Abschlussbericht

IBA
Potenzialanalyse Erneuerbare Energien Stadt Heiligenhaus

Berlin, 24.03.2021

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **2**

Tabellenverzeichnis **4**

Abbildungsverzeichnis **5**

1. Einleitung **6**

2. Stand Ausbau erneuerbarer Energien **7**

2.1 Windenergie 7

2.2 Solarenergie 7

2.2.1 PV-Freiflächen 7

2.2.2 PV-Dachflächen 7

2.2.3 Solarthermie 7

2.3 Biomasse 7

2.3.1 Klärgas 8

2.3.2 Deponiegas 8

2.3.3 Bio- und Grünabfälle 8

2.3.4 Forstwirtschaftliche Abfälle 8

2.3.5 Landwirtschaftliche Abfälle 9

2.4 Geothermie 9

2.5 Industrielle Abwärmenutzung 9

2.6 Zusammenfassung Ist-Stand 9

3. Potentialanalyse für den Einsatz erneuerbarer Energien in Heiligenhaus **11**

3.1 Windenergie 11

3.2 Solarenergie 15

3.2.1 PV-Freiflächen 15

3.2.2 PV-Dachflächen 16

3.2.3 Solarthermie 17

3.3 Biomasse 18

3.3.1 Klärgas 19

3.3.2 Deponiegas 19

3.3.3 Bio- und Grünabfälle 20

3.3.4 Forstwirtschaftliche Abfälle 20

3.3.5 Landwirtschaftliche Abfälle 21

3.4 Geothermie 24

3.5 Industrielle Abwärmenutzung 25

3.6 Zusammenfassung Potenziale 25

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

4. Potenzialbetrachtung Stufe II 27

4.1 Ausbaupfad Photovoltaik 27

4.2 Fallbeispiele Geothermie 31

4.2.1 Kommunales Gebäude 31

4.2.2 Wohngebäude im Bestand 36

4.2.3 Neubaugebiet Rhönstraße 3 43

5. Zusammenfassung 49

5.1 Gegenüberstellung Ist-Stand EE zu Potenzial EE 49

5.2 Gegenüberstellung Energieverbrauch zu Ist-Stand EE und Potenzial EE 50

5.3 Empfehlung für den Ausbaupfad erneuerbare Energien 51

6. Quellenverzeichnis 52

7. Anhang 54

7.1 Parameter für die Detailbetrachtung PV-Ausbaupfad 54

7.2 Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Geothermie 54

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bioabfälle und Grünabfälle der Stadt Heiligenhaus 2017-2019 8
Tabelle 2: jährliche forstwirtschaftliche Abfälle von Heiligenhaus 8
Tabelle 3: Zusammenfassung der Strom- und Wärmeerträge durch EE in der Stadt Heiligenhaus 9
Tabelle 4: Übersicht über die Freiflächenpotenziale (Stadtwerke Heiligenhaus, 2020) 16
Tabelle 5: Potenzielle Erträge aus landwirtschaftlichen Abfällen Landkreis Mettmann 18
Tabelle 6: Basisdaten Kreis Mettmann und Stadt Heiligenhaus 2012 19
Tabelle 7: Potenzielle Erträge aus landwirtschaftlichen Abfällen Stadt Heiligenhaus 19
Tabelle 8: Umrechnungsfaktoren Energieträger Bio- und Grünabfall (LANUV NRW, 2014, Seite 158) 20
Tabelle 9: Potenzieller Strom- und Wärmeoutput mit den Mengen 2019 20
Tabelle 10: Potenzielle Erträge der landwirtschaftlichen Flächen 21
Tabelle 11: Potenzielle Erträge aus Wirtschaftsdünger 21
Tabelle 12: Theoretisches Biogaspotenzial aus landwirtschaftlichen Abfällen 22
Tabelle 13: Potenzielle Erträge aus Strohabfällen 22
Tabelle 14: geothermische Ergiebigkeit in Abhängigkeit von der Sondenlänge 24
Tabelle 15: Zusammenfassung der Potenziale EE in Heiligenhaus 25
Tabelle 16: Ausbaupfad PV mit einer Potenzialausschöpfung von 100% 27
Tabelle 17: Ausbaupfad PV mit einer Potenzialausschöpfung von 70 % 29
Tabelle 18: Rahmendaten der Kindertagesstätte Ludgerusstr. 1 32
Tabelle 19: Geothermienutzung Kindetagesstätte Ludgerusstraße in verschiedenen Varianten (ohne Klimabereinigung) 33
Tabelle 20: Rahmendaten der Wohngebäude Bergische Str. 34, 36 und 38 (ohne Klimabereinigung) 36
Tabelle 21: Geothermienutzung Bergische Str. 34, 36, 38 in verschiedenen Varianten (ohne Klimabereinigung) 39
Tabelle 22: Geothermienutzung mit PV Bergische Str. in verschiedenen Varianten (ohne Klimabereinigung) 40
Tabelle 23: Rahmendaten des Neubaugebietes Rhönstraße 43
Tabelle 24: Geothermienutzung Neubaugebiet Rhönstraße in sechs Varianten 45
Tabelle 25: Ist-Stand EE, Potenziale und Potenzialausschöpfung 49
Tabelle 26: Möglicher Deckungsbeitrag der erneuerbaren Energien in Heiligenhaus 50
Tabelle 27: Emissionsfaktoren für die Berechnung der PV-Ausbaupfade 54
Tabelle 28: Abgabe auf CO2-Emissionen für die Berechnung der PV-Ausbaupfade 54
Tabelle 29: Nutzungsdauer einzelner Komponenten nach VDI 2067 Blatt 1 55
Tabelle 30: Energiekosten 56
Tabelle 31: Energiebezugsdaten Kindertagesstätte Ludgerusstr. 1 56
Tabelle 32: Energiebezugsdaten Wohngebäude Bergische Straße 56

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick der Potenzialbegriffe (orange: hier berechnete Potenziale) (LANUV NRW, 2014) 11

Abbildung 2: Ausschlusskriterien Siedlungsgebiete, Puffer 600m und Wohnnutzung im Außenbereich 450 m (eigene Darstellung) 13

Abbildung 3: Flächen 2 und 3 (eigene Darstellung) 14

Abbildung 4: Fläche 1 (eigene Darstellung) 14

Abbildung 5: Installierte Bruttoleistung der PV-Anlagen in den Ausbauszenarien bei 100 % Potenzialausschöpfung 28

Abbildung 6: Durch PV-Anlagen vermiedene CO_2-Emissionen der Stromerzeugung in den Ausbauszenarien bei 100 % Potenzialausschöpfung 29

Abbildung 7: Installierte Bruttoleistung der PV-Anlagen in den Ausbauszenarien bei 70 % Potenzialausschöpfung 30

Abbildung 8: Durch PV-Anlagen vermiedene CO_2-Emissionen der Stromerzeugung in den Ausbauszenarien bei 70 % Potenzialausschöpfung 30

Abbildung 9: Derzeitige Wärmeversorgung und potenzielle Energieversorgung der Kindertagesstätte Ludgerusstr. 1 31

Abbildung 10: Anteile Energiebereitstellung Kita Ludgerusstraße in den untersuchten Varianten 32

Abbildung 11: Vergleich der Varianten hinsichtlich Annuität für Gesamtenergiebezug und CO_2-Emissionen 35

Abbildung 12: Vergleich der Varianten hinsichtlich Investitionen und Endenergiebedarf 35

Abbildung 13: Wohngebäude Bergische Str. 34, 36 und 38 36

Abbildung 14: Energieversorgung über Geothermie und Photovoltaik für die Wohngebäude in der Bergischen Straße 37

Abbildung 15: Anteile Energiebereitstellung Wohngebäude Bergische Straße in den untersuchten Varianten 38

Abbildung 17: Vergleich der Varianten hinsichtlich Annuität für Gesamtenergiebezug und CO_2-Emissionen 42

Abbildung 18: Vergleich der Varianten hinsichtlich Investitionen und Endenergiebedarf 42

Abbildung 19: Energieversorgungsvarianten der Neubauten 43

Abbildung 20: Anteile Energiebereitstellung Neubaugebiet Rhönstraße in den untersuchten Varianten 44

Abbildung 21: Vergleich der Varianten hinsichtlich Annuität für Gesamtenergiebezug und CO_2-Emissionen 47

Abbildung 22: Vergleich der Varianten hinsichtlich Investitionen und Endenergiebedarf 47

Abbildung 23: Verteilung des Endenergieverbrauches der Stadt Heiligenhaus 2018 (Stadt Heiligenhaus, 2020) 50

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

1. Einleitung

Die Stadt Heiligenhaus erarbeitet derzeit Strategien und Maßnahmen für ihre klimapolitische Entwicklung bis 2030. Mit dem Ziel der Beantragung eines Klimaschutzmanagements wurde im Zeitraum 2020 bis 2021 eine Fokusberatung Klimaschutz durchgeführt.

