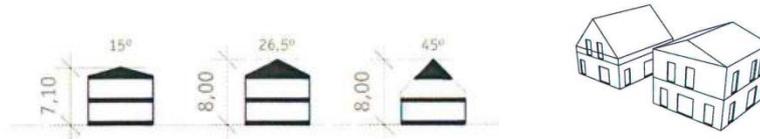
Das Gebiet ist durch den Grünzug in zwei Abschnitte geteilt, Bauabschnitt A im Norden an der Bahnhofstraße und Bauabschnitt B im Süden. Die Realisierung der Bebauung soll mit Abschnitt A beginnen.

2.2 Gebäudetypen und Wohnfläche

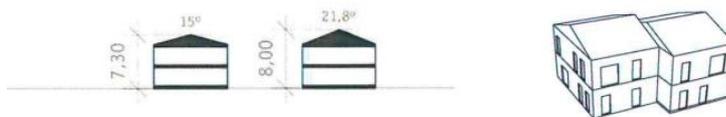
Es sind die folgenden Gebäudetypen vorgesehen. Die Schnitte und schematischen Ansichten sind vom Planungsbüro SWUP GmbH erstellt und aus der Anlage¹ zur Niederschrift der Bürgerversammlung im Juni 2021 entnommen.

¹ Planungsbüro SWUP GmbH: Anlage_2_-_Niederschrift_Buergerversammlung_16.06.2021.pdf

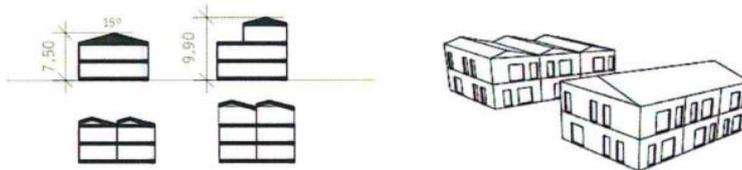
EFH 33 freistehende Einfamilienhäuser mit einer überbauten Grundfläche von ca. 80 m², zwei Vollgeschosse, Satteldächer mit 15 bis 45° Dachneigung



DHH 32 Doppelhaushälften (16 Doppelhäuser) mit einer überbauten Grundfläche von ca. 70 m², zwei Vollgeschosse, Satteldächer mit 15 bis 45° Dachneigung



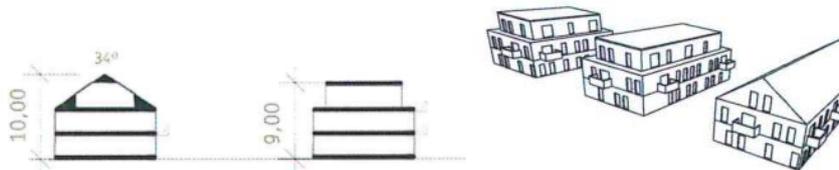
RH 44 Reihenhäuser (Gruppen von 3 bis 6 RH) mit einer überbauten Grundfläche von ca. 66 m², zwei Vollgeschosse, Satteldächer mit 15° Dachneigung



GHH 8 Gartenhofhäuser mit einer überbauten Grundfläche von ca. 78 m², eingeschossig (ein Teil des Hauses zweigeschossig), mit Flachdach



MFH 29 Mehrfamilienhäuser mit einer überbauten Grundfläche von 200 m² bis 380 m², zwei Vollgeschosse mit ausgebautem Dach oder Staffelgeschoss, am Nordrand an der Bahnhofstraße: mit Satteldach mit 34° Dachneigung im Inneren des Gebietes: mit Flachdach



Die Ausrichtung der Dachflächen soll eine weitgehende Begrünung und Solarenergienutzung ermöglichen.

Die Flächenbilanz als Grundlage der Energiebedarfsermittlungen stellt sich wie folgt dar.

Entwurf

Gebäude -Typ	Bau- körper ca.	Anzahl Gebäude	Tiefe ca. m	Breite ca. m	Grund- fläche m ² /Geb	Dach- form	real. Gesch.	Brutto- geschoss- fläche m ² /Geb	Netto- geschoss- fläche m ² /Geb	Netto- geschoss- fläche m ²
EFH	33	33	10,5	7,6	80	SD	2,3	184	142	4.675
DHH	16	32	10,0	7,0	70	SD	2,3	161	124	3.967
RH	11	44	9,5	6,9	66	SD	2,5	165	127	5.590
GHH	8	8			78	FD	1,8	140	108	865
MFH	29	29	12,0	19,8	238	SD/FD	3,0	714	550	15.939
Caritas	1	1			1.798	SD	2,5	4.495	3.461	3.461
Summe Wohngebiet zuzüglich Caritas		146 147			105		2,6	276	213	31.037 34.498

Tabelle 1 Flächenbilanz nach Gebäudetypen

2.3 Förderkonditionen Baustandards und Energiesysteme

2.3.1 BEG WG

Anfang 2021 bestand noch eine gewisse Unsicherheit hinsichtlich der Förderkonditionen im Rahmen der "Bundesförderung für effiziente Gebäude" (BEG WG). Die neuen Richtlinien gelten ab Mitte 2021. Merkblätter und Ausführungsrichtlinien liegen inzwischen vor, die Anwendung ist möglich und kalkulierbar geworden. Die Dauer der Gültigkeit in vorliegender Form ist offen. Nach der Bundestagswahl ist von Änderungen auszugehen. Insbesondere die angestrebte Verschärfung des GEG wird Auswirkungen auf die Fördertatbestände haben.

Die im Dezember 2020 veröffentlichte BEG-WG führt für die Effizienzhäuser KfW 55 und 40 eine neue Qualitätsstufe EE ein, die erreicht wird, wenn mehr als 55% der Wärme aus erneuerbaren Energie stammt.

Für ein Gebäude des Standard KfW 55 entsteht dann der höhere Standard KfW 55 EE. Die Anhebung auf den EE-Standard erhöht die Kreditsumme von 120.000 € auf 150.000 €, zusätzlich wird der Prozentsatz des Tilgungszuschusses von 15% auf 17,5% angehoben. Der Vorteil für den Kreditnehmer liegt in diesem Fall bei 8.250 €. Falls z.B. ein Eigenheim mit Einliegerwohnung gebaut wird, verdoppelt sich dieser Vorteil auf 16.500 €, da Bemessungsgrundlage die Zahl der Wohneinheiten ist.

Wenn die zusätzliche EE-Qualität durch eine Investition von 8.000 bis 12.000 € für eine Luft-Wärmepumpe hergestellt wird, läge de facto eine Förderung von über 100% vor. Die BEG WG richtet sich jedoch an private Investoren und nicht an Unternehmen. Sie stellt somit keine Beihilfe dar, die andere, nicht geförderte Unternehmen benachteiligen würde. Im Verfahren der Erstellung der BEG WG wurde geklärt, dass sie beihilferechtlich freigestellt ist. Die sehr hohe Förderung ist zulässig und auch so beabsichtigt.

Mit dem aktuellen Stand der BEG WG wird davon ausgegangen, dass Einfamilienhäuser (freistehend, als Doppel- und Reihenhaus) in der Qualitätsstufe EE, gegenüber KfW 55, mit zusätzlichen 8.250 € Tilgungszuschuss gefördert werden. Bei Mehrfamilienhäusern fällt dieser Finanzierungsvorteil je Wohneinheit an.

Dieser Zuschuss ist in der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen bei allen Systemen, die mindestens 55% erneuerbare Energie für die Wärmeherzeugung einsetzen, d.h. dezentrale Luft-Wärmepumpe und Sole-Wärmepumpen sowie zentrale Nahwärmesysteme mit lokalem Biogas, Biomethan aus dem Erdgasnetz, Holz-Pellets, Holzhackschnitzel, Wärmepumpen und große Solarthermieanlagen. Förderfähig ist auch der Anschluss an ein kaltes Nahwärmesystem.

Nicht förderfähig nach BEG WG ist der Anschluss an Nahwärme, die aus einem Erdgas-BHKW stammt. Diese Systeme haben sich bisher hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und CO₂-Bilanz häufig besser dargestellt als andere Systeme. Sie werden jetzt durch höhere Förderung der anderen Systeme etwas zurückgedrängt werden.

Die neue Förderung ist bei zeitnah umzusetzenden Projekten in die Entscheidung einzubeziehen. Mittelfristig ist zu berücksichtigen, dass die Förderung nur dann gezahlt wird, wenn die entsprechenden Finanzmittel bereitstehen und die Fördertöpfe immer wieder ausreichend gefüllt werden. Die Verlässlichkeit ist geringer als bei Anlagenkonzepten, für deren Förderung ein Rechtsanspruch nach KWKG oder EEG besteht.

2.3.2 BEW

Auch die verstärkte Förderung von strombasierten Heizsystemen in der neuen Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) kann die Kalkulationen in erheblichem Umfang verändern. Der Entwurf befand sich Mai/Juni 2021 innerhalb der Bundesregierung in der Abstimmung und ist seit Ende Juli öffentlich zugänglich.

Die investive Förderung von Wärmenetzen ist in der BEW systemisch angelegt, d.h. es wird nicht nur das Verteilnetz, sondern auch die vor- und nachgelagerte Anlagentechnik gefördert. Die Höhe der Förderung soll bei 40% liegen.

Eine weitere Komponente soll auch die Förderung der Erzeugung thermischer Energie mittels Elektrowärmepumpen analog zum KWKG und EEG sein, d.h. nicht investiv, sondern als Zuschuss in ct/kWh_{el}. Der BEW-Entwurf sieht hier für den Wärmepumpenstrom einen Zuschuss von 7 bis 4 ct/kWh vor, der mit steigender Jahresarbeitszahl (JAZ) degressiv gestaltet ist: 7 ct/kWh bei einer JAZ von 2,0 und 4 ct/kWh bei einer JAZ 5,0.

Die neue Förderung ist bei zeitnah umzusetzenden Projekten in die Entscheidung einzubeziehen. Mittelfristig ist zu berücksichtigen, dass die Förderung nur dann gezahlt wird, wenn die entsprechenden Finanzmittel bereitstehen und die Fördertöpfe immer wieder ausreichend gefüllt werden. Die Verlässlichkeit ist geringer als bei Anlagenkonzepten, für deren Förderung ein Rechtsanspruch nach KWKG oder EEG besteht.

Trotz der Unsicherheiten hinsichtlich leichter Anpassung oder auch grundlegender Umgestaltung des BEW-Entwurfs wird davon ausgegangen, dass wesentliche Elemente Bestand haben werden. Die investive Förderung von 40% und gestaffelten Stromkostenzuschüsse werden in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen schon berücksichtigt.

Entwurf

3 Energiebedarf

3.1 Wärme

Wärme ist für Raumheizung und Warmwasser bereitzustellen. Es gibt eine weite Bandbreite von Wärmeerzeugungstechniken und baulich-energetischen Standards, die gebäudespezifisch in einen Primärenergiebedarf umzurechnen sind.

Die Primärenergieanforderungen sind nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) 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 (Q_H) sehr unterschiedlich ausfallen. Nur bei den KfW-Standards ist auch die bessere Hüllflächenqualität (als H'_T = mittlerer Transmissionswärmeverlust) ein zusätzliches Kriterium. KfW 55 erfordert eine um 30% bessere Hüllfläche und KfW 40 muss 45% besser sein als das Referenzgebäude.

Der hier relevante Wert ist die aus einem Nahwärmesystem an das Gebäude abgegebene Wärmemenge, die in der Regel über einen Wärmemengenzähler gemessen und abgerechnet wird. Während früher Nahwärmesysteme auch aus einfachen Kesselanlagen mit fossilen Brennstoffen wie Öl, Kohle und Gas versorgt wurden, ist bei einem neu zu errichtenden System immer von einer hocheffizienten Erzeugungsanlage auszugehen, entweder gespeist aus KWK-Systemen oder Erneuerbaren Energien. In diesen Fällen wird der Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung ($f_{pe,ww}$) immer unter 0,7 liegen.

Es gibt stichprobenbasierte Auswertungen für realisierte Neubauvorhaben, die Orientierungswerte für den Heizwärmeverbrauch liefern. Eine weitere Quelle ist die die vom IWU erstellte Wohngebäudetypologie, die zusätzlich eine Differenzierung zwischen den Gebäudegrößenklassen ermöglicht. Die aus beiden Quellen abgeleiteten und im Folgenden verwendeten Richtwerte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Je Gebäudetyp sind einheitliche Werte zugrunde gelegt, die sich an der vorgesehenen Bauweise, d.h. der Kompaktheit der Gebäude orientieren. In beiden Standards ist zusätzlich die Warmwasserversorgung mit 15 kWh/m²a einzubeziehen. Der Flächenbezug ist hier die Wohnfläche und nicht die größere Fläche A_N der EnEV bzw. GEG.

Der vom Gebäudeenergiegesetz vorgegebene Mindeststandard entspricht noch dem Stand der EnEV 2014 mit der 25%igen Absenkung zum 1.1.2016.

Kommunen mit Klimaschutzambitionen setzen in der Regel den Standard KfW 55 oder auch schon KfW 40 fest, wenn über den Grundstückkaufvertrag diese Möglichkeit besteht. Eine Festsetzung nach BauGB § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) ist denkbar, auch wenn dies bisher in Bebauungsplänen noch nicht üblich ist. Das Rechtsgutachten von November 2020, das von der Landesregierung NRW in Auftrag gegeben worden war, um die Rechtmäßigkeit einer PV-Pflicht zu klären, weist der Kommune eine weitreichende Festsetzungskompetenz zu.

Es ist zu erwarten, dass das GEG schon im Jahr 2022 in der Weise verschärft wird, dass KfW 55 als Mindeststandard für Neubauten festgelegt wird. Die Förderung nach BEG WG würde dann erst bei KfW 40 einsetzen, da die Förderung gesetzlicher Mindeststandards systemisch nicht vorgesehen ist. Dies wird eine Tendenz zum Standard KfW 40 mit sich bringen.

Über die spezifischen Bedarfskennwerte der Standards KfW 55 und KfW 40 wird der Bedarf je Haus und das ganze Gebiet ermittelt.

Die Festlegung des Standards KfW 55 schließt eine noch bessere Bauweise mit KfW 40 o.ä. nicht aus. Es ist damit zu rechnen, dass ein gewisser Anteil der Gebäude aufgrund der guten Förderkonditionen oder sonstiger Motivation in derart höheren Standards gebaut wird. Dies gilt insbesondere für Mehrfamilienhäuser, da die Förderung sich nach Anzahl der Wohnungen richtet und dort besonders hoch ausfallen kann.

Gebäude -Typ	GEG			GEG			GEG		
	Heizen	WW	gesamt	Heizen	WW	gesamt	Heizen	WW	gesamt
-	kWh/m ² a			MWh/Geb.a			MWh/a		
EFH	63	15	78	8,9	2,1	11	295	70	365
DHH	56	15	71	6,9	1,9	9	222	60	282
RH	56	15	71	7,1	1,9	9	313	84	397
GHH	56	15	71	6,1	1,6	8	48	13	61
MFH	51	15	66	28,0	8,2	36	813	239	1.052
Caritas	67	15	82	230,8	51,9	283	231	52	283
Summe Wohngebiet zuzüglich Caritas							1.691	466	2.157
							1.922	517	2.439
Gebäude -Typ	KfW 55			KfW 55			KfW 55		
	Heizen	WW	gesamt	Heizen	WW	gesamt	Heizen	WW	gesamt
-	kWh/m ² a			MWh/Geb.a			MWh/a		
EFH	44	15	59	6,2	2,1	8,4	206	70	276
DHH	39	15	54	4,8	1,9	6,7	155	60	214
RH	39	15	54	5,0	1,9	6,9	218	84	302
GHH	39	15	54	4,2	1,6	5,8	34	13	47
MFH	36	15	51	19,8	8,2	28,0	574	239	813
Caritas	48	15	63	166,1	51,9	218,1	166	52	218
Summe Wohngebiet zuzüglich Caritas							1.186	466	1.652
							1.352	517	1.870
Gebäude -Typ	KfW 40			KfW 40			KfW 40		
	Heizen	WW	gesamt	Heizen	WW	gesamt	Heizen	WW	gesamt
-	kWh/m ² a			MWh/Geb.a			MWh/a		
EFH	36	15	51	5,1	2,1	7,2	168	70	238
DHH	32	15	47	4,0	1,9	5,8	127	60	186
RH	32	15	47	4,1	1,9	6,0	179	84	263
GHH	32	15	47	3,5	1,6	5,1	28	13	41
MFH	30	15	45	16,5	8,2	24,7	478	239	717
Caritas	41	15	56	141,6	51,9	193,5	142	52	194
Summe Wohngebiet zuzüglich Caritas							980	466	1.446
							1.122	517	1.639

Tabelle 2 Bedarfsermittlung für drei baulich-energetische Standards

Das prozentuale Verhältnis von GEG zu den beiden anderen Standards ist 100% – 77% – 67%.