Eine Energie- und THG-Bilanz wurde bereits durch die Stadt selbst erstellt, eine Machbarkeitsstudie zu PV-Freiflächenpotenzialen und eine Nahwärmestudie zur Versorgung des neuen Innovationsparks mit Holzhackschnitzel wurden parallel zur Fokusberatung erstellt.

Die PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (PD) führte im Rahmen eines Investitionsberatungsauftrags eine Potenzialanalyse für den Einsatz der erneuerbaren Energieträger

- Wind
- Photovoltaik
- Biomasse und
- Geothermie

durch. Hierbei ging es vor allem um die Ermittlung und Bewertung technischer Potenziale, die natürlich deutlich höher sind als das wirtschaftliche und machbare Potenzial. Die entsprechende Untersuchung wurde mit Unterstützung des Unternehmens „energielenker“ durchgeführt.

Der Stadt Heiligenhaus war es im Rahmen der Untersuchung sehr wichtig herauszuarbeiten, dass der Ausbau erneuerbarer Energien häufig nicht durch fehlende Technologien begrenzt, sondern durch politische Vorgaben die wirtschaftliche Umsetzung gehemmt wird und entsprechende Rahmenbedingungen fehlen. So sind z. B. Mieterstrommodelle mit Einsatz von PV-Anlagen durch Zuschläge und den gesetzlich geforderten Messaufwand zurzeit nicht wirtschaftlich darstellbar oder der Bau von PV-Anlagen wird generell durch Restriktionen in der Förderung gehemmt.

Zur Erarbeitung der Potenzialanalyse wurde ein Zwei-Stufen-Modell vereinbart. In der ersten Phase wurden die technisch möglichen Potenziale (ohne Bewertung wirtschaftlicher Restriktionen oder Wechselwirkungen) der oben genannten erneuerbaren Energieträger allgemein untersucht. Basierend auf den Ergebnissen wurden in einer zweiten Stufe die Energieträger, die das höchste Potenzial versprachen, detaillierter untersucht. Im Ergebnis wurden der PV-Ausbaupfad für die Kommune sowie drei Fallbeispiele für den Einsatz von Geothermie vertieft untersucht.

In Kapitel zwei wird zunächst die Ausgangssituation beleuchtet. Dies beinhaltet die Ermittlung, welche installierte Leistung bzw. wie viel Ertrag der einzelnen Energieträger es bereits 2020 in der Stadt Heiligenhaus gibt.

Im dritten Kapitel werden die einzelnen Potenziale für die jeweiligen Energieträger berechnet und dargestellt.

Kapitel 4 beinhaltet die Ergebnisse der vertiefenden Untersuchungen und das folgende Kapitel 5 fasst die Ergebnisse mit Empfehlungen zusammen.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

2. Stand Ausbau erneuerbarer Energien

Der Ist-Stand zum Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stadt Heiligenhaus wird in den nächsten Abschnitten betrachtet. Jede Energieart wird dafür in einem Extra-Abschnitt bearbeitet. Die Informationen zu den Energiearten wurden von der Stadt Heiligenhaus zur Verfügung gestellt und ausgewertet und bei Bedarf aus anderen Quellen weiter ergänzt.

2.1 Windenergie

In der Stadt Heiligenhaus gibt es mit Stand 2019 noch keine Windkraftanlage (LANUV NRW, 2020).

2.2 Solarenergie

2.2.1 PV-Freiflächen

In der Stadt Heiligenhaus gibt es mit Stand 2019 noch keine PV-Freiflächenanlagen (LANUV NRW, 2020)[1].

2.2.2 PV-Dachflächen

Im Netzgebiet der Stadtwerke Heiligenhaus sind aktuell 273 PV-Anlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 3.569 kW in Betrieb (Stadtwerke Heiligenhaus).

Bei einem durchschnittlichen Ertrag von 890 kWh/(a*kWp), ergibt sich ein Jahresertrag in Höhe von 3.176,41 MWh/a.

2.2.3 Solarthermie

In Heiligenhaus gibt es insgesamt 118 Solarthermieanlagen mit einer Kollektorfläche von zusammen 1.106,66 m^2. Bei einem geschätzten Ertrag von 350 kWh/m^2 ergibt dies einen Gesamtertrag von 387,3 MWh/a (Solaratlas, 2020).

2.3 Biomasse

In der Stadt Heiligenhaus gibt es mit Stand 2019 eine Biomasseanlage mit einer installierten Leistung von 20 kW und einem Ertrag von 119,62 MWh/a. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte 2012 (LANUV NRW, 2020). Der Input für die Anlage ist unbekannt, ebenso, ob die Wärme aus dieser Anlage genutzt wird.

[1] Diese Zusammenstellung zu den Standorten der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in NRW spiegelt den aktuellen Datenstand im FIS Energieatlas NRW (www.energieatlas.nrw.de) des LANUV wider. Der Datenstand der erneuerbaren Energien zeigt den Ausbaustand Ende 2019. Datenquellen zu den erneuerbaren Energien sind insb. das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur, Daten der Bezirksregierung Arnsberg sowie LANUV-eigene Daten.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

2.3.1 Klärgas

In der Stadt Heiligenhaus gibt es mit Stand 2019 zwei Klärgasanlagen mit einer installierten Leistung von 292 bzw. 841 kW und einem Ertrag von insgesamt 1.583 MWh/a. Die Inbetriebnahme erfolgte 1975 (LANUV NRW, 2020).

2.3.2 Deponiegas

In der Stadt Heiligenhaus gibt es eine stillgelegte Deponie, bei der bisher auf eine Deponiegasnutzung verzichtet wurde. Die Entgasung besteht aus acht Gasbrunnen, einer Gasdrainage, einer Gassammelleitung und einer Entgasungsanlage mit Hochtemperaturfackel (Stadt Heiligenhaus, 2019).

Das Entgasungssystem auf der Deponie „In der Leibeck“ konnte während des gesamten Jahres mit einer Gasmenge von durchschnittlich 23,5 m³/h, bei einem durchschnittlichen Methangehalt von 36,5 Volumen-Prozent betrieben werden. Das abgesaugte Deponiegas beinhaltet eine thermische Energiemenge von ca. 85,5 kW. Der Methan-Gehalt bewegte sich über das gesamte Betriebsjahr 2019 nahezu konstant > 34,0 Volumen-Prozent (Lambda, 2019).

2.3.3 Bio- und Grünabfälle

In den ca. 13.000 Haushalten in der Stadt Heiligenhaus sind etwa 2.400 Müllgefäße für Bioabfälle vorhanden. Folgende Tonnagen wurden in den letzten 3 Jahren entsorgt (Sauerwein, 2020):

Tabelle 1: Bioabfälle und Grünabfälle der Stadt Heiligenhaus 2017-2019

	Biomüll aus den Haushalten	Grünabfälle TBH (Grünflächenpflege und Grünannahmestelle)
2017	611,46 t	1.318,88 t
2018	603,88 t	1.245,07 t
2019	614,62 t	1.160,88 t

Die Zuständigkeit für die Entsorgung des Biomülls liegt beim Kreis Mettmann. Auch der Grünabfall wird dem Landkreis überlassen. Sowohl die Bioabfälle als auch die Grünabfälle des Kreises werden zurzeit nicht energetisch verwertet (Kreis Mettmann, 2019).

2.3.4 Forstwirtschaftliche Abfälle

In der Stadt Heiligenhaus fallen folgende forstwirtschaftlichen Abfälle an (Sauerwein, 2020):

Tabelle 2: jährliche forstwirtschaftliche Abfälle von Heiligenhaus

Hackschnitzel aus Forstbetrieb:	Hackschnitzel aus sonstigen Baumfällungen, Gehölzschnitt u. ä.
970 [m³/a]	50 [m³/a]

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Der Stoffstrom Hackschnitzel ist bereits Gegenstand der Planung eines Biomasse-Heizwerks im Innovationspark der Stadt. Die potenziellen Erträge werden für diese Untersuchung nachrichtlich übernommen.

2.3.5 Landwirtschaftliche Abfälle

Die bisherige Nutzung landwirtschaftlicher Abfälle ist nicht bekannt. Es ist zu vermuten, dass die einzige existierende Biomasseanlage in Heiligenhaus landwirtschaftliche Abfälle verwertet (siehe Kapitel 2.3).

2.4 Geothermie

Basierend auf dem Wärmepumpenatlas (Wärmepumpenatlas, 2020) gibt es in der Stadt Heiligenhaus insgesamt 34 installierte Wärmepumpen, wovon sich eine im gewerblichen Bereich befindet. Die durchschnittliche Jahresarbeitszahl liegt bei 4,63. Mit einer durchschnittlichen Wärmeerzeugung von 12,5 MWh/a pro Wärmepumpe ergibt dies eine Gesamtwärmemenge von 425 MWh/a, die durch 91,81 MWh Strom erzeugt wird.

Im Rahmen der Energiebilanzierung der Stadt Heiligenhaus wurde ein Wärmepumpenstrom von 1.420 MWh/a mit einem Ertrag von 4.544 MWh/a ermittelt (Stadt Heiligenhaus, 2020). Diese Werte sind plausibler und werden für die weiteren Darstellungen und Berechnungen verwendet.

2.5 Industrielle Abwärmenutzung

Bisher ist in Heiligenhaus keine industrielle Abwärmenutzung bekannt (LANUV NRW, 2020).

2.6 Zusammenfassung Ist-Stand

Die bisherigen ermittelten Erträge aus erneuerbaren Energien für Wärme und Strom sind in der folgenden Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Strom- und Wärmeerträge durch EE in der Stadt Heiligenhaus

Energieträger	Ertrag Strom MWh/a	Ertrag Wärme MWh/a
Windenergie	-	-
PV- Freiflächen	-	-
PV Dachflächen	3.176	-
Solarthermie	-	387
Klärgas[2]	791	791
Deponiegas	-	-
Bio- und Grünabfälle	-	-
Forstwirtschaftliche Abfälle	-	-

[2] Eine Differenzierung zwischen Strom und Wärme gibt es nicht. Zur Vereinfachung wird von einer Aufteilung 50/50 ausgegangen.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Energieträger	Ertrag Strom MWh/a	Ertrag Wärme MWh/a
Landwirtschaftliche Abfälle[3]	120	-
Geothermie	-	2.272
Industrielle Abwärme	-	-
Summe	4.087	3.451

[3] Eine Differenzierung zwischen Strom und Wärme gibt es nicht. Zur Vereinfachung wird von einer Aufteilung 50/50 ausgegangen.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

3. Potentialanalyse für den Einsatz erneuerbarer Energien in Heiligenhaus

Die Stadt Heiligenhaus möchte zukünftig das Potenzial der erneuerbaren Energien soweit wie möglich ausschöpfen, um den eigenen Energieverbrauch bzw. -bedarf möglichst durch erneuerbare Quellen decken zu können.

Die Energie- und THG-Bilanz der Stadt Heiligenhaus weist einen Endenergieverbrauch von insgesamt 488.316 MWh im Jahr 2018 aus. Dieser verteilt sich zu 50 Prozent auf Brennstoffe (242.875 MWh), zu 26 Prozent auf den Verkehrsbereich (128.462 MWh) und zu 24 Prozent auf Strom (116.979 MWh), siehe Abbildung 22: Verteilung des Endenergieverbrauches der Stadt Heiligenhaus 2018.

Deswegen wird im Folgenden das theoretische sowie das technische Potenzial für die einzelnen Energieträger betrachtet.

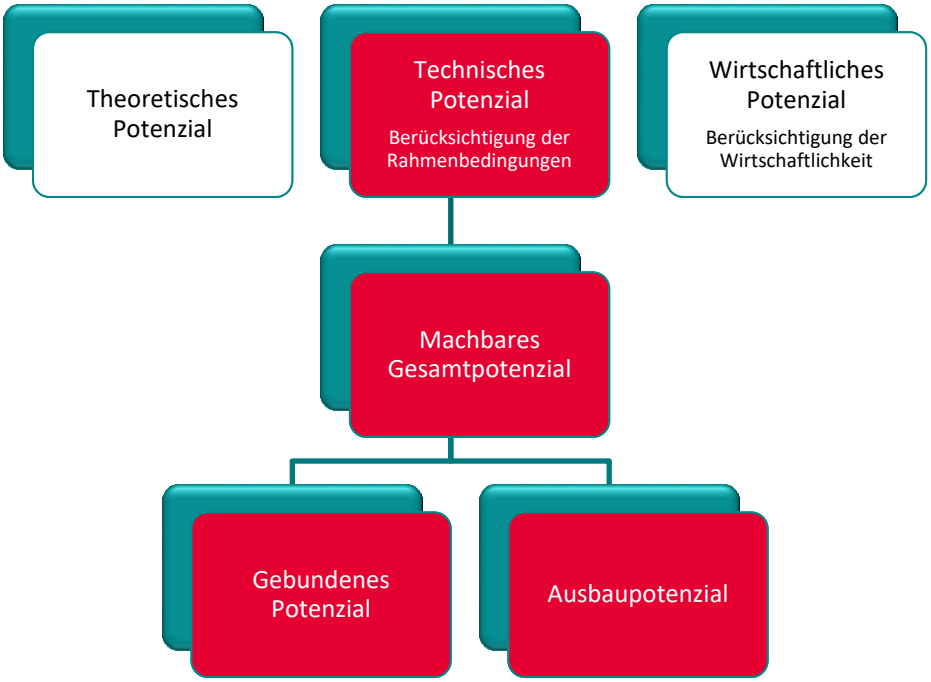

Abbildung 1: Überblick der Potenzialbegriffe (rot: hier berechnete Potenziale) (LANUV NRW, 2014, Seite 158)

Die Stadt Heiligenhaus und die Stadtwerke Heiligenhaus möchten den Ausbau erneuerbarer Energien im Stadtgebiet voranzutreiben. Jedoch stehen dem Ausbau häufig politische, rechtliche und wirtschaftliche Restriktionen entgegen, worauf die Stadt Heiligenhaus nur begrenzt Einfluss hat. An den entsprechenden Stellen wird in den folgenden Kapiteln des Berichts darauf hingewiesen.

3.1 Windenergie

Bereits 1998 hat die Stadt Heiligenhaus eine Studie zur Ausweisung von Gunstzonen für Windenergie erarbeiten lassen (Ökoplan, 1998). Dabei wurden Abstände zur Wohnbebauung von 500 m angesetzt. Als Ergebnis sind zwei Flächen für den mögliche Ausbau identifiziert worden:

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

1,5 ha Fläche südwestlich der Hofanlage „Schmalbeck“ an der Heidestraße

8,5 ha Fläche im Bereich Eterfeld an der Stadtgrenze zu Ratingen (Ökoplan, 1998)

Das Land NRW hat im Jahr 2012 eine Potenzialstudie Windenergie (LANUV NRW, 2012) durchgeführt. Folgende Abstandregeln zur Wohnbebauung sind dabei zur Anwendung gekommen:

- 600 m Abstand zum Siedlungsbereich,
- 450 m zu Wohnnutzung im Außenbereich.