Die Bedarfswerte in MWh/a sind die wesentliche Grundlage für die Erstellung der CO₂-Bilanz und der Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Vor dem Hintergrund der anstehenden Verschärfung des GEG in Richtung KfW 55 wird davon ausgegangen, dass eine Mischung im Verhältnis 40%/60% für KfW 55 zu KfW 40 den mittleren Standard im Plangebiet zutreffend abbilden wird.

Entwurf

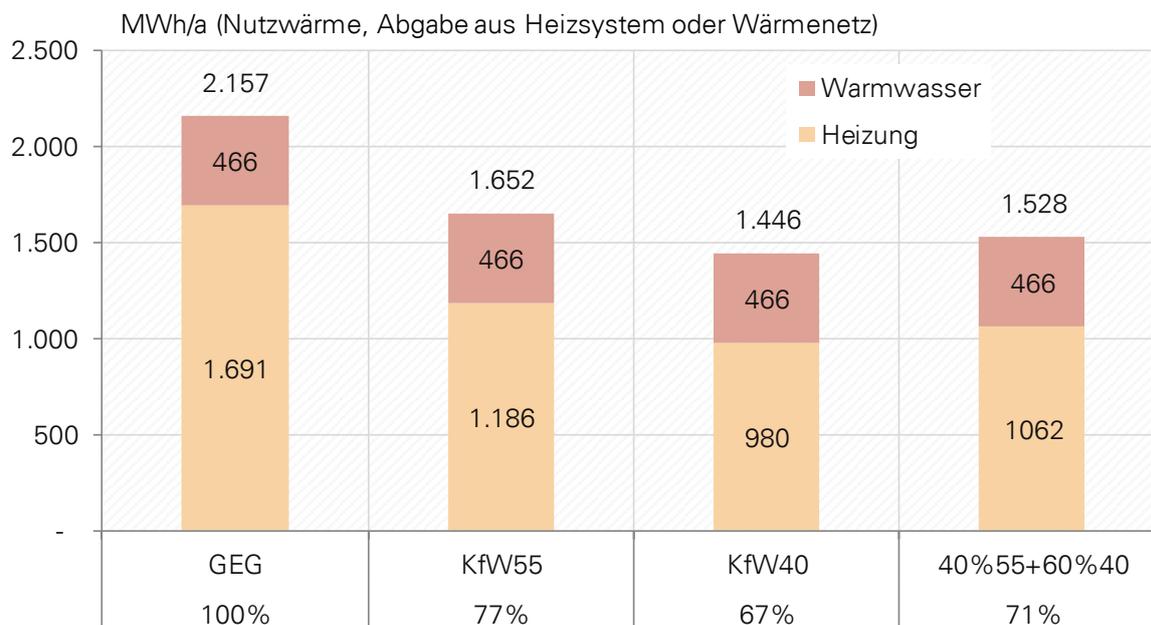


Abbildung 2 Übersicht über die Bedarfswerte des Wohngebietes

Neben diesen Bedarfswerten sind die Heizleistungen von Bedeutung für die Auslegung der dezentralen oder zentralen Wärmeversorgungssysteme.

Die Gesamtheizleistung des Plangebietes ist für das GEG sowie für beide KfW-Standards in [Tabelle 3](#) wiedergegeben.

Gebäude -Typ	GEG			KfW 55			KfW 40		
	Heizleistung			Heizleistung			Heizleistung		
	W/m ²	kW/Geb.	kW	W/m ²	kW/Geb.	kW	W/m ²	kW/Geb.	kW
EFH	48	6,9	227	37	5,2	171	33	4,6	153
DHH	43	5,3	171	33	4,0	129	29	3,6	115
RH	43	5,5	241	33	4,1	182	29	3,7	163
GHH	43	4,7	37	33	3,5	28	29	3,1	25
MFH	39	21,6	625	30	16,5	478	27	15,0	435
Caritas	39	135,8	136	30	103,8	104	27	94,4	94
Summe Wohngebiet			1.301			988			891
zuzüglich Caritas			1.437			1.092			985

Tabelle 3 Heizleistungen für drei baulich-energetische Standards

3.2 Strom

Unter Strom werden hier die üblichen Haushaltsanwendungen ohne die Anwendungen zur Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen oder Elektrodirektheizung verstanden.

Die Versorgung erfolgt über das örtliche Niederspannungsnetz, es gibt keine Alternativen dazu. Die Eigenerzeugungsanlagen wie PV oder Mikro-KWK ersetzen immer nur Anteile des Strombezugs aus dem Netz der allgemeinen Versorgung und stellen keine eigenständige Vollversorgung oder gar Autarkie her.

In den GEG-Nachweisen für Wohngebäude wird der Haushalts-Strom nicht mitbilanziert. Die Wechselwirkungen zwischen Heizsystem und Strombedarf sind sehr gering.

Für den Stromverbrauch werden folgenden Mittelwerte zugrunde gelegt, wobei verbrauchsmindernd berücksichtigt ist, dass die Trinkwassererwärmung nicht elektrisch, sondern über das Heizsystem erfolgt. Die zukünftig zu erwartenden Stromverbräuche für Beladung von Elektroautos sind hier noch nicht enthalten. Der Verbrauch resultiert aus Geräteausrüstung und Nutzungsintensität, die auch von der Personenzahl bzw. Belegungsdichte abhängig ist. Es wurde beim Ansatz der flächenspezifischen Kennwerte eine leichte Differenzierung bei EFH und MFH vorgenommen.

Gebäude -Typ	Strom- bedarf L&K kWh/m ² a	Strom- bedarf L&K kWh/a.WE	Strom- bedarf L&K MWh/a
EFH	23	3.259	108
DHH	25	3.099	99
RH	25	3.176	140
GHH	25	2.703	22
MFH	28	1.814	446
Caritas	25	1.082	87
Summe Wohngebiet	126	14.051	814
zuzüglich Caritas	151	15.133	901

Tabelle 4 Abschätzung des Stromverbrauchs für übliche Haushaltsanwendungen (L&K)

Zukünftig ist mit der zunehmenden Verbreitung von Elektroautos von einem erhöhten Bedarf auszugehen. Die Kalkulation geht davon aus, dass die Beladung nur zuhause erfolgt. Für die Caritas sind 6 Ladesäulen für Mitarbeiter-PKW und Dienstwagen angenommen.

Die Lage des Gebietes in der Nähe zum Bahnhof könnte dazu führen, dass viele Bewohner auf einen eigenen PKW verzichten. Ob dies so eintritt, kann nicht vorhergesagt werden. Eine denkbare Reduzierung von PKW-Zahl und Fahrleistung wird hier nicht in Ansatz gebracht.

Gebäude -Typ	Besitz E-Auto Quote WE %	Anzahl E-Auto -	Strom- bedarf E-Auto kWh/a.FZ	Strom- bedarf E-Auto MWh/a	Strom- bedarf gesamt MWh/a
EFH	100%	33	1.800	59	167
DHH	80%	26	1.800	46	145
RH	80%	35	1.800	63	203
GHH	80%	6	1.800	12	33
MFH	65%	160	1.800	288	734
Caritas		6	1.800	11	97
Summe Wohngebiet		260	9.000	468	1.283
zuzüglich Caritas		266	10.800	479	1.380

Tabelle 5 Abschätzung des Stromverbrauchs einschließlich Elektromobilität

A large, light gray, tilted rectangular stamp with the word "Entwurf" (Draft) written in a bold, sans-serif font.

3.3 Kälte

Ein Kältebedarf für Raumklimatisierung besteht in Wohngebäuden in der Regel nicht. Neubauten mit sommerlichem Mindestwärmeschutz weisen nur an wenigen Tagen im Jahr unangenehm hohe Temperaturen auf. Raumkühlung wird u.U. in Luxussegmenten des Wohnungsmarktes nachgefragt. Dies trifft auf das Baugebiet nicht zu.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Plananpassungen für den Bahnhofshügel bereits einige Komponenten enthalten, die zur Entschärfung der sommerlichen Hitzelasten beitragen werden. Die Fläche des Grünzugs zwischen Bauabschnitt A und B ist vergrößert worden, so dass eine freie Durchströmung mit Frischluft möglich ist, und die weitgehende Begrünung der Dachflächen wird durch Festsetzung von überwiegend geringen geneigten Dachformen begünstigt. Ob eine Verpflichtung zur Dachbegrünung festgesetzt wird, steht noch (Mo, 26.07.2021) nicht fest.

Bestimmte Heizsysteme mit Erdsonden-Wärmepumpen oder kalter Nahwärme bieten die Möglichkeit zu einer moderaten Temperierung aus dem Erdreich. Dies ist als qualitativer Zusatznutzen ggfs. in die Systementscheidung mit einzubeziehen.

Im Altenwohnheim der Caritas soll nach Angaben des Architekten eine derartige Temperierung der Nutzflächen erfolgen. Heiz- und Kühlsystem basiert auf einer Erdsonden-Wärmepumpen-Anlage, die dies ermöglicht.

4 Versorgungsoptionen

4.1 Allgemein verfügbare Techniken und Energieträger der Wärmeerzeugung

Die folgende Matrix gibt zunächst einen Überblick über mögliche Techniken der Wärmeerzeugung mit den Einsatzbereichen (zentral/dezentral) sowie ihren Vor und Nachteilen.

Diese Liste ist für das Gebiet Bahnhofshügel nur bedingt anwendbar, da bestimmte Anlagenkomponenten bei zentraler Versorgung in einer Leistungsklasse erforderlich wären, die zu ungewöhnlich kleiner Dimensionierung führen würde. Kosten- und Effizienzvorteile sinken in diesem Fall stark ab, dies wird in der Auswahl der Systeme zu berücksichtigen sein.

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
Holzhackschnittzel	zentrale Versorgung	niedrige Brennstoffkosten keine Kopplung an den Ölpreis regionale Verfügbarkeit der Brennstoffe niedrige CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast	aufwändige Anlagentechnik hoher Betriebsaufwand hoher Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager hohes Transportaufkommen
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 Spitzenlast	aufwändige Anlagentechnik mäßiger Platzbedarf für Kessel und Brennstofflager mittleres Transportaufkommen
KWK mit fossilem Erdgas	zentrale Versorgung	mäßige Brennstoffkosten hohe Effizienz niedrige CO ₂ Emissionen bei einer Stromgutschrift gegen den fossilen BRD Mix geringer/mittlerer Platzbedarf	Abhängigkeit von Energie Importen BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel Wartungsaufwand
KWK mit Bio Erdgas	zentrale Versorgung	Stromvergütung gem. EEG je nach Leistungsklasse hohe Effizienz geringe CO ₂ Emissionen geringer/mittlerer Platzbedarf	hohe Brennstoffkosten begrenzte Verfügbarkeit von Biomethan mittlere CO ₂ Äquivalent Emissionen (Methan, Lachgas fallen bei der Erzeugung an) BHKW nur für die Grundlast, Spitzenlast über Gaskessel Wartungsaufwand
Elektro-Wärmepumpe Luft als Wärmequelle	dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C u.U. Lärmbelästigung der Nachbarschaft
Elektro-Wärmepumpe Erdsonden als Wärmequelle	dezentrale Versorgung	geringer Betriebsaufwand mäßiger Platzbedarf geringe CO ₂ Emissionen Grund und Spitzenlast	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C

Entwurf

Wärmeerzeugung durch	Einsatzbereich	Vorteile	Nachteile
		Effizienz höher als bei Luftwärmepumpen	Bohrung auf jedem Grundstück erforderlich, bei hoher Bebauungsdichte gegenseitige Beeinträchtigung oder allmähliche Auskühlung geologische Eignung nicht immer gegeben
Elektro-Wärmepumpe kalte Nahwärme Sondenfeld, Kollektorfeld Abwasserkanäle, Gewässer, geringwertige Abwärme <30° C	dezentrale Wärmepumpen je Haus zentrale Versorgung über ein kaltes Nahwärmenetz	wie Erdsondenwärmepumpe Nahwärmenetz ohne Isolierung keine Netzverluste	Temperaturniveau der Wärmeabgabe <50 °C, besser <40 °C geeignete Flächen sind im lokalen Umfeld nicht immer verfügbar lokale Verfügbarkeit dieser speziellen Quellen erforderlich
Solarthermie	dezentrale Versorgung	minimale CO ₂ Emissionen gute Kombinierbarkeit mit anderen Energie Quellen geringer Betriebsaufwand	vorwiegend für Warmwasser nicht für Heizung im Winter
Erdgas	dezentrale Versorgung	geringer Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO ₂ Emissionen fossiler Energieträger Abhängigkeit von Energie-Importen
Erdgas	zentrale Versorgung	mäßiger Platzbedarf gute Kombinierbarkeit	hohe CO ₂ Emissionen und Netzverluste fossiler Energieträger Abhängigkeit von Energie-Importen

Tabelle 6 Vorauswahlmatrix Versorgungstechniken

Die Ermittlung der CO₂-Emissionen kann insbesondere bei stromgestützten Systemen, verbrauchende wie die Wärmepumpe oder erzeugende wie BHKWs, mit aktuellen oder zukünftigen Faktoren erfolgen. Bei der KWK wird zukünftig neben dem aktuell gültigen Gutschriftverfahren auch die exergetische Methode zur Anwendung kommen.

Diese Aspekte haben großen Einfluss auf die Ergebnisse.

Weitgehend unbeeinflusst von Bewertungs- und Methodenfragen ist der Einsatz von Holz und lokalem Biogas aus örtlichen Quellen im weiteren Umfeld des Baugebietes. Die Biogasfrage wird im Folgenden vertieft untersucht.

4.2 Biogas als lokal verfügbarer Energieträger

Biogasanlage Deponie Altenberg

Die seit 2010 aufgebaute Nahwärmeinsel im Ortszentrum Altenberge wird mit einem Biogas-BHKW in der Grundlast und einem Holzhackschnitzelkessel für Mittel- und Spitzenlast versorgt. Es handelt sich bei dem BHKW um ein sogenanntes Satelliten-BHKW, das von einer Biogasanlage an der Deponie über eine 3,2 km lange Gasleitung DN 100 mit Biogas versorgt wird.

Für den Bahnhofshügel sind zwei Optionen denkbar: zum einen die Verlängerung der bestehenden Biogasleitung und zum anderen die wärmeseitige Anbindung. Die Entfernung von Heizzentrale bis Bahnhofshügel beträgt ca. 900 m, die Leitungsverlegung mit isoliertem Doppelrohr müsste zudem durch bebauten Gebiet mit aufwendiger Wiederherstellung der Straßenoberfläche erfolgen. Die Verlängerung der Gasleitung ist naheliegender und mit Sicherheit kostengünstiger zu erstellen. Ein gewisser Nachteil ist die fehlende Möglichkeit zur Einbindung des Holzkessels. Dies ist hinzunehmen, wenn die Grundlastwärme für das Plangebiet Bahnhofshügel bevorzugt aus Biogas erzeugt werden soll.

Zur Ersteinschätzung der Machbarkeit und ggfs. anschließenden vertiefenden Machbarkeitsstudie ist zu klären, ob die vorhandene Gasleitung ausreichende Mengen liefern kann. Die derzeitige Leistung liegt bei 493 kW Brennstoffzufuhr, identisch mit der Feuerungswärmeleistung des BHKW in der Heizzentrale. Die elektrische Leistung des BHKW beträgt 189 kW_{el}.

Das BHKW im Plangebiet benötigt je nach Auslegung mit 100 oder 150 kW_{el}, als Brennstoffleistung 300 bis 450 kW zusätzlich. Diese zusätzliche Gasmenge kann über die vorhandene Leitung transportiert werden, der Querschnitt ist ausreichend. Es ist ein weiterer Verdichter an der Einspeisung für die Kapazitätserhöhung zu installieren, um den Druck, die Fließgeschwindigkeit und damit den Massendurchfluss zu erhöhen.

Biogasanlage Entrup

Eine weitere Möglichkeit des Biogasbezugs besteht über die Biogasanlage Entrup, die mittels einer neuen Gasleitung von ca. 2,8 km Länge das Plangebiet versorgen könnte. In Entrup besteht eine Gemeinschaftsanlage, die aus verschiedenen Substratquellen Biogas erzeugt und stromgeführt gefahren wird. Die Feuerungswärmeleistung beträgt 1.235 kW_{br}, die elektrische Leistung des BHKW 1 von 2005 liegt bei 499 kW_{el}, die anfallende Wärme wird zur Gärresttrocknung eingesetzt. Das BHKW 2 von 2016 dient der Flex-Fahrweise, die jährliche Stromerzeugung ist aber auf eine mittlere Leistung von 550 kW_{el} begrenzt.

Aufgrund der Flex-Fahrweise könnte die Biogaserzeugung aus der Fermenteranlage so gesteigert werden, dass 300 bis 450 kW ins Plangebiet geliefert werden könnten.

Die hier zu betrachtenden Quellen und Verbraucher sind im folgenden Schema zusammengestellt.

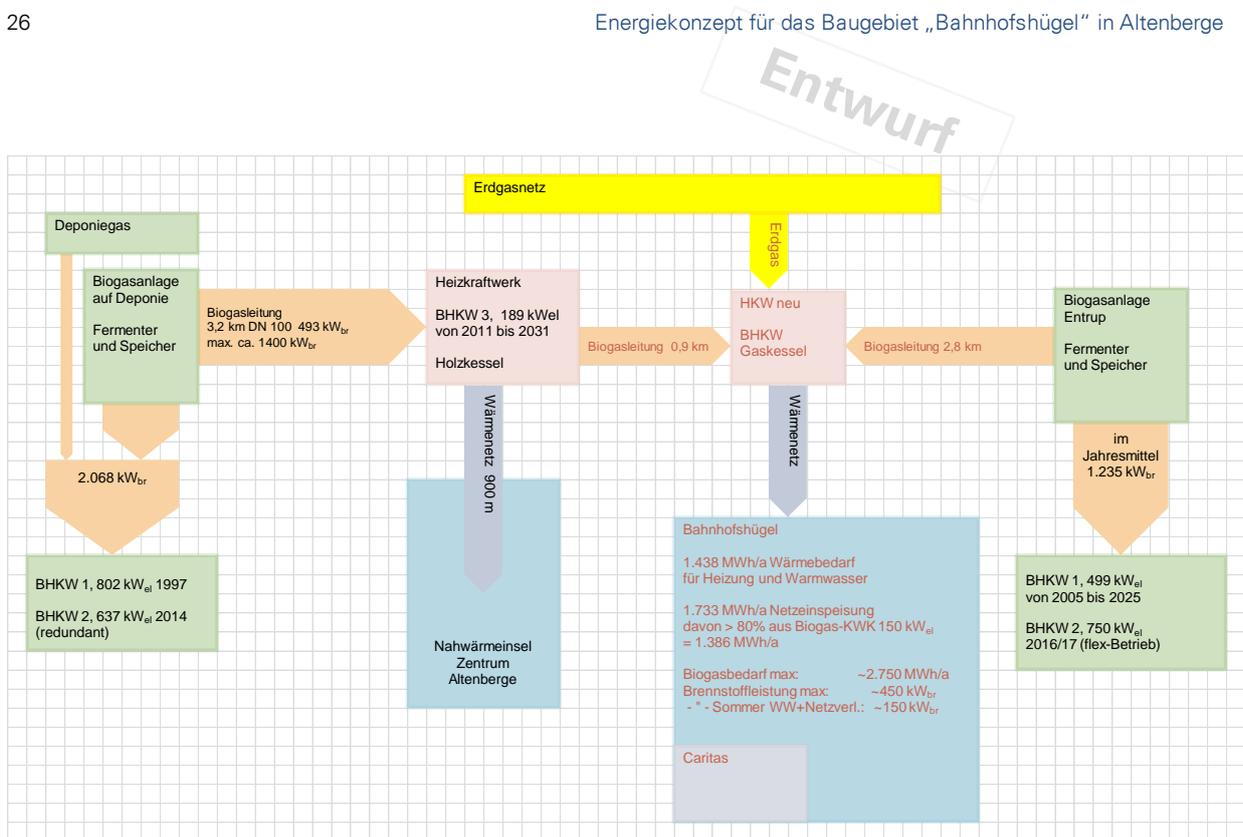


Abbildung 3 Biogasquellen und Verbraucher-Potentiale

Die Angaben bis 2031 und bis 2025 bezeichnen im Schema die Phase der hohen EEG-Vergütungen. Danach werden sich die Bedingungen für die Vermarktung des Biogas-Stroms nach derzeitiger Rechtslage schwieriger gestalten. Die Möglichkeiten zu einer alternativen Verwendung des Biogases in wärmegeführten BHKW-Anlagen mit strom- und wärmeseitiger Vergütung außerhalb des EEG gewinnen dann an Bedeutung.

Aus Sicht der Biogas-Lieferanten ist eine kalkulierbare Abnahme mit geringen Schwankungen erforderlich, um ungünstige Rückwirkungen auf die Erzeugung und Speicherung zu vermeiden. Es sollten im neuen HKW größer dimensionierte Speicher installiert werden, damit die Schwankungen zumindest im Tagesverlauf gepuffert werden können.

Die Jahres-Abnahmeprofile sind tagesscharf für zwei Anlagendimensionierungen im Folgenden dargestellt.

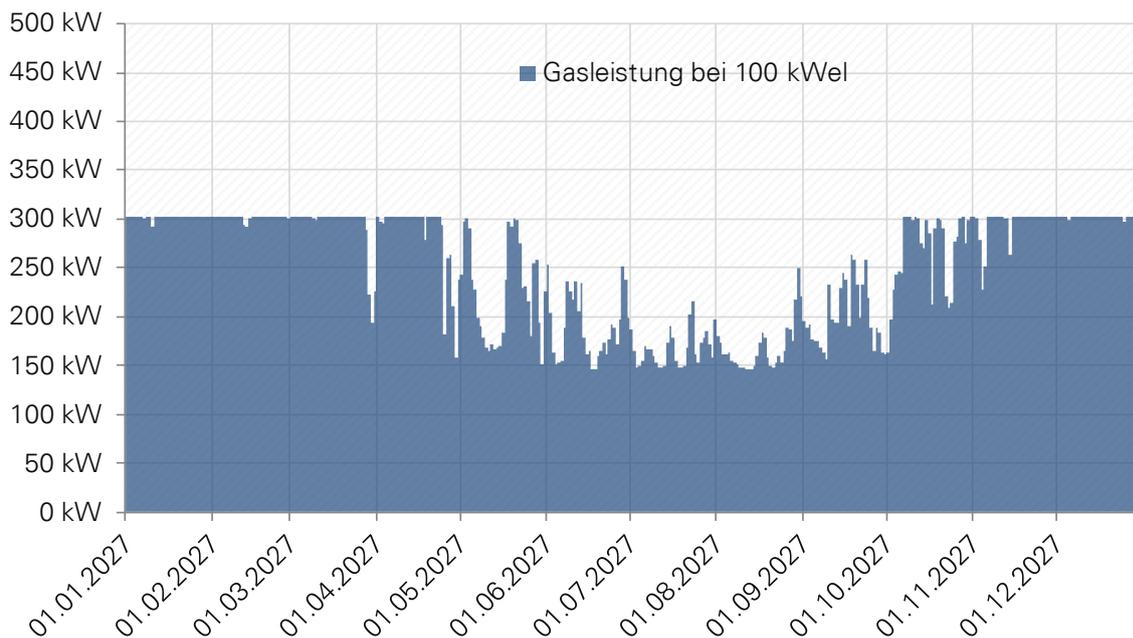


Abbildung 4 Biogasabnahme für eine BHKW-Anlage mit 100 kW_{el}

Bei der kleineren Auslegung mit 100 kW ergeben sich über längere Zeiträume konstante Abnahmeverhältnisse. Bei größerer Auslegung machen sind die Schwankungen ungünstig bemerkbar.

Eine Kombination von Biogas-BHKW und Erdgas-BHKW kann u.U. eine Lösung dieser Probleme sein.

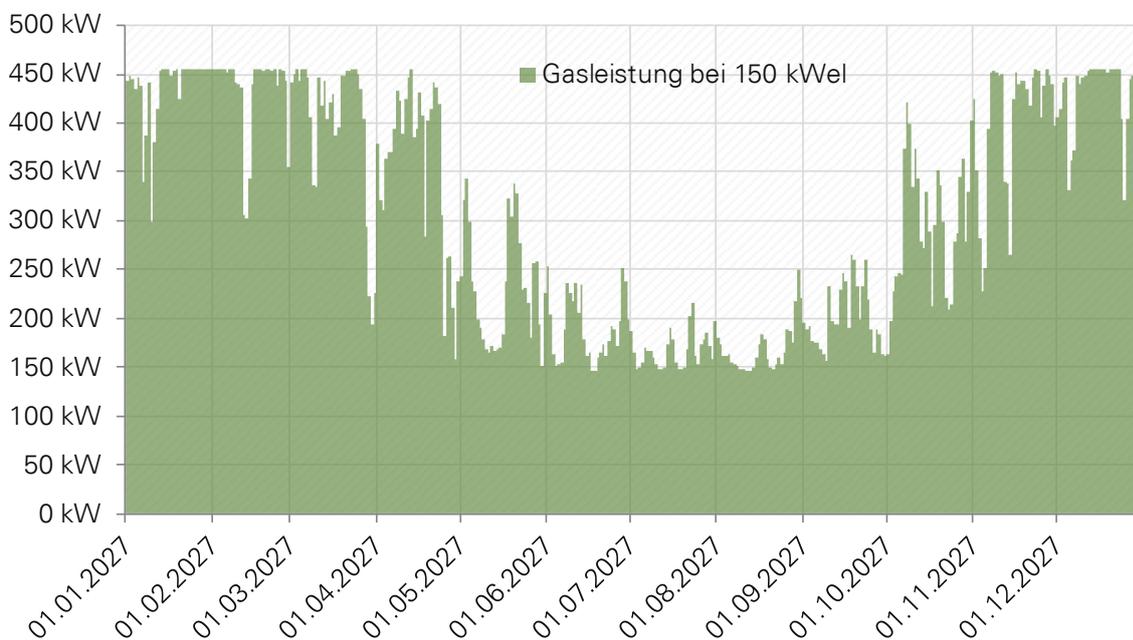


Abbildung 5 Biogasabnahme für eine BHKW-Anlage mit 150 kW_{el}

weitere Anlagen

Neben den bisher betrachteten Anlagen gibt es in Altenberge weitere Biogasanlagen.

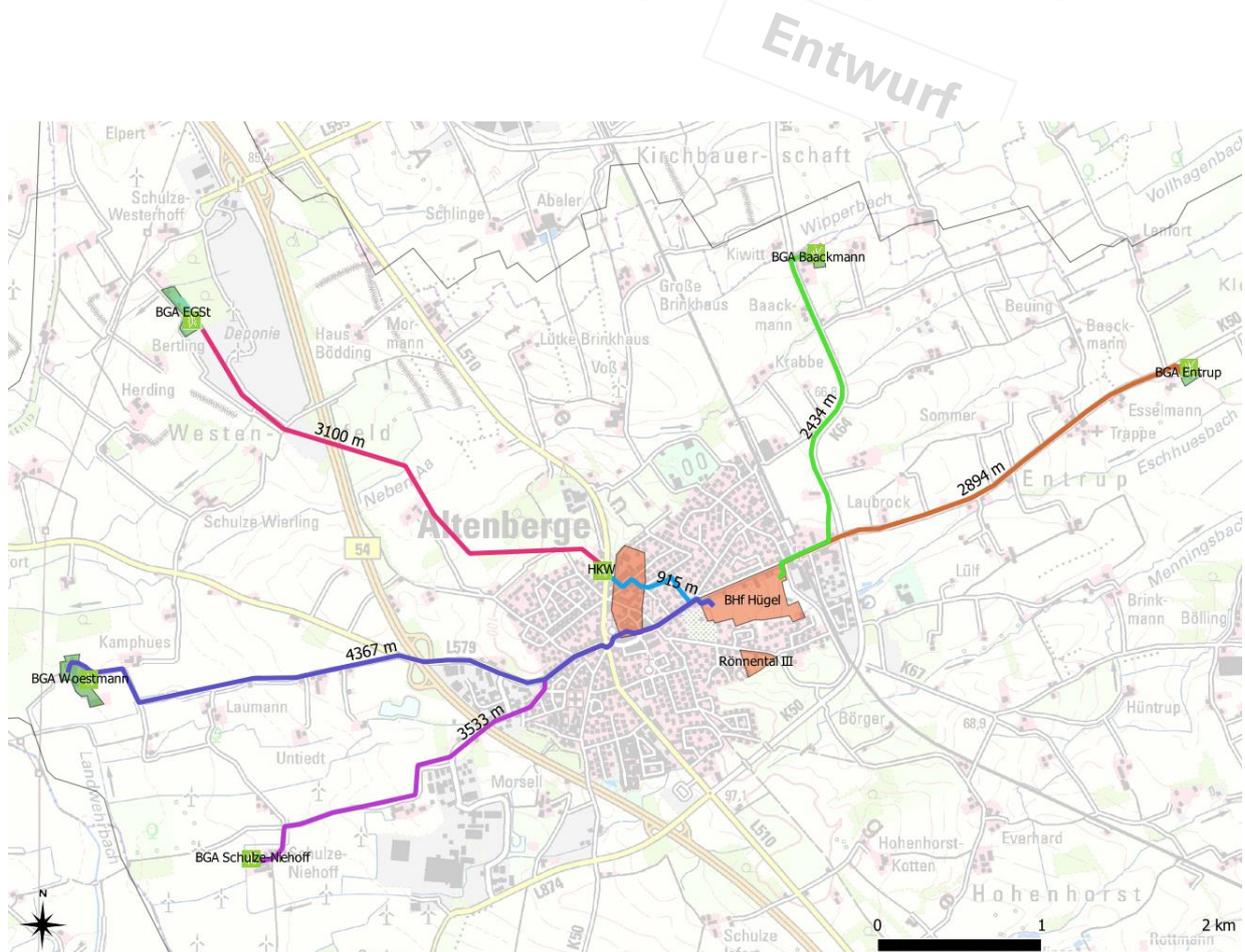


Abbildung 6 Biogasanlagen in Altenberge mit Entfernung zum Baugebiet

Die Anlagen Westmann und Schulze-Niehoff liegen ungünstig im Westen in größerer Entfernung. Am Ende der Strecke müsste die Gasleitung durch bebauten Gebiet geführt werden, dies ist wirtschaftlich kaum umsetzbar, die Gastransportkosten würden sehr hoch ausfallen.

Die Anlage Baackmann liegt zwar noch näher als Entrup, ist aber aufgrund ihrer Größe nicht so gut geeignet, sie hat lediglich 251 kW elektrische Leistung. Sie kann zudem noch bis 2030 mit hoher EEG-Vergütung weiter betrieben werden und hat von daher mittelfristig keinen Bedarf an alternativer Verwendung des Biogases.

4.3 Erdsondenfeld und kalte Nahwärme

Das System der kalten Nahwärme wird vor dem Hintergrund der zukünftigen Verbesserung des Strommixes oder des jetzt schon möglichen Bezugs von Ökostrom vielfach als tendenziell klimaneutral angesehen.

Aus Gutachtersicht ist dieses System in den nächsten 10 bis 15 Jahren noch kein guter Beitrag zur Klimaneutralität, die Verwendung von Strom als Energieträger von Heizsystemen erhöht zunächst die jährliche Laufzeit der fossilen Kraftwerke in Deutschland mit einem Schwerpunkt auf den Braun- und Steinkohlekraftwerken. Gerade dann, wenn die CO₂-Emissionen nicht nur statisch mit Bezug auf ein Zieljahr, sondern auch unter dem Budget-Aspekt im zeitlichen Verlauf betrachtet werden, sollte zuerst der Strommix verbessert werden und erst danach mit Strom geheizt werden.

Aufgrund des allgemeinen Interesses und positiver Bewertung der kalten Nahwärme wird hier untersucht, ob das Potenzial des Grünzugs und der kalte Nahwärmeleitungen in den Straßen ausreichend sein könnte, um das Gebiet zu versorgen.

Der Geologische Dienst Nordrhein-Westfalen macht für die allgemeine Ergiebigkeit die folgenden Angaben.