Diese Potenzialstudien des Landes NRW kommt für die Stadt Heiligenhaus zu einem ähnlichen Ergebnis wie die Studie der Stadt aus dem Jahr 1998. Es wird folgendes beziffert:

- Windenergie Potenzialfläche < 30 ha,
- installierbare Leistung < 6 MW,
- Nettoertrag 18 GWh/a.

Nach dem aktuellen Landesentwicklungsplan NRW aus dem Jahr 2019 (LEP NRW Grundsatz 10.2-3 Abstand von Bereichen/Flächen für Windenergieanlagen) (NRW G. u., 2019) sind folgende Grundsätze bei einem möglichen Ausbau zu beachten:

„Bei der planerischen Steuerung von Windenergieanlagen in Regionalplänen und in kommunalen Flächennutzungsplänen soll zu allgemeinen Siedlungsbereichen und zu Wohnbauflächen den örtlichen Verhältnissen angemessen ein planerischer Vorsorgeabstand eingehalten werden; hierbei ist ein Abstand von 1.500 Metern zu allgemeinen und reinen Wohngebieten vorzusehen. Dies gilt nicht für den Ersatz von Altanlagen (Repowering).“

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

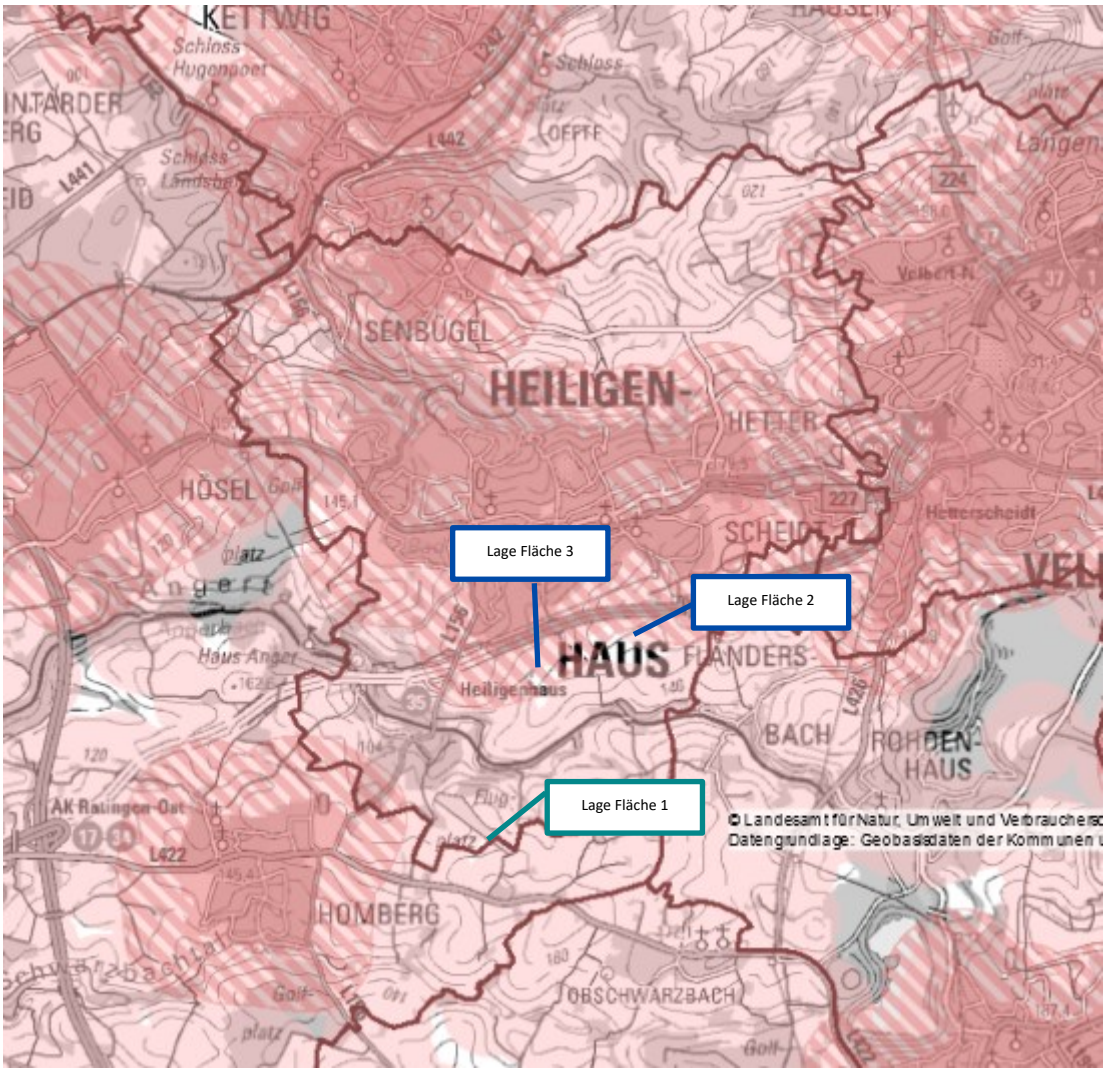

Abbildung 2: Ausschlusskriterien Siedlungsgebiete, Puffer 600m und Wohnnutzung im Außenbereich 450 m (eigene Darstellung)

Nach Abzug der Allgemeinen Siedlungsgebiete (ASB) einer Pufferzone von 600 m und einer Pufferzone von 450 m um die Wohnbebauung in Außengebieten bleiben drei potenzielle Flächen für Windkraftanlagen in Heiligenhaus übrig:

- 2 ha südlich des Flugplatzes von der 1 ha auf dem Gebiet von Heiligenhaus liegt,
- 12 ha südlich der Heide- östlich der Hülsbecker Str.,
- 2 ha an der Heidestraße weiter östlich.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

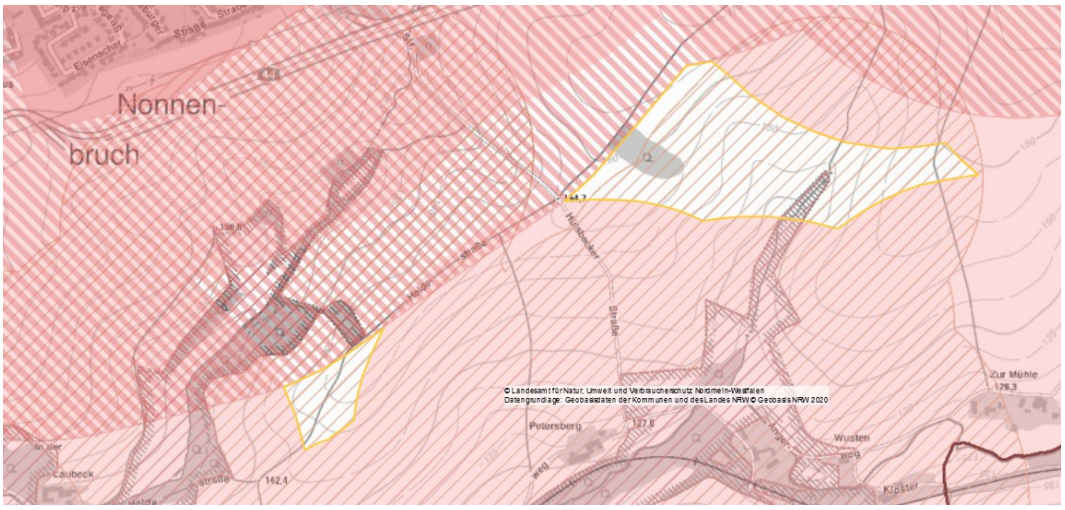

Abbildung 3: Flächen 2 und 3 (eigene Darstellung)

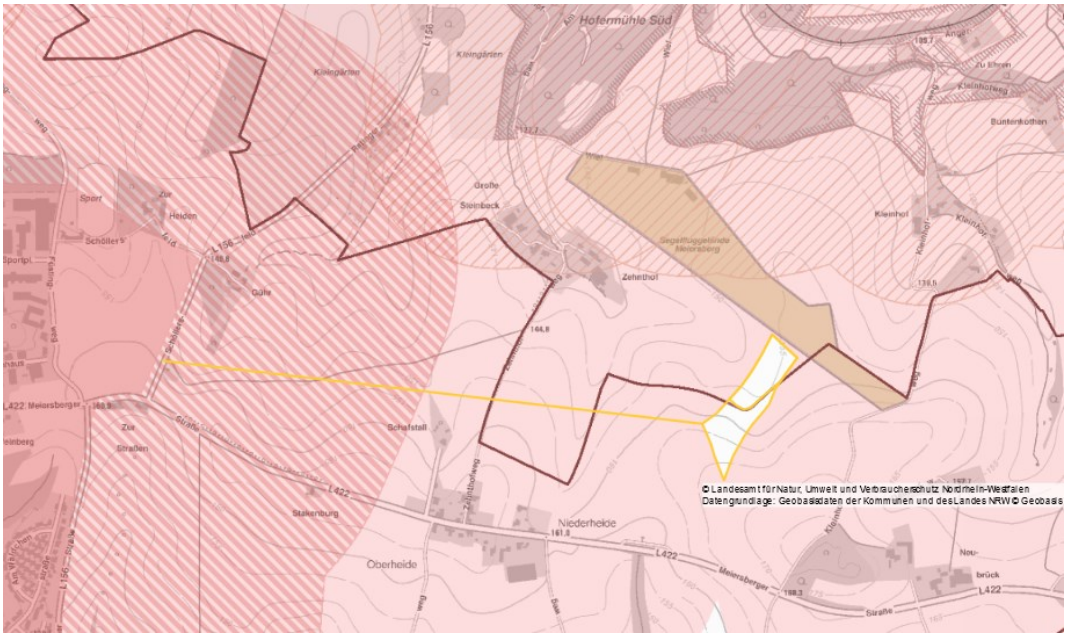

Abbildung 4: Fläche 1 (eigene Darstellung)

Bei einer Abstandsregelung von 1.500 m zum Siedlungsgebiet und von 300 m zu Naturschutzgebieten fallen die Flächen 1 und 2 weg.

Für einen Ausbau bleibt die Fläche Nr. 3 übrig. In der Planungsphase muss vorab allerdings geprüft werden, ob eine Windkraftanlage mit der Flugplatznutzung vereinbar ist. Dort ist maximal der Aufbau einer Anlage möglich. Eine Anlage vom Typ Vestas V126 mit einer Leistung von 3.450 KW, einem Rotordurchmesser von 126 m und einer Nabenhöhe von 137 m würde einen Ertrag von ca. 9.000 MWh/a liefern.

Zusammenfassung

Potenzial Wind: 9.000 MWh Strom/a
Empfehlung: Überprüfung der Fläche am Flugplatz, ob sie für die Installation einer Windkraftanlage zur Verfügung stünde, ansonsten keine Weiterverfolgung.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

3.2 Solarenergie

Das Land NRW hat im Jahr 2013 eine Studie zu PV-Freiflächenanlagen (LANUV NRW, 2013) durchgeführt und 2018 eine Studie zu PV-Dachflächen und Solarthermie (NRW L. , 2018). Die Ergebnisse dieser Studien werden hier aufgenommen. Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Solarkataster des Landes veröffentlicht, in dem für jede Dachfläche die potenzielle zu installierende Leistung und der mögliche Ertrag ermittelt wurden.

3.2.1 PV-Freiflächen

Das Land NRW hat im Jahr 2013 eine Potenzialstudie Solarenergie (LANUV NRW, 2013) durchgeführt. Es wurden folgende Typen von möglichen Freiflächenstandorten analysiert:

- Randstreifen an Autobahnen und Bahnstrecken,
- Halden und Deponien,
- Bergbaustandorte,
- wirtschaftliche Konversionsflächen (Frei- und Brachflächen in Industrie- und Gewerbegebieten),
- Parkplätze,
- militärische Konversionsflächen,
- Lärmschutzwände,
- Brücken.

Als Ergebnis der Untersuchung ergeben sich für die Stadt Heiligenhaus „geeignete Freiflächen“ mit insgesamt

- einer installierbaren Modulfläche von 120.000 m^2,
- einer installierbaren Leistung von 21,5 MWp und
- einem möglichen Stromertrag in Höhe von 18,5 GWh/a.

Von der Stadt Heiligenhaus wurde zudem eine weitere, aktuellere und detaillierte Potenzialanalyse zu PV-Freiflächenanlagen in Auftrag gegeben (Stadtwerke Heiligenhaus, 2020). Diese ergab insgesamt sechs Flächen in unmittelbarer Nähe zur Autobahn, für die eine EEG-Förderung möglich ist.

Des Weiteren ergab die Analyse vier weitere mögliche Flächen, für die eine EEG-Förderung *ausgeschlossen* ist. Hier könnte der erzeugte Strom direkt an die anliegenden Gewerbebetriebe vermarktet werden.

Ergänzend wurde eine zweite Untersuchung durchgeführt, bei der zwei weitere Flächen betrachtet wurden (Stadtwerke Heiligenhaus, 2020). Alle Potenzialflächen sind in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengefasst.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 4: Übersicht über die Freiflächenpotenziale (Stadtwerke Heiligenhaus, 2020)

	Größe m²	Leistung kWp	Ertrag MWh/a
Am Werkerhäuschen	4.300	749	655
Auffahrt Autobahn A44	4.300	749	650
Wülfrather Str. I.	4.300	749	651
Konserheider Weg 1	4.300	749	649
Talburgstraße	4.300	748	672
Wülfrather Str. II.	4.300	749	649
Gewerbegebiet Unterlip/Ratinger Str.	26.000	5000	4550
Gewerbegebiet Heiligenhaus Mitte II	4.200	790	710
Gewerbegebiet Dieselstraße	4.200	800	723
Gewerbegebiet Heiligenhaus Hetter-schedt	3.100	580	530
Gewerbegebiet Innovationspark I	5.500	1.000	928
Gewerbegebiet Innovationspark II	4.000	800	700
Gewerbegebiet Innovationspark III	3.000	600	500
Fläche B Nähe Gewerbegebiet Innova-tionspark	44.500	8.800	8.059
Summe	**120.300**	**22.863**	**20.626**
Studie NRW 2013 zum Vergleich	**120.000**	**21.500**	**18.500**

Es wurden in der Regel Anlagen mit einer installierten Leistung kleiner 750 kW eingeplant, da diese eine feste Einspeisevergütung nach EEG erhalten und nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen müssen. Bei geänderten rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen kann sich dieses abgeschätzte Potenzial noch erhöhen. Weitere Potenzialflächen wären zum Beispiel Überdachungen von Parkplätzen, wie sie seit neuestem im Klimaschutzgesetz des Landes Baden-Württemberg gefordert werden.

Die Herausforderungen bei der Umsetzung dieses Freiflächenpotenzials sind die Eigentumsverhältnisse der möglichen Freiflächen, die Konkurrenz zur Nahrungsproduktion, der notwendige Netzanschluss und die anzustrebende Nähe zu möglichen Stromabnehmern, um den ökologisch und ökonomisch sinnvollen Eigenverbrauch möglichst hoch werden zu lassen. Diese Faktoren sind bei der Entwicklung eines Umsetzungskonzeptes und bei der Ausschöpfung der Potenziale unbedingt zu beachten.