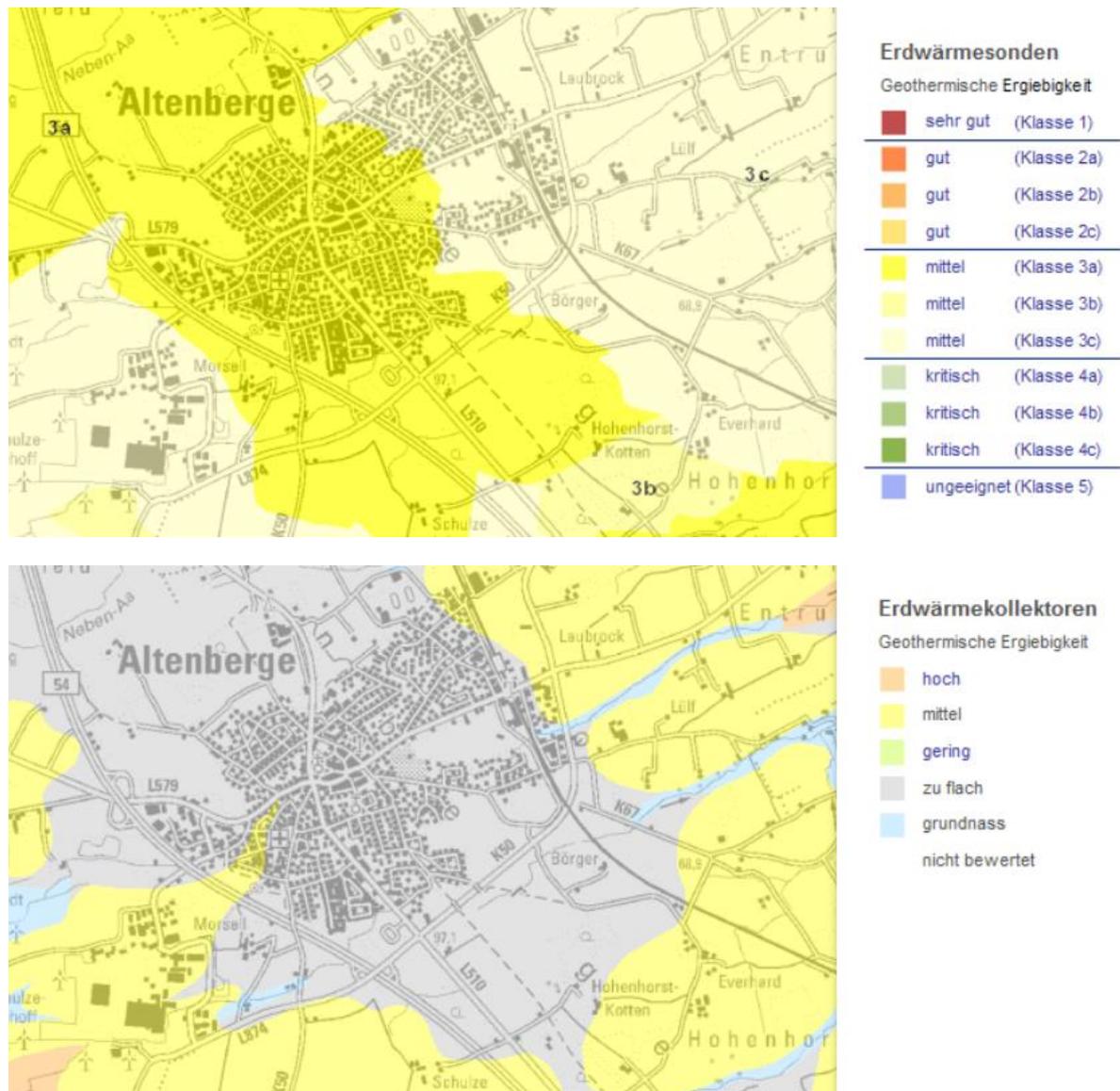


Abbildung 7 geothermisches Potenzial Altenberge mit Bahnhofshügel

Die Erdkolektor-Eignung wird für den Bahnhofshügel einheitlich als „zu flach“ klassifiziert. Das Verlegen von Erdkolektoren ist somit nicht möglich bzw. die Ergiebigkeit ist eindeutig zu gering für den sinnvollen Betrieb.

Die Erdsonden-Eignung wird als mittel gewertet, wobei der westliche Rand mit dem Caritas-Grundstück der Klasse 3a und der übrige Teil der Klasse 3c zugeordnet wird.

Die Entzugsleistung wird für die Klasse 3c mit 82 bis 89 kWh/m.a für 1.800 h/a Nutzungsstunden angegeben. In den folgenden Berechnungen wird ein mittlerer Wert von 86 kWh/m.a in Ansatz gebracht.

Entwurf

Die Grünflächen des städtebaulichen Entwurfs werden als Potenzialfläche zugrunde gelegt, die Erdwärmesonden werden in einem Abstand von 12 m angeordnet. Der vorhandene Baumbestand wird nicht einbezogen, die Bohrungen in direkter Nähe und Wurzelraum sowie die Verlegung der horizontalen Verbindungsleitungen sollte vermieden werden. Auch der Eschhuesbach wird als Ausschlussfläche betrachtet, in seinem Umfeld sollten keine Bohrungen stattfinden.

Die Bohrungen im abgegrenzten Gebiet können auch direkt an der Grenze der Potenzialfläche stattfinden, sie erschließen dann eine etwas erweiterte Fläche mit einem 6 m-Puffer.

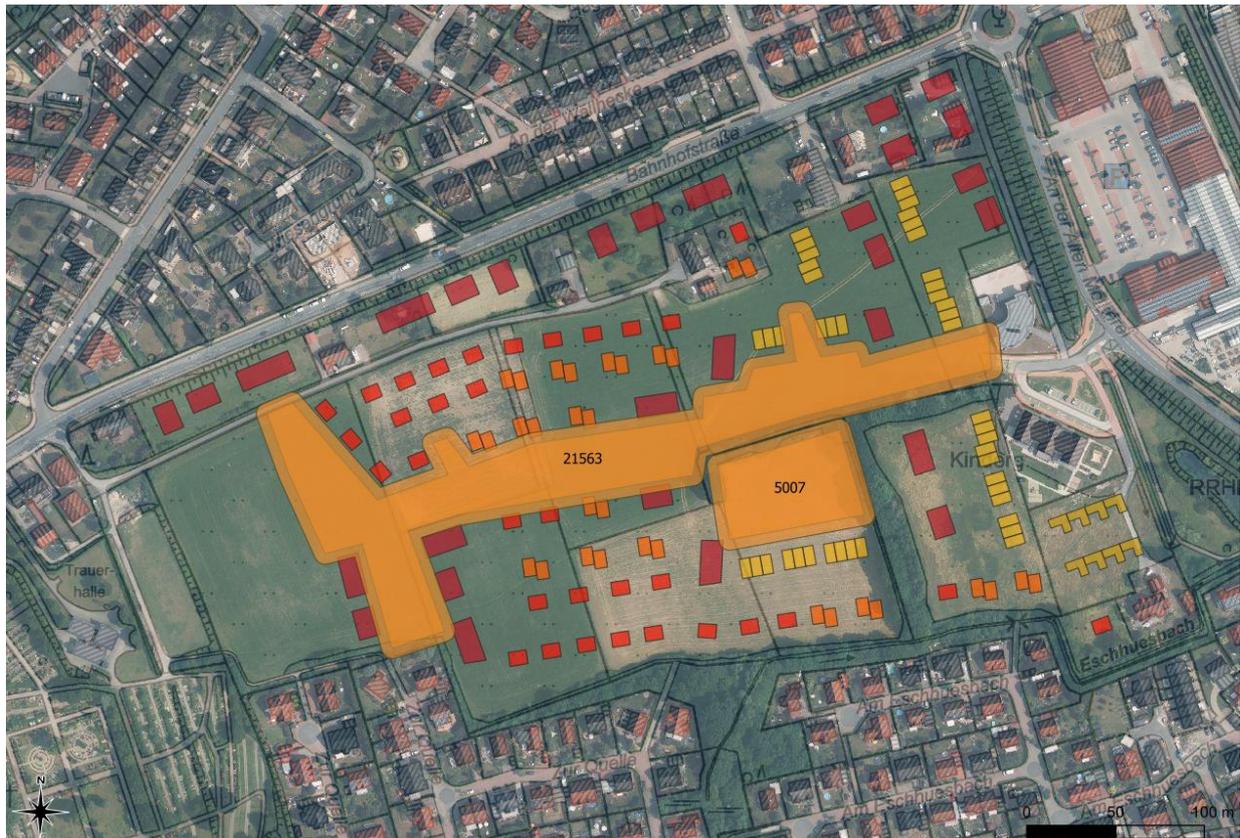


Abbildung 8 Potenzialflächen für Erdsonden

Beide Flächen (inkl. Puffer) haben zusammen 26.570 m². Bei einem Raster-Abstand von 12 m lassen sich insgesamt 185 Sonden unterbringen.

Fläche für Sondenfeld	m ²	26.570		
Abstand Sonden	m	12		
Fläche je Sonde	m ²	144		
Sonden	Anz.	185		
spezifische Entzugsarbeit	kWh/m ² .a	85,5		
Bohrtiefe	m	100		
Entzugsarbeit	MWh/a	1.578		
Arbeitszahl Wärmepumpen	-	4,0		
Strombedarf	MWh/a	526		
Potenzial Wärmeabgabe	MWh/a	2.103		
		KfW 55	KfW 40	Mix 40/60
Bedarf Neubauten	MWh/a	1.652	1.446	1.528
Deckungsgrad	%	127%	146%	138%
Anzahl Sonden für 100%	Anz.	145	127	134

Tabelle 7 Potenzial Sondenfeld und erzielbarer Deckungsgrad

Das Potenzial im Grünzug ist mehr als ausreichend. Es werden nur ca. 2/3 der möglichen 185 Sonden benötigt. Die nicht isolierten Rohrleitungen der kalten Nahwärme gewinnen zusätzlich zu den Sonden ebenfalls geothermische Energie aus der oberen Schicht des Erdreichs und können einen zusätzlichen Beitrag zur Energiegewinnung aus Umgebungswärme liefern.

Entwurf

4.4 ausgewählte Optionen

Die Voraussetzungen für kalte Nahwärme sind im Plangebiet gegeben, so dass dieses System einbezogen werden kann. Daneben werden als Erzeugungsanlagen für ein konventionelles Heißwassernetz die folgenden Systeme ausgewählt, die sich in der Auslegung der Grundlast und dem Anteil der Erneuerbaren Energien unterscheiden. Die Biogas-KWK-Variante wird mit lokalem Biogas versorgt. Falls die Heranführung nicht möglich sein sollte, kann als Rückfallvariante auf virtuelles Biomethan aus dem Erdgasnetz zurückgegriffen werden.

Als Referenz-Systeme werden in den anschließenden Vergleichsrechnungen die im Neubau verbreiteten Systeme Erdgasheizung mit Solarthermie sowie die Luftwärmepumpe mitgeführt.

Option der Wärmeerzeugung	Vor- und Nachteile	KfW 55 EE KfW 40 EE
Biogas-BHKW und Spitzenlast über fossiles Erdgas	40% Förderung des Nahwärmenetzes nach KWK-G oder nach BEW für alle Systemkomponenten Biogas als Erneuerbare Energie Aufwand für die Rohbiogasleitung und Substrate Spitzenlast fossil	ja
Biogas-BHKW und Spitzenlast über Holzpelletkessel	40% Förderung des Nahwärmenetzes nach KWK-G oder nach BEW für alle Systemkomponenten Biogas als Erneuerbare Energie Aufwand für die Rohbiogasleitung und Substrate Spitzenlast erneuerbar	ja
Holzpelletkessel mit ca. 90% EE-Anteil (fast monovalent, Gaskessel nur für extreme Stark- und Schwachlast und Reserve)	Holz als Erneuerbare Energie 90% zur Zeit höherer Brennstoffpreis, langfristig höhere Preisstabilität als bei Erdgas anlagentechnischer Aufwand Abgasreinigung	ja
kalte Nahwärme	voraussichtlich 40% der Investitionen des gesamten Systems nach BEW, zunächst Betrieb mit BRD-Strommix 40-50% EE-Anteil, später mit wesentlich höherem Anteil, abhängig den Entwicklungen im Strommarkt	ja
low-ex-Netz mit zentraler Wärmepumpe und Erdsondenfeld	voraussichtlich 40% der Investitionen des gesamten Systems nach BEW, zunächst Betrieb mit BRD-Strommix 40-50% EE-Anteil, später mit wesentlich höherem Anteil, abhängig den Entwicklungen im Strommarkt	ja

5 Detaillierte Beschreibung der ausgewählten Optionen

5.1 Biogas-BHKW und Spitzenkessel Erdgas

5.1.1 Wärmeerzeugung

Die Dimensionierung zielt darauf ab, über einen hohen KWK-Anteil der Erzeugung positive Umweltwirkungen zu erzielen und eine Förderung nach KWKG 2020 für die Netzinvestitionen zu erhalten. Dies ist ab 75% KWK-Anteil möglich.

(Die Förderung nach BEW ist noch nicht sicher kalkulierbar. Unter Umständen kann hier die gesamte Anlagentechnik der Erzeugung inkl. Netz und Kundenanlagen mit ca. 40% förderfähig werden. Der geforderte Anteil von 55% erneuerbarer Energie in der Erzeugung ist erfüllt.)

Die BHKW-Gesamtleistung wird auf zwei Module unterschiedlicher Größe aufgeteilt, um im Teillastbereich günstiger betrieben werden zu können. Das eine hat eine elektrische Leistung von 50 kW und eine Wärmeleistung von 90 kW, das zweite 80 kW_{el} und 136 kW_{th}. Anhand der Dauerlinie des Wärmebedarfs kann ein KWK-Anteil an der Netzeinspeisung von 82% erzielt werden. Die Volllaststundenzahl liegt bei 6.623 h/a.

Die Spitzenlastabdeckung erfolgt über einen Erdgaskessel, d.h. aus einem fossilen Energieträger.

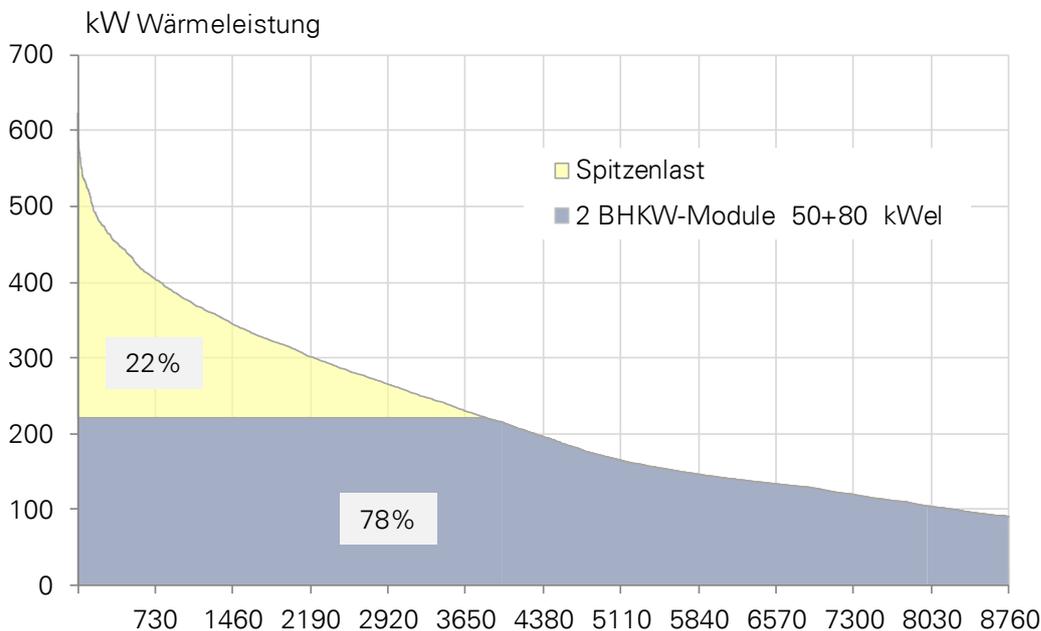


Abbildung 9 Jahresdauerlinie mit BHKW und Spitzenlastkessel

Der erzeugte Strom kann zu geringen Anteilen für Hilfsenergie verwendet werden, dies ist quantitativ aber ohne Relevanz. Der Strom muss in das öffentliche Netz eingespeist werden. Es gibt zwei Wege für die Vergütung dieser Einspeisung, das KWKG und das EEG.

Entwurf

Der Einsatz von Biomethan in BHKWs war im EEG 2012 durch sehr hohe Vergütungen begünstigt. Mit dem EEG 2014 hat sich diese Situation grundlegend geändert. Die zusätzlichen Einsatzstoffvergütungen sind vollständig entfallen.

Für Anlagen der hier betrachteten Größenordnung gibt es anstelle einer effektiven Gesamtvergütung von früher mehr als 20 ct/kWh nur noch 12 bis 13 ct/kWh.

Bis zur Anlagenleistung von 100 kW_{el} kann nach EEG 2021 eine Einspeisevergütung beansprucht werden. Der sogenannte anzulegende Wert liegt nach § 42 ohne Degression bei 12,8 ct/kWh und ist nach § 53 nochmals um 0,2 ct zu reduzieren. Als effektive Vergütung mit Degression kann bei Inbetriebnahme in 2022 oder 2023 ein Wert von 12,47 bzw. 12,54 ct/kWh in Ansatz gebracht werden.

Bei den hier unter Wärmeaspekten ausgewählten beiden Modulen von 50 und 80 kW liegt die Summenleistung bei 130 kW_{el}. Die Direktvermarktung ist hier verpflichtend. Die effektiv erzielbare Vergütung liegt in der gleichen Größenordnung. Die Reduktion um 0,2 ct nach § 53 entfällt, dies ist aber Richtwert für die Dienstleistung Direktvermarktung ebenfalls in Ansatz zu bringen.

5.1.2 Nahwärmeverteilung

Die Verteilung der Wärme erfolgt über ein konventionelles Nahwärmenetz mit Kunststoffmantelrohr. Das Mediumrohr ist aus Stahl. Die Verwendung von Kunststoffmediumrohr ist auch möglich, bringt aber gewisse Probleme hinsichtlich Sauerstoffdiffusion, nachfolgend Korrosion in vor- und nachgelagerten Bauteilen sowie insgesamt hinsichtlich der technischen Lebensdauer mit sich.

Die Temperaturen im Netz liegen im Vorlauf mindestens bei 75 °C, damit die Warmwasserversorgung der angeschlossenen Gebäude ohne zusätzliche dezentrale Nachheizung mit allen üblichen Systemen möglich ist. Auch bei zentraler Trinkwasserspeicherung mit Zirkulation können die hygienisch erforderlichen Temperaturen aus dem Nahwärmesystem bereitgestellt werden. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf als Auslegungsparameter zur Bestimmung der Nennweite wird mit 40 K in Ansatz gebracht.

Die Voraussetzungen für eine Förderung des Nahwärmenetzes nach KWKG sind mit der Überschreitung der im KWKG geforderten 75% erfüllt. Die frühere Fassung des KWKG beinhaltete noch einen Festbetrag von 100 €/m Trassenlänge. Nach der Novellierung wurde dieser Festbetragszuschuss aufgehoben und auf eine prozentuale Förderquote von 40% umgestellt. Dies wird im Folgenden zugrunde gelegt. Die seit 08/2020 bestehenden beihilferechtlichen Vorbehalte der EU² sind im Dezember 2020 ausgeräumt worden, die Regelungen zur Förderung sind 1.1.2021 wirksam geworden.

5.1.3 Wärmeübergabe an die Gebäude

Die einzelnen Gebäude werden über eine indirekte Übergabestation mit Wärmetauscher an das Netz angeschlossen. Das in den Gebäuden zirkulierende Heizungswasser ist vom Heizungswasser des Nahwärmenetzes hydraulisch getrennt. Schäden oder Installationsfehler in einem Gebäude haben keine Rückwirkungen auf das Netz.

² https://www.asue.de/aktuelles_presse/eeg_2021_mit_aenderungen_auch_am_kwkg_2020, 26.03.2021 11:17

5.2 Biogas-BHKW und Holzpelletkessel

Diese Variante ist technisch weitgehend identisch mit der vorigen Variante – der Spitzenlastkessel wird jedoch mit Holzpellets statt mit Erdgas betrieben. Die BHKW-Auslegung kann bei mit EE-betriebener Spitzenlastanlage reduziert werden, da die Holzverbrennung – anders als die Verbrennung von Erdgas – für die CO₂-Bilanz unschädlich ist. Der Holzpelletkessel deckt auch den Mittellastbereich mit ab.

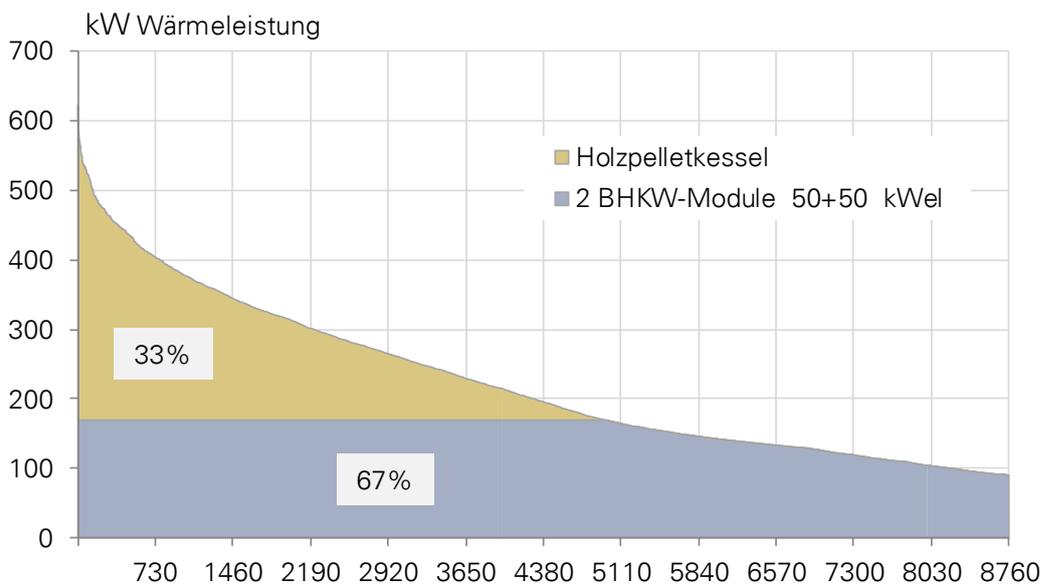


Abbildung 10 Jahresdauerlinie mit BHKW und Holzpelletkessel

5.3 Holzpelletkessel

Heizzentralen mit Holzpelletkesseln können als bivalent oder monovalent konzipiert werden. Bivalent bedeutet, dass die Grundlast mit 50% bis 80% der Netzeinspeisung als Holz stammt und der Rest aus einem Erdgaskessel. Monovalent bedeutet im Extremfall, dass kein zweites System installiert wird. Praktisch wird jedoch zur Sicherheit, als Reserve im Stör- oder Wartungsfall, oder für die Schwachlastphasen ohne oder mit geringer Raumheizung auch bei monovalenter Auslegung ein Gaskessel zusätzlich installiert.

Es wird eine Anlage mit zwei verschiedenen großen Holzpellet-Kesseln von 120 kW und 180 kW vorgesehen. Holzpelletkessel können in Teillast weiter abgesenkt werden als BHKW-Module. Rein theoretisch kann der kleinere Kessel bis auf die Minimallast des Wärmebedarfs heruntergefahren werden. Im Sommer, wenn nur Warmwasser und Netzverluste zu versorgen sind, wird der Kessel dennoch takten. Es ist ein Pufferspeicher vorgesehen, der die Häufigkeit des Taktens begrenzt und die Regelfähigkeit verbessert. Der Spitzenlastabdeckung, hier nur 7% der Jahreswärmeerzeugung, dient ein Erdgaskessel.

Entwurf

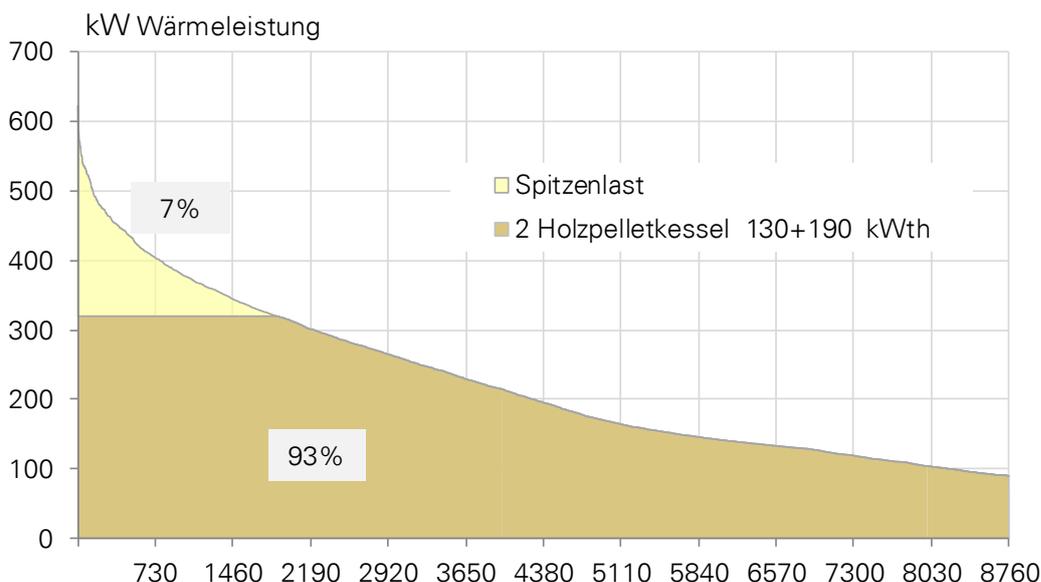


Abbildung 11 Jahresdauerlinie mit Holzpelletkessel

5.4 Erdsondenfeld und kalte Nahwärme

5.4.1 Wärmeerzeugung bzw. -gewinnung

Die Wärmegewinnung aus dem Erdreich erfolgt über Erdsonden, da das Gebiet nach Angaben des geologischen Dienstes für die Flachkollektornutzung nicht so gut geeignet ist. Die Ergiebigkeit liegt nach erster Einschätzung bei 86 kWh jährlich pro Meter bzw. als Leistung 48 W/m. Aus einer 100 m tiefen Sonde lassen sich 8,6 MWh/a gewinnen bzw. als Leistung 4,8 kW. Für die Vollversorgung sind 126 Sonden ausreichend.

Die Angaben zur Ergiebigkeit sind mit Unsicherheiten behaftet und müssen durch Probebohrungen mit GRT sowie dann später auch im realen Betrieb verifiziert werden. Wenn die Ergiebigkeit höher ist kann man auf eine gewisse Zahl von Sonden verzichten, wenn sie niedriger ist, muss die Zahl erhöht werden. Mit dem allmählichen Ausbau des Gebietes kann hier flexibel reagiert werden. Auch die Kühlung der Gebäude kann durch Regeneration des Sondenfeldes zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit beitragen.

5.4.2 Erdwärmeverteilung

Die Wärmeverteilung erfolgt über nicht isolierte Rohrleitungen der kalten Nahwärme mit Vor- und Rücklaufleitung. Das Rohrmaterial ist Kunststoff, ähnlich wie bei Gas- und Wasserleitungen. Das Netz hat eine Nebenfunktion als Wärmequelle wie ein flach verlegter Erdkollektor. Erfahrungsgemäß gewinnt man je Trassenmeter ca. 12 kWh/a, wobei der Gewinn an kalten Tagen im Winter gering ist, wenn Bodenfrost sich in die Tiefe ausbreitet.

Das Netz kann mit Wasser oder mit Sole betrieben werden. Der Nachteil von Wasser ist die Gefahr der Eisbildung. Sobald an den Wärmetauscherflächen der Wärmepumpen eine Eisbildung stattfindet, bricht der Wärmeübergang weitgehend zusammen und die Wärmepumpe heizt nicht mehr.

Die Verwendung von Sole verhindert dies, bringt aber über schlechtere Wärmeeigenschaften des Trägermediums Nachteile in der Leistung bzw. höhere Durchflussraten und Pumpstromaufwände mit sich.

Wenn ein kaltes Nahwärmenetz weit über dem Nullpunkt betrieben wird, weil z.B. Abwärme über 20 °C aus einem Industriebetrieb verfügbar ist, kann Wasser eingesetzt werden. Im Gebiet Bahnhofshügel wird man Sole verwenden müssen.

Die Temperaturen im Netz liegen im Vorlauf bei ca. 10 °C und im Rücklauf bei 6 bis 4 °C. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf als Auslegungsparameter zur Bestimmung der Nennweite wird mit 5 K in Ansatz gebracht. Aus der geringen Spreizung ergeben sich wesentlich größere Nennweiten als bei einem konventionellen Hochtemperatur-Wärmenetz.

Für die Umwälzung der kalten Nahwärme sind zwei Varianten denkbar:

Zentral: Es wird eine zentrale Pumpenstation eingesetzt. Diese sammelt die Erdwärme aus den Sonden und ggfs. auch aus den Zuleitungen und verteilt sie über das Versorgungsnetz, das als Strahlennetz ausgeführt ist. Die Berechnung der Netz-Nennweiten auf den einzelnen Abschnitten ist einfach über Summe der Leistungen auf den Strangabschnitten möglich.

Dezentral: Die zur Umwälzung benötigte Energie wird beim Abnehmer eingesetzt. Die Einspeisung der Erdsonden-Wärme erfolgt an mehreren Punkten, die eine Funktion als Verteilerstationen wahrnehmen. Das Netz wird ringförmig und vermascht ausgeführt werden. Die Berechnung der Netz-Nennweiten auf den einzelnen Abschnitten ist mit einfachen Mitteln nicht mehr möglich, die Dimensionierung ist auf der Konzeptebene überschlägig mit Sicherheitszuschlägen vorzunehmen.

Es wird hier die dezentrale Variante mit vier Verteilerstationen zugrunde gelegt.

5.4.3 Wärmepumpen in den Gebäuden

In den einzelnen Gebäude sind vom Betreiber des Netzes oder dem Eigentümer Wärmepumpen zu installieren, die das Niveau der Erdwärme (ca. 10 °C im Vorlauf, Rücklauf 6-4 °C) anheben auf den jeweiligen Bedarf, ca. 35 °C für die Raumheizung mit Fußbodenheizung oder anderen Flächenheizungssystemen oder 40 bis 60 °C für die Trinkwassererwärmung.

Wenn der Netzbetreiber die Wärmepumpen installiert und in seinem Eigentum behält, sind sie Teil des Gesamtsystems kalte Nahwärme und im Rahmen der BEW förderfähig. Diese Betreibervariante ist auch aus anderen Gründen zu bevorzugen, z.B. aus regelungstechnischen Gründen mit zentralem Zugriff auf alle Wärmepumpen und auch Vorteilen bei der Beschaffung und Wartung.

Der Strom zu Antrieb der Wärmepumpen wird nicht vom Netzbetreiber, sondern vom Hausbesitzer bereitgestellt. Er hat so die Möglichkeit, eigenerzeugten PV-Strom in größerem Umfang selbst zu nutzen. Dies gilt auch für die Mehrfamilienhäuser mit PV-Anlagen über 10 kW_p. Die alte 10 kW_p-Grenze mit voller EEG-Befreiung wurde mit dem EEG 2021 auf 30 kW_p angehoben.

5.5 Alternative: Erdsondenfeld und low-ex-Netz

Eine Alternative zum kalten Nahwärmenetz mit dezentralen kleinen Wärmepumpen ist das low-ex-Netz mit zentraler Groß-Wärmepumpe. In einem low-ex-Netz werden die Temperaturen soweit abgesenkt, dass die Heizenergie mit 38 - 45 °C Vorlauf aus dem Netz bezogen werden kann. Nicht alle Warmwassersysteme sind mit diesen Temperaturen ausreichend zu versorgen. Frischwasserstationen mit kurzen Leitungswegen zu den Zapfstellen sind in Einfamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern eine praktikable

Entwurf

hygienisch zulässige Lösung, auch wenn die Konzeption der kalten und warmen Trinkwasserinstallation mit besonderer Sorgfalt zu erfolgen hat. In Nichtwohngebäuden und Mehrfamilienhäusern mit Zirkulationsleitungen muss unter Umständen ein zusätzlicher Aufwand zu Sicherstellung der Legionellensicherheit getroffen werden.

Nachteil der zentralen Wärmepumpe ist die Erfordernis, alle Solemenge aus dem Sondenfeld an einer Stelle zu sammeln und über ein hierarchisches Sammelnetz der Heizzentrale zuzuführen. Ein weiterer Nachteil sind die Netzverluste des low-ex-Netzes, die zwar deutlich geringer sind als die eines Hochtemperatur-Netzes mit 70-80 °C im Vorlauf, aber dennoch die Energiebilanz verschlechtern.

Diese Variante wird hier nicht weiter verfolgt.

5.6 Referenzsysteme

Um eine Orientierung im Vergleich mit den üblichen Systemen zu ermöglichen, werden in den folgenden Variantenvergleichen immer die beiden Systeme Erdgasheizung/Solarthermie und die Luftwärmepumpe mitgeführt.

6 Energie- und Umweltbilanz

Vor dem Hintergrund der Entscheidungsfindung über die Errichtung eines Nahwärmenetzes steht die Betrachtung der damit verbundenen Anwendungen Raumheizung und Warmwasser im Vordergrund.

Die zusätzliche Einbeziehung des Stromverbrauchs für normale Nutzeranwendungen, die u.U. durch Ladestrom für Elektro-Autos gesteigert werden, und die Einbeziehung der PV-Strom-Eigenerzeugung schließt sich an. Damit wird die Energiebilanz des Gebietes vervollständigt.

6.1 Raumheizung und Warmwasser

Der Endenergieeinsatz der betrachteten Systeme wird zur Erstellung der CO₂-Bilanz mittels energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren in jährlich verursachte Mengen von Treibhausgasen umgerechnet. Es handelt sich hier um sog. CO₂-Äquivalente, die auch weitere Treibhausgase gewichtet in ihrer Wirkung gewichtet mit abbilden. Die Primärenergiefaktoren sind in [Tabelle 8](#) ebenfalls ergänzend nur zur Information aufgeführt. Sie sind für öffentlich-rechtliche Nachweise erforderlich, eine Primärenergiebilanzierung erfolgt in diesem Konzept nicht.