3.2.2 PV-Dachflächen

2018 wurde ein landesweites Solarkataster für NRW erstellt (NRW L. , 2018). Grundlage waren hochaufgelöste Laserscandaten, aus denen ein flächendeckendes digitales Oberflächenmodell (DOM) erzeugt wurde. Durch Verschneidung der Daten mit einer Karte aller Gebäudeumrisse konnten sämtliche

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Dachflächen ermittelt und in homogene Teilflächen zerlegt werden, die jeweils über eine einheitliche Neigung und Ausrichtung verfügen und damit gleichermaßen für Solarmodule verfügbar sind. Über Strahlungsdaten des Deutschen Wetterdienstes wurden die solare Einstrahlung sowie deren prozentuale Verschattung errechnet. Stark abgeschattete Bereiche sowie zu kleine Fläche wurden als ungeeignet herausgenommen. Daraus konnte eine Vielzahl von Parametern, wie z. B. nutzbare Modulfläche, installierbare Leitung, potenzieller Strom- oder Wärmeertrag, für jede Dachfläche berechnet werden. Bautechnische Faktoren, wie der Zustand und die Statik des Daches oder Gebäudes oder ob ein Gebäude unter Denkmalschutz steht, können auf dieser Datengrundlage nicht erfasst werden. Hierfür ist eine gesonderte fachliche Prüfung erforderlich.

Als Ergebnis der Analyse gibt es in der Stadt Heiligenhaus „geeignete Dachflächen“ mit

- einer installierbaren Modulfläche von 568.000 m^2,
- einer installierbaren Leistung von 100 MWp und
- einem möglichen Stromertrag von 80.000 MWh/a.

Hier ist die „technisch verfügbare“ Dachfläche (brutto) ausgewiesen. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Flächen auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten realisiert werden können und damit vom Kunden gewünscht sind.

Das Beispiel Mieterstromanlagen auf Mehrfamilienhäusern verdeutlicht dies. Eine PV-Anlage im Miterstrommodel wird nur dann gebaut, wenn der Vermieter bzw. Eigentümer eine (kleine) Pacht für die Dachnutzung erhält und die Mieter mit dem Betreiber einen Vertrag zur Abnahme des Stroms aus der PV-Anlage abschließen. Erfahrungsgemäß passiert dies nur, wenn der Strom aus der PV-Anlage günstiger als der aktuelle Marktpreis ist. Mit dem aktuellen „Mieterstromzuschlag“ und dem gesetzlich geforderten Messaufwand ist das zurzeit nicht realisierbar und die möglichen Potenziale werden häufig nicht ausgeschöpft.

Als positives Beispiel ist anzufügen, dass die Stadtwerke im Jahr 2018 eine PV-Mieterstromanlage (20 kW) in einem Mehrfamilienhaus mit 10 Wohneinheiten gebaut haben. Sie konnte realisiert werden, weil zum einen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zum Zeitpunkt des Baus noch deutlich besser waren, neben den Stadtwerken auch der Vermieter sehr engagiert war und einige Informationsveranstaltungen für die Mieter durchgeführt werden konnten.

Ähnliche Umsetzungsbeispiele gibt es von den Stadtwerken Burg (siehe den Beitrag von 14.12.2016 auf der Webseite der Stadtwerke Burg (Stadtwerke Burg, 2021)) bzw. den Stadtwerken Bad Belzig (ZfK, 2017).

Durch erneute Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen wäre dieses PV-Dachflächenpotenzial deutlich einfacher zu erschließen. Zurzeit liegt die Ausschöpfung des Potenzials in Heiligenhaus bei 4 Prozent. Der Durchschnitt in NRW lag im Jahr 2018 bei 7 Prozent, das Maximum von über 50 Prozent erreichen Burbach und Möhnesee. Unter 1 Prozent liegt nur die Stadt Wuppertal. 244 Kommunen liegen unter dem Durchschnitt, 152 liegen darüber.

Die Stadt Bruchsal ist hier als sehr vorbildlich zu nennen. Das Dachflächenpotenzial wurde 2010 mit 126 MWp bzw. 117.162 MWh beziffert. 2018 waren 23,16 MW installiert und der Ertrag betrug 20.050 MWh. Dies entspricht einer Potenzialausschöpfung von rund 18 Prozent.

3.2.3 Solarthermie

Das Solarkataster 2018 (NRW L. , 2018) enthält ebenso die Potenziale für Solarthermie. Hier werden Dachflächen mit einer Strahlungsenergie von über 800 Kilowattstunden pro m^2 und Jahr berücksichtigt, bei einer Mindestgröße der Dachfläche von 5 m^2 und bei Flachdächern von mindestens 12,5 m^2.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Für Heiligenhaus wurde eine installierbare Kollektorfläche von 500.000 m^2ermittelt. Damit wäre bei einem Ertrag von 500 kWh/m^2 eine theoretisch erzeugbare Wärmemenge von 250 GWh/a möglich. Die Produktion von Wärme ist nur dort sinnvoll, wo sie auch direkt abgenommen wird. Solarthermieanlagen werden in der Regel so ausgelegt werden, dass sie 60 Prozent des Warmwasserbedarfes im Jahr abdecken können. Da lediglich 50 Prozent der Haushalte in NRW eine Zentralheizung haben und deshalb für eine Nutzung von Solarthermie in Frage kommen, reduziert sich die nutzbare Wärmemenge für die WW-Aufbereitung auf rund 6 GWh/a. Unter der Annahme, dass der gesamte Warmwasser-Wärmebedarf in Heiligenhaus 19 GWh/a beträgt, wäre der mögliche Deckungsbeitrag der Solarthermie am WW-Wärmebedarf 29,6 Prozent.

Dies bedeutet auch, dass nur 2,4 Prozent bzw. 12.000 m^2 der 500.000 m^2 Dachfläche für Solarthermie genutzt werden sollten und der Rest für PV-Anlagen.

Zusammenfassung

Solar-Potenzial Gesamt: 103.967 MWh Strom/a, 6.000 MWh Wärme/a
Empfehlung: Nutzung des Solarkatasters NRW in Kooperation mit den lokalen Handwerkern zur Erschließung dieses immensen Potenzials

3.3 Biomasse

Die land- und fortwirtschaftlichen Potenziale auf Kreisebene wurden vom LANUV im Jahr 2014 erhoben (LANUV NRW, 2014, Seite 158).

Tabelle 5: Potenzielle Erträge aus landwirtschaftlichen Abfällen Landkreis Mettmann

	Potenzielle Stromerträge (GWh/a)	Potenzielle Wärmeerträge (GWh/a)
Forstwirtschaft	1,44	29,59
Landwirtschaft	64,05	106,19
Abfallwirtschaft	89,14	187,57
Summe	**154,63**	**323,35**

Um die zur Ermittlung der Potenziale der Stadt Heiligenhaus zu berücksichtigenden Werte zu erhalten, wird

- bei Forst- und Landwirtschaft der Flächenanteil und
- bei der Abfallwirtschaft der Anteil der Einwohner herangezogen.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 6: Basisdaten Kreis Mettmann und Stadt Heiligenhaus 2012

	Kreis Mettmann (LANUV NRW, 2014, Seite 158)	Stadt Heiligenhaus (Landesdatenbank NRW, 2021)	Anteil in %
Einwohnerzahl	495.155	25.502	5,15
Waldfläche km^2	7.567	344	4,55
Landwirtschaftliche Fläche km^2	12.541	1.421	11,33

Tabelle 7: Potenzielle Erträge aus landwirtschaftlichen Abfällen Stadt Heiligenhaus

	Potenzielle Stromerträge (MWh/a)	Potenzielle Wärmeerträge (MWh/a)
Forstwirtschaft	65,52	1.346,35
Landwirtschaft	7.256,87	12.031,33
Abfallwirtschaft	4.590,71	9.659,86
Summe	**11.913,1**	**23.037,54**

3.3.1 Klärgas

Es ist davon auszugehen, dass das gesamte Klärgaspotenzial gemäß Kapitel 2.3.1 bereits genutzt wird und somit kein freies Potenzial zur Verfügung steht. Weitere Betrachtungen werden hierzu nicht angestellt.

3.3.2 Deponiegas

Der limitierende Faktor für die energetische Nutzung des Deponiegases ist der Methangehalt im Gas. Dieser unterliegt Schwankungen und fällt nicht konstant an. Ist der Anteil zu gering, kann es nicht mehr sinnvoll genutzt werden. Zurzeit liegt der Methangehalt in der Anlage noch bei über 35 Vol.%. Erwartet wird ein Rückgang der Methangasbildung von 10-15 Prozent im Jahr. Dieser Trend hat sich allerdings noch nicht eingestellt.