Die Emissionsfaktoren sind aus dem GEG entnommen³. Die hier nicht relevanten Energieträger sind grau kursiv dargestellt zum Vergleich.

	als Äquivalent	GEG
endenergieverbrauchsbezogen	CO _{2e}	PE-Faktor
Energieträger	kg/MWh	-
Erdgas Kessel	240	1,1
<i>Erdgas KWK</i>	<i>240</i>	<i>1,1</i>
<i>Biomethan KWK</i>	<i>140</i>	<i>0,5</i>
Biogas lokal	75	0,3
Wärmepumpenstrom dezentral	560	1,8
Holz-Pellets	20	0,2
Solarthermie	0	0,1
Hilfsstrom Wärmenetze	560	1,8
Stromerzeugung	-860	-2,8

Tabelle 8 CO₂-Emissionsfaktoren des GEG

Die für die Wärmeversorgungssysteme ermittelten CO₂-Emissionen werden umgelegt auf die zu beheizende Wohnfläche, so dass auch bei unterschiedlichen Dämmstandards eine Vergleichbarkeit gegeben ist. Der so ermittelte Kennwert kann weiterhin in Bezug gesetzt werden zu den Anforderungen, die im Leitfaden des Landes NRW an Klimaschutzsiedlungen gestellt werden. In diesem Leitfaden liegt der Grenzwert bei 9 kg/m²a. Dieser Wert gibt nur eine grobe Orientierung, da die zugrundeliegenden Faktoren des schon älteren Leitfadens von denen aus [Tabelle 8](#) abweichen.

³ Abweichend davon könnte der Wärmepumpenstrom auch mit dem hohen Emissionsfaktor für den Verdrängungsmix bewertet werden. Das Lastprofil des Wärmepumpenstroms spricht eher für den Kohle-dominierten Verdrängungsmix-Faktor, auch wenn der Gesetzgeber diese Zuordnung im GEG nicht vornimmt.

Entwurf

Die Darstellung der Ergebnisse der Emissionsberechnung mit den GEG-Faktoren wird ergänzt um eine Darstellung der Berechnung mit zukünftig zu erwartenden Faktoren. Änderungen sind im Strom-Mix zu erwarten, mit Kohleausstieg und weiterer Erhöhung des Anteils erneuerbaren Energien.

Exakte Prognosen der Emissionsfaktoren liegen nicht vor. Es wird hier davon ausgegangen, dass der Strommix-Faktor von 560 g/kWh auf 250 g/kWh absinkt und Verdrängungs-Faktor von 860 g/kWh (mit hohem Kohleanteil) auf 400 g/kWh (nur noch Erdgasverdrängung) absinkt.

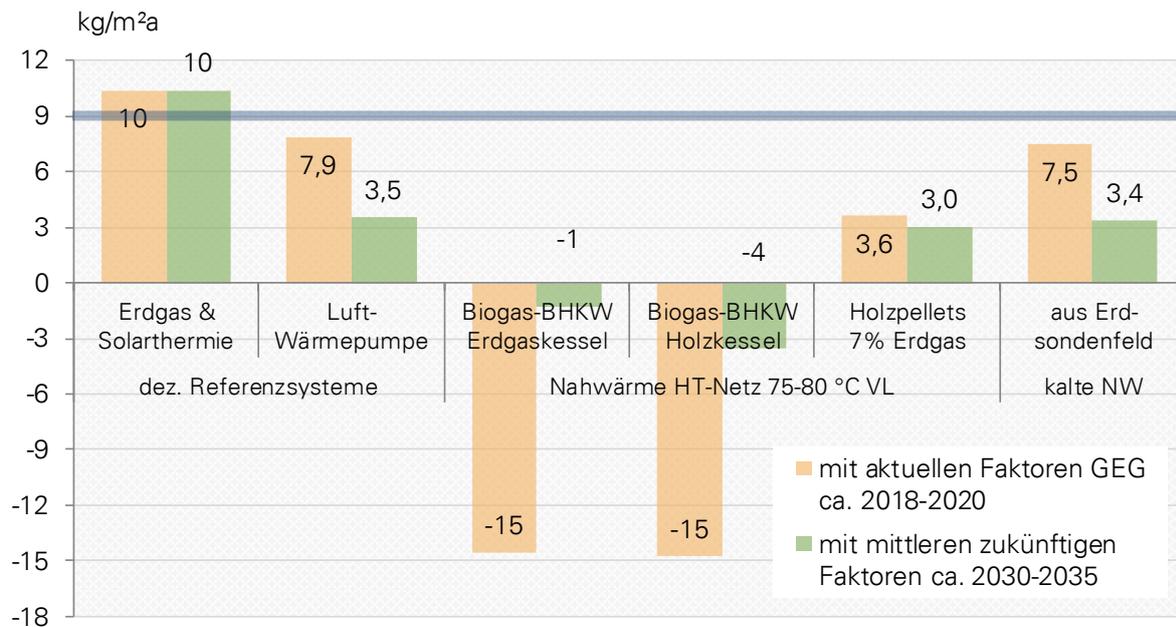


Abbildung 12 wohnflächenbezogene CO₂-Emissionen zu Beginn und am Ende der Betriebsphase

Die strombasierten Wärmepumpen-Systeme verbessern sich deutlich gegenüber den Systemen mit Kraft-Wärme-Kopplung und Stromverdrängung. Die extremen Unterschiede reduzieren sich stark, wobei die Biogas-BHKW-Varianten immer noch die geringsten CO₂-Emissionen verursachen.

6.2 Stromverbrauch und PV-Eigenerzeugung

Die vollständige Energie- und Umweltbilanz eines neuen Baugebietes umfasst nicht nur die Wärmeversorgung, sondern auch den stationären Stromverbrauch für die übrigen Anwendungen (früher bezeichnet als Licht&Kraft) sowie die dezentrale Stromerzeugung, die heute fast ausschließlich über Dachflächen-PV erfolgt.

Für den Klimaschutz relevant sind in hohem Maße auch die Mobilität und der private Konsum. Art und Umfang der in diesen Sektoren verursachten THG-Emissionen unterliegen vorwiegend der persönlichen, individuellen Entscheidung, der kommunale Einfluss bei der planerischen Entwicklung eines Baugebietes ist sehr begrenzt.

In diesem Bericht wird der Stromverbrauch und die PV-Eigenerzeugung bilanziell ergänzt.

6.2.1 Stromverbrauch

Der in Abschnitt 3.2 ermittelte Verbrauch beträgt 814 MWh/a für die üblichen Haushaltsanwendungen und zusätzlich 468 MWh/a für den voraussichtlichen Bedarf der Beladung von Elektroautos, wenn diese sich zukünftig weitgehend gegenüber den Benzin und Diesel-Fahrzeugen durchgesetzt haben werden.

Der Strombedarf wird hinsichtlich der CO₂-Emissionen als Bezugs-Mix gemäß GEG bewertet, unabhängig davon, ob manche der zukünftigen Bewohner Ökostromverträge abschließen werden.

Die CO₂-Emissionen des Plangebietes erhöhen sich um 718 t/a, wenn man den aktuellen Emissionsfaktor von 560 g/kWh nach GEG verwendet, und um 321 t/a, wenn man einen zukünftigen Mix-Faktor von 250 g/kWh zugrunde legt.

	Strom Endenergie MWh/a	2020 GEG		2020 GEG	
		CO ₂ e	CO ₂ e	CO ₂ e	CO ₂ e
		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
		kg/a	kg/m ² a	kg/a	kg/m ² a
Strom L&K	814	456.053	14,7	203.595	6,6
Strom E-Auto	468	262.181	8,4	117.045	3,8
gesamt	1.283	718.233	23,1	320.640	10,3

Tabelle 9 CO₂-Emissionen durch Stromverbrauch

In der folgenden Abbildung sind die wärmebedingten Emissionen und stromverbrauchsbedingte Emissionen aufsummiert dargestellt. Es sind in der Berechnung für beide Komponenten die Prognosefaktoren für Strom zugrunde gelegt.

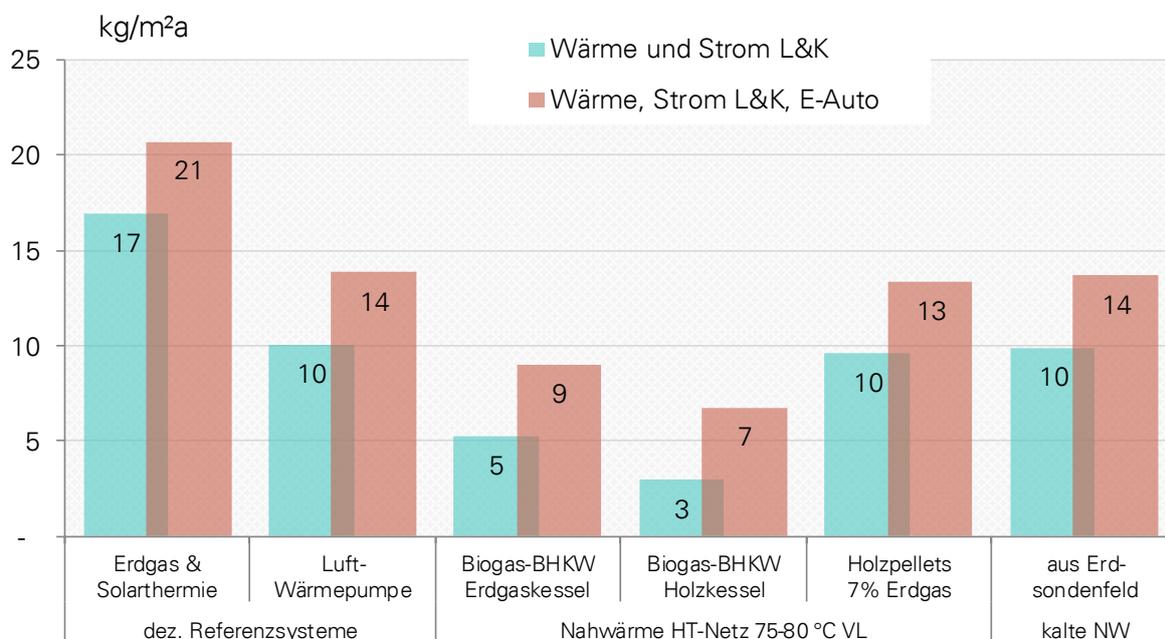


Abbildung 13 wohnflächenbezogene CO₂-Emissionen inkl. Stromverbrauch

Entwurf

6.2.2 PV-Eigenerzeugung

Wenn PV-Anlagen errichtet werden, richtet sich die Auslegung nach verfügbarer Dachfläche, Möglichkeiten zum Eigenverbrauch sowie der Verfügbarkeit finanzieller Mittel beim Investor. Wenn die Anforderung des Standards KfW 40plus herangezogen wird, gilt als Mindestgröße 500 kWh/WE zuzüglich 10 kWh/m² Gebäudenutzfläche (Fläche A_N nach EnEV bzw. GEG).

Aus dem Plan der Gebäudestrukturen erfolgt die Ableitung der Dachflächen und eines darauf maximal realisierbaren Potenzials.

Die weiteren Aspekte lassen sich kaum quantifizieren, ersatzweise kann die Statistik realisierter Anlagen⁴ herangezogen werden. Die Größenordnung kleiner Anlagen (unter 10 kW, in der Statistik noch die Grenze des begünstigten Eigenverbrauchs nach EEG) lag in den letzten Jahren zwischen 4 und 8 kW_p, mit leicht ansteigender Tendenz. Es wird ein Wert von 6,5 kW_p für die erwartete Leistung zugrunde gelegt und nach Wohnfläche der Gebäude differenziert.

Die im städtebaulichen Entwurf vorgesehene flächensparende Bauweise führt zu vergleichsweise kleinen Grundflächen und bei Flachdächern zu gleich großen Dachflächen. Bei Satteldächern gibt es über die Schrägstellung einen gewissen Flächengewinn, bei 15° Neigung +3,5%, bei 30° +15% und bei 45° +41%. Je steiler das Dach wird, desto ungünstiger ist aber auch die Nutzungsmöglichkeit der Sonnenabgewandten Dachseite. Bei den Staffelgeschossen ist die Flachdachfläche nochmals um den Terrassenbereich zu reduzieren.

Bei den Mehrfamilienhäusern ist die Eigennutzung des PV-Stroms nur über aufwändig zu organisierende Mieterstrommodelle möglich, auch wenn die alte 10 kW-Grenze hier nicht mehr von Bedeutung ist. Hier und beim Caritas-Gebäude werden weitere Abschläge in Ansatz gebracht.

Die Anforderung KfW 40plus wird über die Gebäudeflächen (mit Anwendung der vorgegebenen Formel) quantifiziert.

Gebäude	PV-	PV-	PV-	PV-	PV-	PV-
-Typ	Leistung	Leistung	Leistung	Leistung	Leistung	Leistung
-	max.	Ø statist.	KfW40+	max.	Ø statist.	KfW40+
-	kWp/Geb	kWp/Geb	kWp/Geb	kWp	kWp	kWp
EFH	6,4	6,5	2,4	211	215	81
DHH	5,6	5,7	2,2	179	182	71
RH	5,3	5,8	2,2	232	256	99
GHH	6,2	5,0	2,0	50	40	16
MFH	11,4	15,1	12,0	331	439	349
Caritas	100,7	111,2	90,6	101	111	91
Summe Wohngebiet	-	-	-	1.004	1.131	615
zuzüglich Caritas				1.105	1.243	706

Tabelle 10 Abschätzung der zu installierenden Leistung von PV-Anlagen

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass im Fall der Installation von PV-Anlagen zusammen 1.004 kW im Wohngebiet installiert werden. Dieser Wert liegt unter dem Wert, der nach dem statistischen Durchschnitt der Anlagengrößen zu erwarten wäre. Ursache ist die oben benannte flächensparende Baustruktur.

⁴ Amprion-Gebiet, Stichprobe kleine Gemeinden im Münsterland

Die Zahlen gelten für den Fall, dass jedes Gebäude mit PV-Anlage errichtet wird. Viele Neubauten werden zurzeit noch ohne PV-Anlage errichtet, bei der Frage der Umsetzungsinstrumente ist die Einführung einer PV-Pflicht in die Überlegungen einzubeziehen.

Bei einem mittleren spezifischen Ertrag von 900 kWh/kWp lassen sich mit 1.004 kWp im Plangebiet 903 MWh/a Solarstrom erzeugen.

Die Emissionsbilanzierung auf Jahresebene verändert sich mit Einbeziehung des PV-Stroms wie folgt. Die Verdrängungswirkung wird mit 400 g/kWh bewertet, die Verursachung durch die PV-Vorkette der Herstellung mit 25 g/kWh, so dass eine Nettoverdrängung von 375 g/kWh in Ansatz gebracht wird.

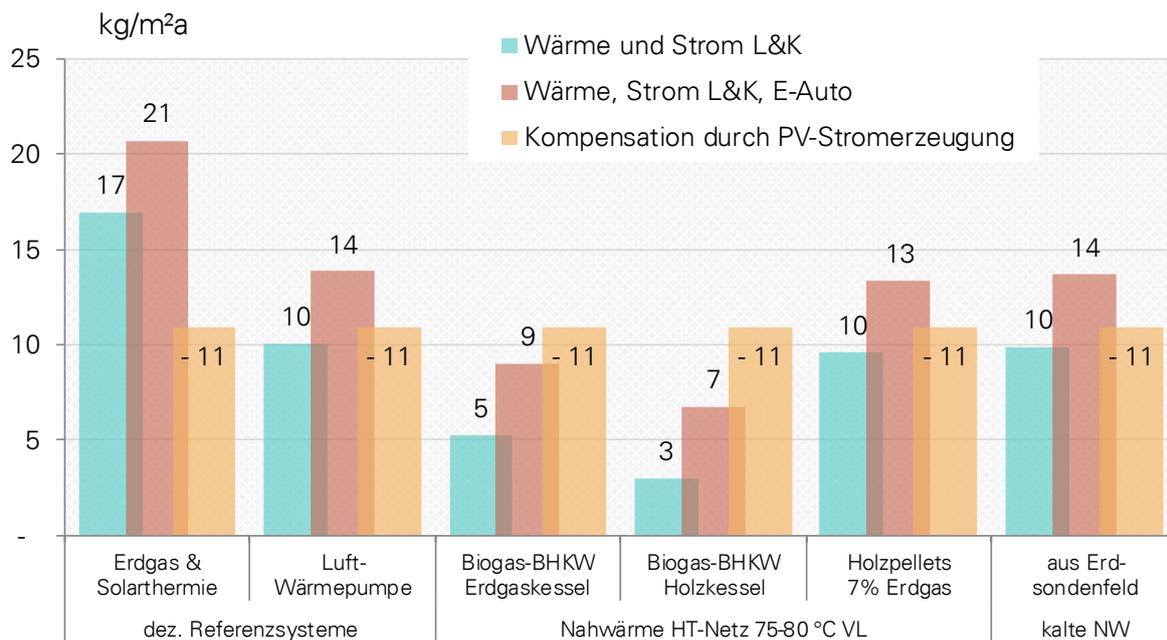


Abbildung 14 wohnflächenbezogene CO₂-Emissionen und Kompensation durch Eigenerzeugung

Nur die Biogas-Varianten können hinsichtlich Wärme und Strom (inkl. E-Auto) durch die Eigenstromerzeugung kompensiert bzw. überkompensiert werden. Bei den Wärmepumpensystemen und Holzpellets reicht die Stromerzeugung für die Kompensation des E-Mobilitätsbedarfs nicht aus.

Entwurf

7 Wirtschaftlichkeit

7.1 Grundlagen

Die Kosten der Wärmeversorgung sind ein relevantes Bewertungskriterium für die Auswahl von Wärmeerzeugern. Aus diesem Grund erfolgt eine grobe Einschätzung der Kosten im Vergleich der Wärmeversorgungssysteme. Dabei lassen sich folgende Bestandteile der Kosten unterscheiden:

- Kapitalkosten: Kosten für Wärmeerzeuger, Nahwärmenetz, Hausanschlüsse,
- Betriebskosten: Kosten für Wartung und Instandhaltung,
- Verbrauchskosten: Kosten des Endenergiebedarfs für Biogas, Erdgas, Holzpellets, Strom als Energieträger für die Luftwärmepumpe, Strom als Hilfsenergie,
- Erlöse: Vermarktung des erzeugten Stroms mit gesetzlichen Zuschlägen nach KWKG oder EEG-Vergütungen bzw. Erlöse aus der Direktvermarktung.

7.1.1 Investitionen und Kapitalkosten

Die Investitionen der Systeme stellen sich ohne Abzug von Fördermitteln wie folgt dar. Sie sind aufgliedert in Erzeugung (auch das Sondenfeld bei kalter Nahwärme), Wärmeverteilung über ein Netz und die Gebäude-Anlagentechnik (ohne systemneutrale nachgelagerte Hausinstallation wie Heizkörper, Fußbodenheizung und Warmwassersystem).

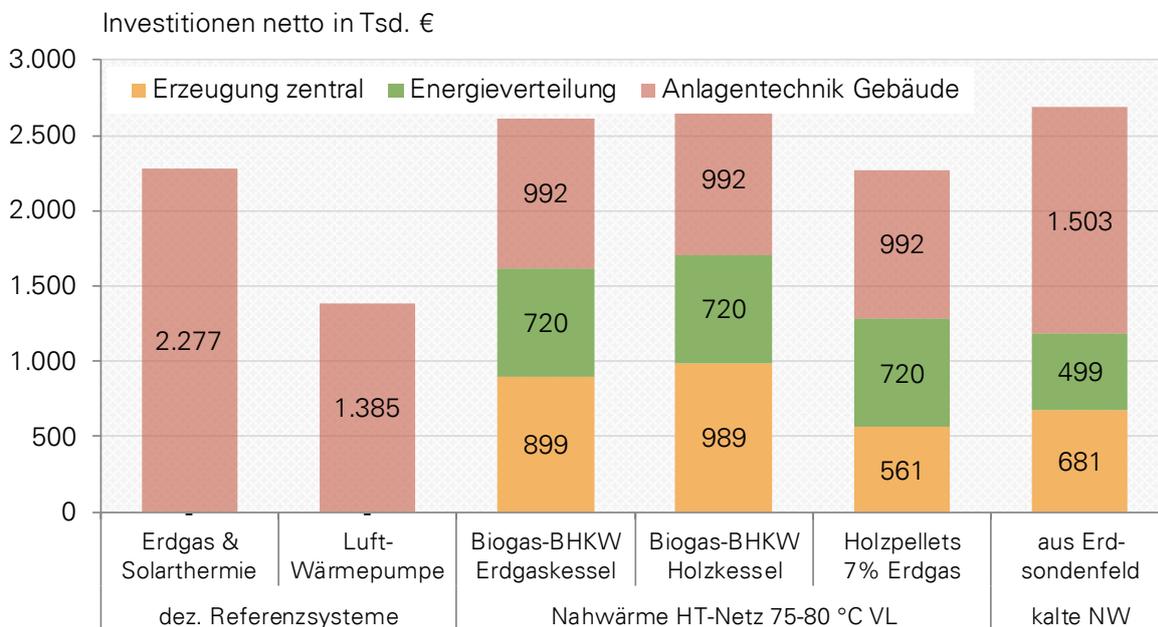


Abbildung 15 Investitionen ohne Förderung

Zur Erstellung einer Vollkostenrechnung mit Systemjahreskosten ist es erforderlich, die Investitionen in jährliche Kosten umzurechnen. Dies erfolgt über den Kapitalkostenfaktor bzw. Annuitätsfaktor. Dieser Faktor beinhaltet den kalkulatorischen Zinssatz – hier wird ein Zinssatz von 2 %/a zugrunde gelegt – und die Nutzungsdauer der jeweiligen Komponenten.

Die Investitions-bezogenen Fördermittel und Finanzierungsvorteile/Zuschüsse nach BEG WG sind im Folgenden zusammengestellt.

Es wird zurzeit davon ausgegangen, dass die BEG-Förderung sich an den anrechenbaren Kosten bestimmter Maßnahmen orientiert und nicht pauschal an den Höchstgrenzen der Kreditsummen je Wohnung. Dies würde die Förderung deutlich erhöhen. (Zur Klärung ist eine Anfrage an die Bafa gestellt worden 13.09.2021, bisher nicht beantwortet.)

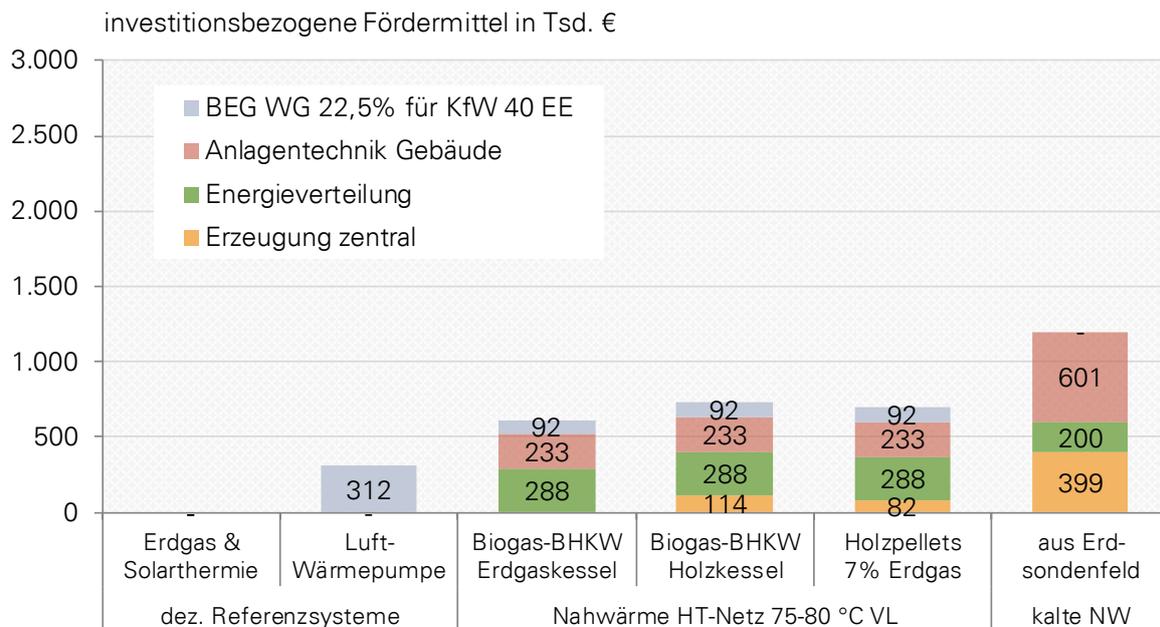


Abbildung 16 Investive Fördermittel

7.1.2 Energiepreise

Es werden die folgenden Energiepreise zugrunde gelegt. Die CO₂-Bepreisung in Höhe von 60 €/t als zukünftiger Wert für 2026 (55 bis 65 als Korridor) ist bereits berücksichtigt. Dies betrifft fossiles Erdgas, das im Preis um 12 €/MWh_{Hi} zu erhöhen ist. Dieser im BEHG definierte Zielkorridor kann zukünftig auch weit überschritten werden, dies ist von den Marktverhältnissen abhängig. Modellrechnungen des ifeu gehen z.B. auch von 180 €/t aus, wenn die Bepreisung Wirkung erzielen soll.

Entwurf

Endenergiepreise (netto)		Basis
Erdgas Kessel Gebäude	€/MWh _{Hi}	72
Erdgas Kessel HZ	€/MWh _{Hi}	67
Biogas lokal	€/MWh _{Hi}	75
<i>Biomethan nach §5 EEG</i>	€/MWh _{Hi}	90
Holz-Pellets	€/MWh	50
Strom dez	€/MWh	240
Wärmepumpenstrom dezentral	€/MWh	200
Hilfsstrom Wärmenetze	€/MWh	230
<i>baseload EEX</i>	€/MWh	40
<i>vermiedene Netznutzung Niederspannung</i>	€/MWh	10
<i>Stromvergütung Netz ohne KWK-G</i>	€/MWh	50
<i>Wärmepumpenstrom zentral</i>	€/MWh	180
<i>PV-Strom-Erzeugung</i>	€/MWh	160

Tabelle 11 Energiepreise inkl. CO₂-Bepreisung für fossiles Erdgas

Die Angabe von 75 €/MWh für lokales Biogases ist lediglich ein Orientierungswert. Zur Festlegung eines Verrechnungspreises zwischen Lieferant und Wärmenetzbetreiber sind Machbarkeitsstudien und technische Planungen zu erstellen. Eine erste Grobkalkulation ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben, die dort getroffenen Kostenansätze sind noch in Abstimmung mit den beiden möglichen Lieferanten zu verifizieren. Letztendlich wird über die Konditionen und den Preis zu verhandeln sein.

Rohbiogasleitung Transportaufwand		Entrup		Deponie		
Trassenlänge	m		3.000		1.000	
Rohrmaterial DN 100	€/m		40		40	
Tiefbau	€/m		60		120	
Oberflächenwiederherstellung	€/m		50		200	
spez.Kosten gesamt	€/m		150		360	
Investition gesamt	€		450.000		360.000	
Planung und Unvorhergesehenes 20%	€		90.000		72.000	
Investition gesamt	€		540.000		432.000	
Förderung %	%		20%		20%	
Investition ./ Förderung gesamt	€/m		432.000		345.600	
Zins	%/a		2,0%		2,0%	
Nutzungsdauer	a		40		40	
Annuitätsfaktor	%/a		3,7%		3,7%	
jährliche Kapitalkosten	€/a		15.792		12.634	
Instandhaltung	€/a		5.400		4.320	
Messung, Abrechnung	€/a		1.500		1.500	
Grundpreis Transport	€/a		22.692		18.454	
			Entrup		Deponie	
Rohbiogas Liefermenge und Kostenstruktur		V1	V2	V1	V2	
Gasmenge Hi für BHKW	MWh/a	2.766	2.367	2.766	2.367	
Kosten Maissilage, Abfall	€/t FM	25	25	15	15	
spez. Biogasausbeute	MWh/t FM	0,83	0,83	0,75	0,75	
Biogaskosten für Substrat	€/MWh	30,10	30,10	20,00	20,00	
Biogaskosten für Betriebsaufwand	€/MWh	13,00	13,00	13,00	13,00	
Deckungsbeitrag Fermenteranlage	€/MWh	10,00	10,00	10,00	10,00	
Summe ab BGA	€/MWh	53,10	53,10	43,00	43,00	
Verdichter inkl. Strom	€/MWh	2,00	2,00	2,00	2,00	
Transportkosten Leitung	€/MWh	8,20	9,59	6,67	7,80	
Biogaspreis an Heizzentrale netto	€/MWh	63	65	52	53	

Tabelle 12 Biogasgrobkalkulation

Der verwendete kalkulatorische Preisansatz von 75 €/MWh scheint nicht zu niedrig angesetzt zu sein, die Grobkalkulation deutet eher darauf hin, dass die Bereitstellung von Rohbiogas auch günstiger in einer Bandbreite von 52 bis 65 €/MWh machbar ist. Hier sind vertiefende Untersuchungen notwendig.

7.1.3 Zuschläge und Vergütungen

Im Hinblick auf den Einsatz des BHKW mit Biogas sind die Erlöse der Stromeinspeisung auf Grundlage des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG)⁵ berücksichtigt. Da die KWK-Anlagen in der Summe die Grenze von 150 kW_e nicht überschreiten, kann ohne Direktvermarktung die Vergütungsregelung in Anspruch genommen werden. Die Höhe der Vergütung liegt bei Inbetriebnahme im Jahr 2023 bei 12,54 ct/kWh.

7.2 Ergebnis als Vollkosten

Der Vergleich aller Kosten erfolgt als Kennwerte bezogen auf die im Gebäude verbrauchte Nutzwärme in €/MWh, um Vergleichbarkeit aller Varianten zu ermöglichen. Die Umsatzsteuer ist in diesen Kennwerten nicht enthalten.

Abbildung 17 gibt einen Überblick über die Kosten und ihre Zusammensetzung. Die Kosten sind als Richtwerte für das Energiepreisniveau zu verstehen, das 2019 vor der Coronakrise für die nächsten Jahre erwartet wurde. Die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen und Preisentwicklungen werden unter 7.3 dargestellt.

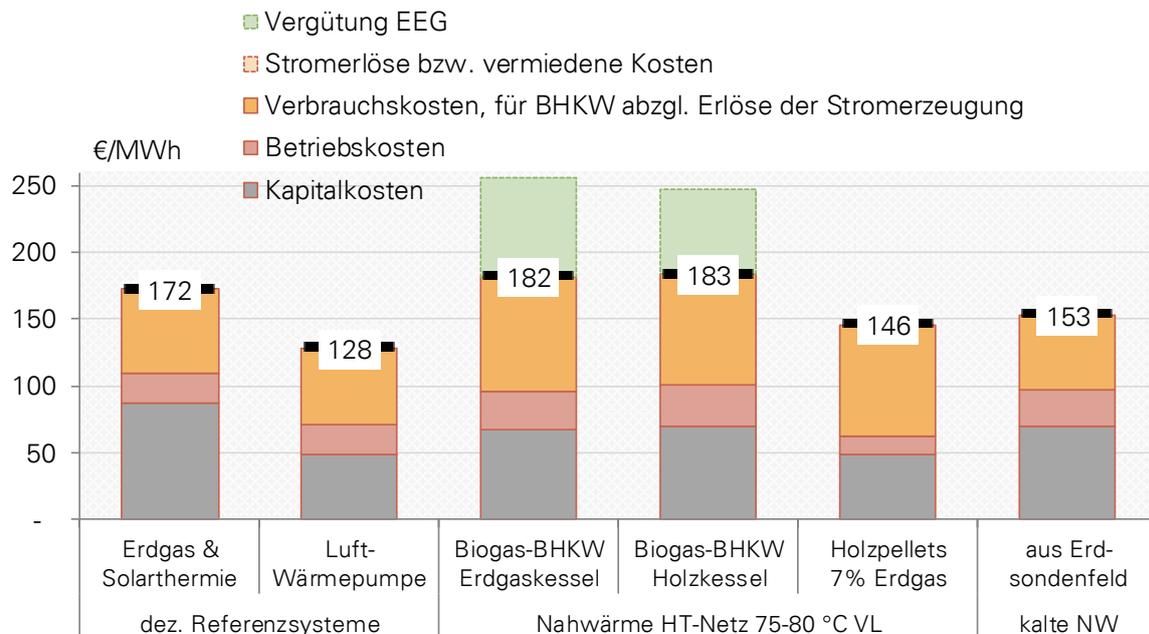


Abbildung 17 Vollkostenvergleich der Varianten in €/MWh

⁵ Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG 2021, am 01.01.2021 in Kraft getreten

Entwurf

Rechnet man die Vollkosten auf die monatliche Belastung je m² Wohnfläche (zum Vergleich mit Miete und Nebenkostenumlage) um, ergibt sich folgendes Bild – hier aus Sicht des Endverbrauchers als Bruttowert ausgewiesen. Die Unterschiede sind nicht sehr groß, die Differenz zwischen dem günstigsten und teuersten System liegen unter 0,30 €/m².