Zurzeit werden 8,5775 m^3 Methan/h (23,5 m^3/h mit 36,5% Methan) abgesaugt. Dies entspricht 75.138,9 m^3 pro Jahr (Lambda, 2019).

Theoretisch könnte damit ein BHKW mit 30 kW_{el} und 80 kW_{th} installierter Leistung betrieben werden. Nach Aussage von Herrn Andryszak (Andryszak, 2021) der Fa. Lambda ist ein wirtschaftlicher Betrieb jedoch nicht mehr möglich, vor allem vor dem Hintergrund sinkender Methanmengen. Eine Wärmenutzung des zurzeit abgefackelten Gases wäre theoretisch möglich, wenn in der Nähe ein Wärmeabnehmer wäre.

Das theoretische Potenzial des BHKWs wären 180 MWh Strom und 480 MWh Wärme jährlich bei 90 Prozent Wirkungsgrad und 6.000 Volllaststunden. Das entsprechende BHKW benötigt rund 75.000 m^3 Gas.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

3.3.3 Bio- und Grünabfälle

In diesem Kapitel wird der theoretische Energiegehalt des Bioabfalls aus der Biotonnensammlung berechnet, ungeachtet dessen, ob die Mengen ausreichend für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Vergärungsanlage sind oder nicht. Tabelle 8 fasst die für Berechnung notwendigen Umrechnungsfaktoren zusammen.

Tabelle 8: Umrechnungsfaktoren Energieträger Bio- und Grünabfall (LANUV NRW, 2014, Seite 158)

Stoffstrom	Energiegehalt [kWh/t]	Wirkungsgrad elektrisch [%]	Wirkungsgrad thermisch [%]	Stromoutput [kWh_{el}/t]	Wärmeoutput [kWh_{th}/t]
Bioabfall	734	38	42	279	308
Grünabfall	427	38	42	162	179

Tabelle 9: Potenzieller Strom- und Wärmeoutput mit den Mengen 2019

	Abfallmengen 2019	Stromoutput gesamt	Wärmeoutput gesamt
	t/a	MWh_{el}/a	MWh_{th}/a
Biomüll aus den Haushalten für 13.000 HH	3.329	929	1.026
Grünabfälle TBH (Grünflächenpflege und Grünannahmestelle)	1.161	188	208
Summe	**4.490**	**1.117**	**1.234**

In Tabelle 9 sind die für Heiligenhaus berechneten Strom- und Wärmeerträge aus Bio- und Grünabfällen unter der Annahme ausgewiesen, dass in allen Haushalten der Biomüll erfasst wird. Die Mengen aus den bereits erfassten Haushalten werden auf die Gesamthaushalte hochgerechnet. Bei 6.000 Vollbenutzungsstunden würde dies einem BHKW mit 60 kW elektrischer Leistung entsprechen.

3.3.4 Forstwirtschaftliche Abfälle

Die forstwirtschaftlichen Erträge in Höhe von 1.020 m^3 sind bereits für eine Holzhackschnitzanlage verplant. Zur Berechnung des Ertrages aus diesen Volumina wurden die Annahmen aus der Machbarkeitsstudie der Stadt Heiligenhaus (Energieagentur Lippe GmbH, 2021)übernommen:

Energiegehalt Holz bei 35 % Feuchte: 2.950 kWh/t

Schüttdichte: 0,25 t/Schüttraummeter (SRM)

1 SRM = 1 m^3

Daraus berechnet sich ein Energiegehalt gesamt in Höhe von 752,25 MWh/a.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

3.3.5 Landwirtschaftliche Abfälle

Auf Basis der Viehbestände und der landwirtschaftlichen Anbauflächen (Piepel, 2020) ergeben sich für die Stadt Heiligenhaus die folgenden theoretischen Biogaspotenziale:

Tabelle 10: Potenzielle Erträge der landwirtschaftlichen Flächen

Landwirtschaftliche Flächen						
Fruchtarten		**Fläche** [ha]	**durchschnittliche Erträge** [t/ha]	[t/a]	**durchschnittl. Biogasertrag** [m³/a]	**Energie-gehalt** [MWh/a]
Ackerfläche gesamt		554				
	Weizen	130	8,3	1.081	665.746	3.462
	Roggen	13	7,3	97	59.663	310
	Wintergerste	137	7,7	1.052	647.876	3.369
	Sommergerste	0	5,7	0	0	0
	Hafer	28	5,3	152	93.732	487
	Triticale	37	7,2	266	163.884	852
	Winterraps	93	4,0	374	58.349	362
	Silomais	16	46,4	742	160.451	834
	Zuckerrüben	14	66,3	957	141.793	723
Dauergrünland		212	0,0	0	0	0
Summe				**4.721**	**1.991.495**	**10.400**
10 % der Ackerfläche (Silomais)		47	46	2.172	469.530	2.442

Tabelle 11: Potenzielle Erträge aus Wirtschaftsdünger

Viehveredelung					
Viehart	**Anzahl**	**GVE**	**Wirtschafts-düngeranfall** [m³/a]	**Biogasertrag** [m³/a]	**Energie-gehalt** [MWh/a]
Rinder insgesamt	99	59	680	16.091	88
Schweine insgesamt	0	0	0	0	0
Hühner insgesamt	15.350	215	414	69.938	455
Summe	**15.449**	**274**	**1.094**	**86.029**	**543**

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 12: Theoretisches Biogaspotenzial aus landwirtschaftlichen Abfällen

Theoretisches Biogaspotenzial

	Einsatz-menge	durchschnitt-licher Biogasertrag	Energie-gehalt
	[t/a]	[m³/a]	[MWh/a]
Viehveredelung	1.094	86.029	543
landwirtschaftliche Nutzfläche	4.721	1.991.495	10.400
Summe	**5.815**	**2.077.524**	**10.943**
theoretisch mögliche el. Leistung	**509 kW_{el}**		
Biogaspotential bezogen auf 10 % der Ackerfläche			
10 % der Ackerfläche (Silomais)	2.172	469.530	2.442
Anteil Wirtschaftsdünger (100 %)	1.094	86.029	543
Summe	**3.266**	**555.559**	**2.985**
mögliche installierte el. Leistung	**139 kW_{el}**		
bereits installierte Leistung	**20 kW_{el}**		
verbleibendes Biogaspotenzial	**119 kW_{el}**		

Bei der Berechnung wurde angenommen, dass sämtlicher Wirtschaftsdünger sowie 10 Prozent der Ackerfläche für Silomais verwertet werden. Der Energiegehalt beträgt 2.985 MWh. Damit ist ein weiteres BHKW, neben dem bereits existierenden BHKW mit 20 kW Leistung, mit einer installierten Leistung von 119 kW_{el} und einer Laufzeit von 8.600 Stunden zu betreiben. Bei einem Wirkungsgrad von 85 Prozent wäre das Strompotenzial 870 MWh/a und das Wärmepotenzial wäre 1.305 MWh/a.

Für eine energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen kommt weiterhin die Verwendung von Landwirtschaftsstroh in Betracht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass zur Erhaltung der Bodenqualität ein Teil der anfallenden Strohmenge auf dem Acker verbleiben sollte. Gleichzeitig sind nicht alle Stroharten gut für die energetische Nutzung geeignet.

Tabelle 13: Potenzielle Erträge aus Strohabfällen

	Durchschnittlich verwertbare Erträge		Durchschnittlich Biogasertrag	Energiegehalt
Stroh aus Getreide	**[t/ha]**	**[t/a]**	**[m³/a]**	**[MWh/a]**
Weizen	3,35	432	133.831	695,920
Gerste	2,7	368	113.959	592,584
Summe		**800**	**247.789**	**1.288,504**

Deswegen wird als nutzbares Potenzial der Energieinhalt der Hälfte des im Stadtgebiet anfallenden Weizen- und Gerstenstrohs angesetzt. Der Energiegehalt beträgt 1.289 MWh. Bei einem Nutzungsgrad von 85 Prozent beträgt das Potenzial 1.095 MWh, 438 MWh Strom und 657 MWh Wärme.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Zusammenfassung

Biomasse-Potenzial: 2.425 MWh Strom/a, 3.949 MWh Wärme/a
Empfehlung: Die ermittelten Biomassepotenziale sind relativ gering. Eine weitere Vertiefung hat gegenüber anderen Energieträgern eine nachgelagerte Priorität.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

3.4 Geothermie

Im Rahmen der Geothermiestudie des Landes NRW von 2015 (LANUV NRW, 2015) wurden die oberflächennahen Erdwärmepotenziale gemeindescharf berechnet.