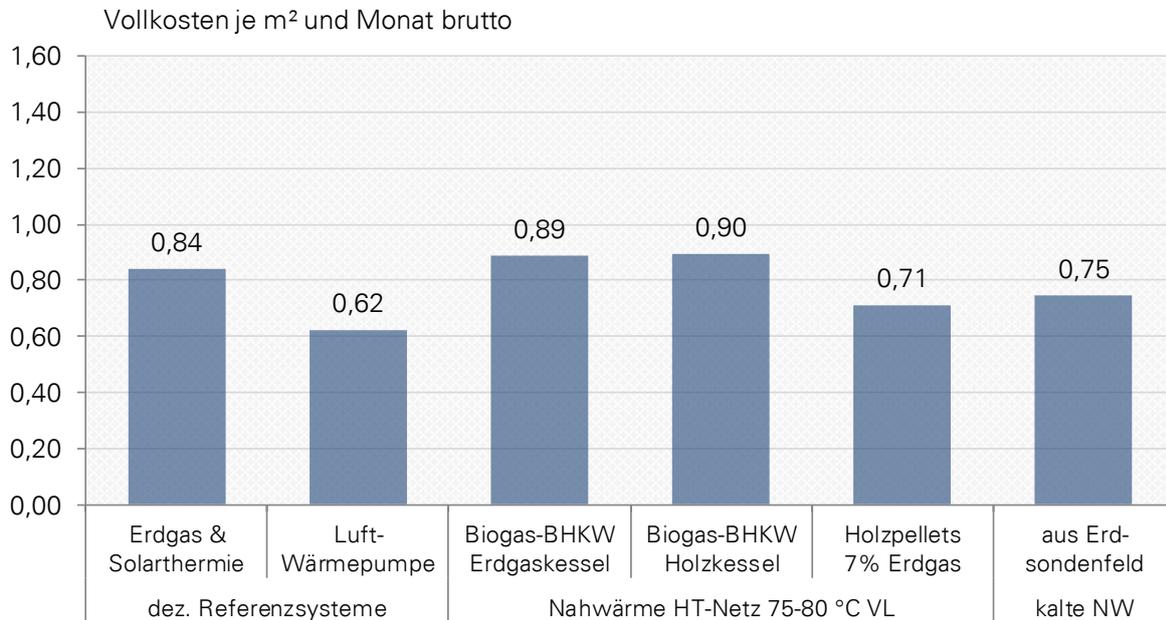


Abbildung 18 Vollkostenvergleich der Varianten (brutto bezogen auf Wohnfläche)

7.3 Sensitivität bei anderen Energiepreisen

Die untersuchten Systeme sind in unterschiedlichem Maße von Preisveränderungen betroffen, mit denen zukünftig zu rechnen ist. Es wird hier keine Prognose mit prozentualen Steigerungen erstellt, sondern es werden zwei Szenarien betrachtet, die wie folgt definiert sind.

Die erneuerbaren Energien sind etwas schwächer in ihrer Steigerung definiert. Preissenkungen sind hier nicht zu erwarten. Die Preisentwicklung beim lokalen Biogas ist auch von den Produktionskosten der eingesetzten Substrate abhängig. Hier ist eine moderate Steigerung angenommen worden.

Endenergiepreise (netto)		Basis	Hochpreis	Tiefpreis
Erdgas Kessel Gebäude	€/MWh _{Hi}	60	90	40
Erdgas Kessel HZ	€/MWh _{Hi}	55	85	35
Biogas lokal	€/MWh _{Hi}	75	90	75
Biomethan nach §5 EEG	€/MWh _{Hi}	90	105	90
Holz-Pellets	€/MWh	50	60	50
Strom dez	€/MWh	240	270	210
Wärmepumpenstrom dezentral	€/MWh	200	230	170
Hilfsstrom Wärmenetze	€/MWh	230	260	200

Tabelle 13 Basispreise und Szenariendefinition (ohne CO₂-Bepreisung bei Erdgas)

Die Sensitivität der Varianten wird inklusive der CO₂-Bepreisung von Ø 60 €/t gemäß BEHG (Brennstoffemissionshandlungsgesetz) für Erdgas in allen Szenarien berechnet. Dies bedeutet einen Zuschlag von 12,096 €/MWh auf den Gaspreis bei Varianten, in denen die Wärme ganz oder teilweise durch Erdgas erzeugt wird. Mit diesen Annahmen als Eingangsgrößen der Berechnung ergeben sich die folgenden Veränderungen der Vollkosten entsprechend [Abbildung 19](#). Die Rangfolge der Varianten ändert sich nicht.

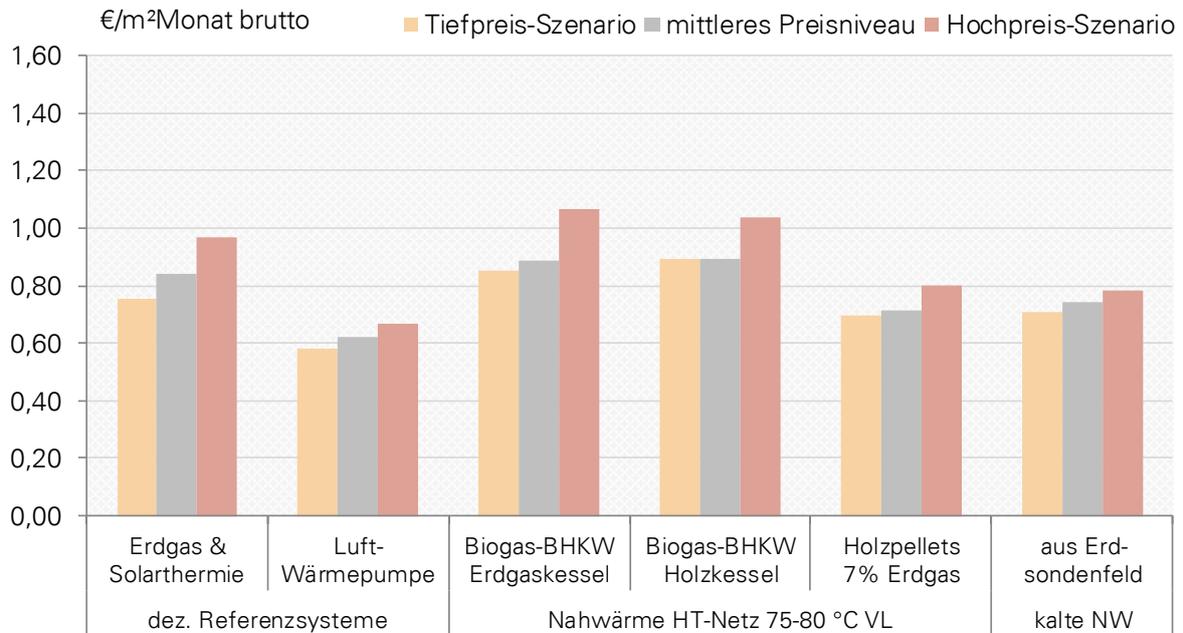


Abbildung 19 Sensitivität in Hoch- und Tiefpreis-Szenario

Entwurf

8 Zusammenfassende Empfehlung

8.1 System der Wärmeversorgung

Die Zusammenführung der beiden zentralen Kriterien Kosten und CO₂-Minderung ist in [Abbildung 20](#) vorgenommen worden unter der Annahme eines 100%igen Anschlussgrades an ein konventionelles oder kaltes Nahwärmeverorgungsnetz. Die CO₂-Minderung wird nicht für den aktuellen Stand (inkl. der nächsten Jahre) ausgewiesen, sondern für einen perspektivischen Stand mit fortgeschrittenem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und ohne Kohlestrom (vgl. [Abbildung 12](#) in Abschnitt 6.1).

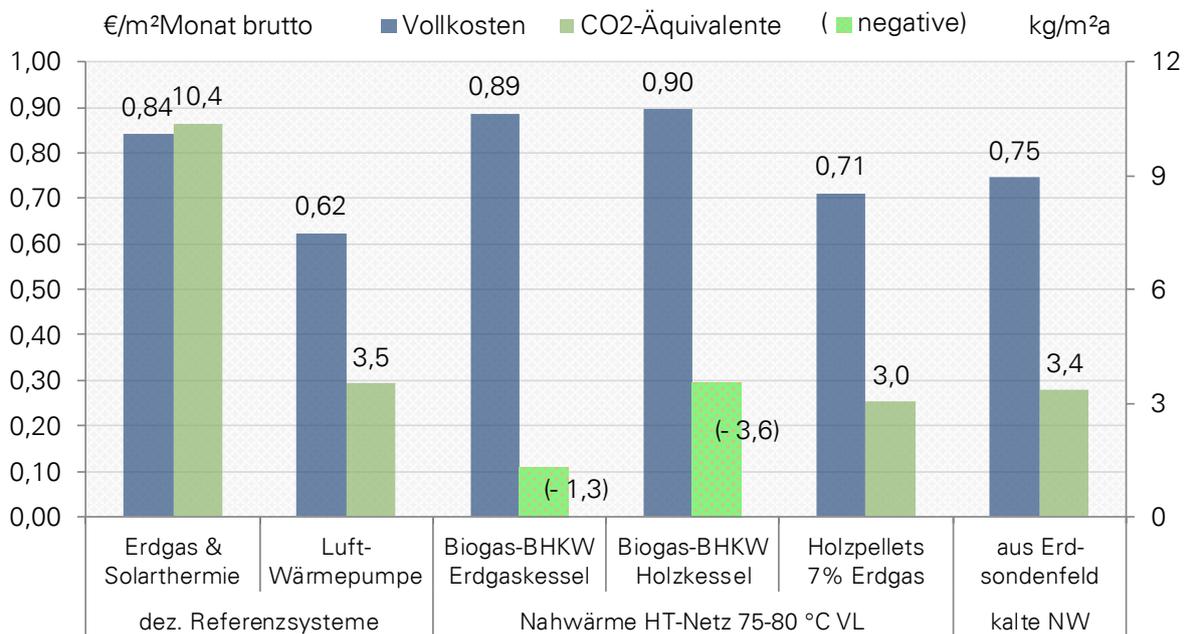


Abbildung 20 Kosten und CO₂-Emissionen

Die Nahwärmelösungen mit HT-Netz und Biogas als Hauptenergieträger bieten das höchste Potential der CO₂-Emissionsminderung. Sie führen bilanziell zu negativen Emissionen, bei Erdgas in der Spitzenlast -1,3 kg/m²a und bei Holz in der Spitzenlast -3,6 kg/m²a. Stromerzeugung aus Biogas verdrängt zukünftig im BRD-Kraftwerksmix Stromerzeugung aus Erdgas. Die Vollkosten der Wärmeerzeugung liegen nur leicht über dem Niveau, das von der Erdgasheizung mit Solarkollektor bekannt ist.

Luft-Wärmepumpe und kalte Nahwärme liegen hinsichtlich CO₂ gleichauf mit 3,5 bzw. 3,4 kg/m²a. Die Differenz ist gering, da der Vorteil der höheren Jahresarbeitszahl bei der Wärmequelle Erdreich von den Aufwänden für Pumpstromhilfsenergie im Netz weitgehend aufgezehrt wird. Das Verhältnis der Vollkosten von 0,62 zu 0,75 €/m²Monat spricht für die Luft-Wärmepumpe. Hier sind weitere Aspekte zu berücksichtigen: die kalte Nahwärme kann ohne weiteren Energieeinsatz in der Wärmepumpe im Sommer zur Temperierung der Gebäude mit ca. 10 °C kaltem Wasser genutzt werden, dies ist mit einer Luftwärmepumpe nicht oder nur höchst ineffizient möglich. Ein weiterer Nachteil der Luftwärmepumpe ist die mögliche Geräuschbelästigung im Umfeld und die in der Regel ungünstige Wirkung der Außengeräte auf die Gestaltqualität der neuen Wohnsiedlung.

Die Holzpellet-Variante liegt in beiden Kriterien zwischen den beiden Wärmepumpen-Varianten. Eine Gebäudekühlung/-temperierung ist nicht möglich.

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzpolitischen Ziele der Gemeinde Altenberg bietet sich für das Bau-gebiet Bahnhofshügel eine Nahwärmeversorgung mit Biogas-KWK an. Es gibt zwei örtliche Quellen von denen Biogas bezogen werden kann.

Die grundsätzliche Machbarkeit und Bereitstellung ausreichender Mengen kann als sicher angesehen werden. Es wurde in der Berechnungen davon ausgegangen, dass lokales Biogas für 75 €/MWh bereit gestellt werden kann, d.h. um 15 €/MWh günstiger als virtuelles Biomethan/Erdgas.

Dieser Kostenrahmen ist noch sehr unsicher, insbesondere der Trassenverlauf, Verlegeschwierigkeit- und -kosten sowie die Förderung sind noch zu untersuchen. Dabei ist für die Quelle Entrup auch die Anbindung an die Kläranlage mit hohem Förderungspotenzial eines H₂-Pilotprojektes mit zu berücksichtigen.

Aus Gutachtersicht wird empfohlen, den Aufbau einer klimaneutralen Nahwärmeversorgung mit Biogas weiter zu verfolgen, vorzugsweise mit Holzpellets in der Spitzenlast. Diese Lösung ist vom Prinzip her identisch mit der vorhandenen Versorgung der Nahwärmeinsel im Ortszentrum von Altenberge.

Falls die Heranführung von Biogas sich als nicht machbar erweisen sollte, kann auf die kalte Nahwärme mit dem qualitativen Vorteil der Kühl-Option ausgewichen werden. In diesem Fall liegen die CO₂-Emissionen um 7 kg/m²a höher, statt negativ mit -3,6 kg/m²a bei +3,4 kg/m²a. Es ist abzuwägen, ob dieser Vorteil der Kühloption so wichtig ist, dass die höheren Emissionen in Kauf genommen werden sollen.

Entwurf

8.2 PV-Pflicht

Betrachtet man zusätzlich zu den Emissionen der Wärmeversorgung auch die Emissionen des Stromverbrauchs für die üblichen Haushaltsanwendungen und den zukünftigen Bedarf der Elektromobilität ist das Baugebiet Bahnhofshügel nicht mehr als klimaneutral anzusehen.

Die emissionsärmsten Varianten, die mit lokalem Biogas betrieben werden, verursachen 9 bzw. 7 kg/m²a. Die PV-Anlagen können bei Ausschöpfung des technischen Potenzials 11 kg/m²a kompensieren.

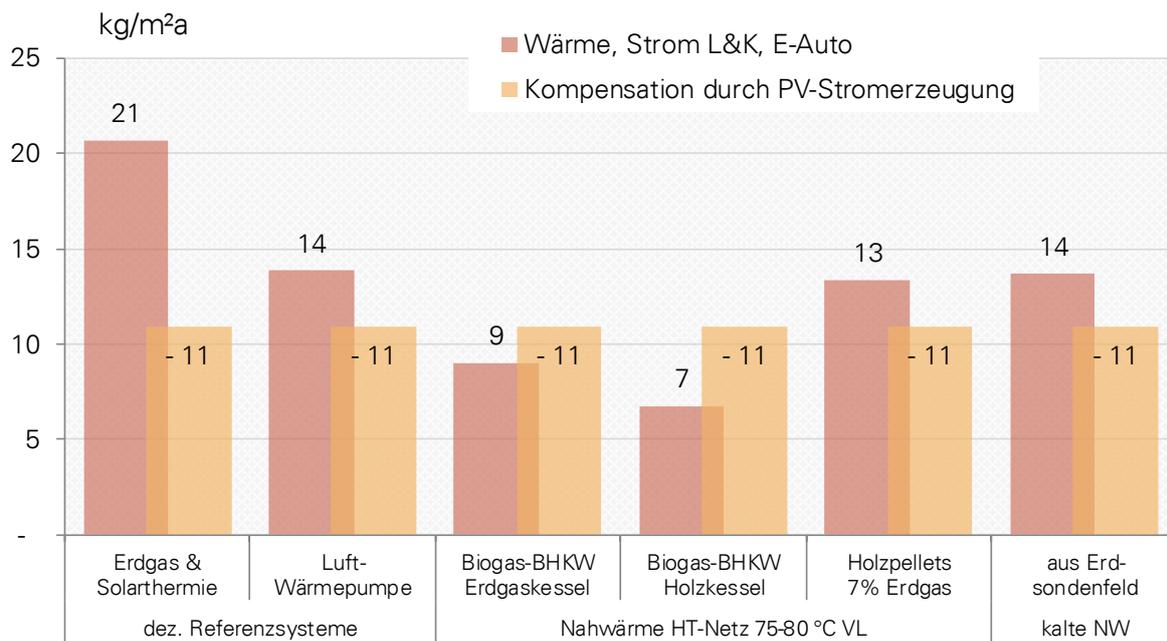


Abbildung 21 Kosten und CO₂-Emissionen

Wenn die Gemeinde Altenberge eine in diesem Sinne erweiterte Klimaneutralität anstrebt, sollte die umfassende Errichtung von PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude mit den entsprechenden Instrumenten abgesichert werden.

Die Festsetzung der PV-Pflicht ist privat-rechtlich über die Festsetzung in den Grundstückskaufverträgen möglich. Dieses Instrument ist in vielen Baugebieten seit langem im Einsatz und rechtlich unumstritten.

Seit 2021 setzt sich die Einschätzung durch, dass auch öffentlich-rechtlich eine entsprechende Festsetzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB im B-Plan zu treffen ist. Ein vom Landtag NRW in Auftrag gegebenes Rechtsgutachten⁶ hat hier weitgehende Klarheit geschaffen. Die Festsetzung einer Solarpflicht ist nach Einschätzung des beauftragten Gutachters zulässig.

⁶ <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMI17-294.pdf>