Dazu wurden die zur Verfügung stehenden Flächen sowie die Bestandsimmobilien untersucht. Auf Basis der Flurstücke, der Gebäudegrundrisse des Liegenschaftskatasters und der LOD1-Karten des Landes NRW wurden die „unbebauten Flächen der bebauten Besitzeinheiten“ ermittelt. Bei sehr großen Besitzeinheiten wurde nicht die gesamte Fläche herangezogen, sondern nur der für den Wärmebedarf der Bebauung notwendige Anteil des Potenzials.

Hinsichtlich der Gebäudenutzung wurde nach fünf Nutzungsgruppen differenziert:

1) Aussortierte Gebäude (Garagen, Scheunen etc.)
2) Wohngebäude
3) Nicht-Wohngebäude
4) Sondergebäude mit hohem Wärmebedarf
5) Sondergebäude mit niedrigem Wärmebedarf

Die Wärmeleitfähigkeit des Bodens wurde gemeindescharf ermittelt. Als Abstand zwischen zwei Geothermieanlagen wurden 10 Meter gewählt, innerhalb einer Geothermieanlage 6 Meter.

Die Geothermiepotenziale für die Stadt Heiligenhaus werden wie folgt beurteilt:

Die geothermische Ergiebigkeit durch Erdwärmekollektoren liegt im mittleren Bereich.

Die geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmesonden wird in Abhängigkeit von der Sondenlänge wie folgt beurteilt:

Tabelle 14: geothermische Ergiebigkeit in Abhängigkeit von der Sondenlänge

Sondenlänge	Geothermische Ergiebigkeit (Klasse)
40 m	gut (Klasse 2b)
60 m	gut (Klasse 2b)
80 m	gut (Klasse 2b)
100 m	gut (Klasse 2b)

Genehmigungsbehörde für die Nutzung von Erdwärmesonden in Heiligenhaus ist der Kreis Mettmann.

Für die Nutzung von Geothermie gibt es in der Stadt Heiligenhaus Begrenzungen durch die Wasserschutzgebiete Zone I, II, III und IIIa. (Energieagentur NRW, Abruf 10.11.2020).

Im Rahmen der Geothermie-Studie (LANUV NRW, 2015) wurde für die Stadt Heiligenhaus ein technisch nutzbares Potenzial von 224.700 MWh/a ermittelt. Bei dieser Berechnung sind die Wasserschutzzonen I bis III als nutzbare Fläche ausgeschlossen worden. Bei einem berechneten Gebäudewärmebedarf von 391.300 MWh/a ergibt sich ein Deckungsbeitrag der oberflächennahen Geothermie von 57,4 Prozent.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Zur vollständigen Erschließung dieses Potenzials würden bei einer Jahresarbeitszahl von 4,0 insgesamt 56.175 MWh Strom pro Jahr benötigt. Dies wäre eine Steigerung von rund 50 % des bisherigen Stromverbrauchs der Stadt Heiligenhaus, von 116.979 MWh/a auf 173.154 MWh/a.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass laut Aussage der Stadtwerke in Heiligenhaus hauptsächlich Gasetagenheizungen vorherrschen und weniger zentrale Heizungsanlagen. Das hat zur Folge, dass die Umsetzung von Geothermie-Anlagen im Bestand schwieriger wird, da der Sanierungsbedarf und damit die Kosten für die Umsetzung bei bisher dezentralen Anlagen deutlich höher sind als bei zentralen Anlagen.

Des Weiteren soll hier erwähnt werden, dass der Einsatz von Luft-Wärme-Pumpen (fast) immer möglich ist. Diese sind kostengünstiger als Erdwärmepumpen, sind jedoch ökologisch nicht so sinnvoll und somit die schlechtere Alternative. Ein weiteres Problem stellt ebenso häufig der Schallschutz dar.

Zusammenfassung

Geothermie-Potenzial: 224.700 MWh Wärme/a
Empfehlung: Die Geothermiepotenziale sind sehr groß. Es sollten Maßnahmen zur Nutzung der Potenziale ergriffen werden, um Projekte für private Haushalte, öffentliche Gebäude und Unternehmen in Heiligenhaus zu realisieren bzw. die Entscheider von den Vorteilen zu überzeugen.

3.5 Industrielle Abwärmenutzung

Das Land NRW hat in seiner Studie zur industriellen Abwärmenutzung (LANUV NRW, 2019) für die Stadt Heiligenhaus vier Unternehmen mit einem Abwärmepotenzial von 1.100 MWh/a identifiziert.

Details zu den Unternehmen sind nicht bekannt und müssten beim LANUV erfragt werden.

Zusammenfassung

Industrielle Abwärme - Potenzial: 1.100 MWh Wärme/a
Empfehlung: Weiterverfolgung der Potenziale und erfragen, welche vier Unternehmen das Abwärmepotenzial besitzen.

3.6 Zusammenfassung Potenziale

Tabelle 15: Zusammenfassung der Potenziale EE in Heiligenhaus

Energieträger	Ertrag Strom MWh/a	Anteil in %	Ertrag Wärme MWh/a	Anteil in %
Wind	9.000	7,7 %		
PV- Freiflächen	***23.967***	***20,6 %***		
PV Dachflächen	***80.000***	***68,8 %***		
Solarthermie			6.000	2,5 %
Klärgas	791	0,7 %	791	0,3 %
Deponiegas	180	0,2 %	480	0,2 %

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Energieträger	Ertrag Strom MWh/a	Anteil in %	Ertrag Wärme MWh/a	Anteil in %
Bio- und Grünabfälle	1.117	1,0 %	1.234	0,5 %
Forstwirtschaftliche Abfälle			752	0,3 %
Landwirtschaftliche Abfälle	1.308	1,1 %	1.962	0,8 %
Geothermie			***224.700***	***94,8 %***
Industrielle Abwärme			1.100	0,5 %
Summe	**116.363**	**100 %**	**237.020**	**100 %**

Bei genauer Betrachtung wird deutlich, dass die größten Potenziale im Strombereich bei der Nutzung von PV-Frei- und Dachflächen und im Wärmebereich bei der Nutzung von Geothermie liegen.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

4. Potenzialbetrachtung Stufe II

Aufbauend auf der Potenzialbetrachtung Stufe I wurde in Abstimmung zwischen den Projektpartnern festgelegt, dass zwei Teilbereiche mit dem höchsten Potenzial noch einmal genauer beleuchtet werden sollen. Es wurde entschieden, den Ausbaupfad zur Photovoltaik sowie drei Beispiele zur Umsetzung von Geothermieprojekten näher zu untersuchen. Die Parameter und Annahmen, die der Untersuchung zu Grunde liegen, sind im Anhang aufgeführt.

4.1 Ausbaupfad Photovoltaik

Die möglichen Ausbaupfade werden für die vorliegenden Dachflächen und Freiflächen auf Grundlage der Potentiale ermittelt. Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Der Anlagenbestand bis 2020 wird berücksichtigt (3.569 kWp, brutto).
- Das PV-Potential der Dachflächen liegt bei 100 MWp, brutto.
- Das PV-Potential der Freiflächen liegt bei 22,9 MWp, brutto.
- Der Ausbau der PV-Leistung auf Dachflächen sollte gleichmäßig in einem Ausbaupfad erfolgen.
- Der Ausbau von PV-Anlagen auf Freiflächen wird parallel zu den Dachanlagen betrieben.
- Zur Betrachtung verschiedener Ausbaupfade werden sechs Szenarien entwickelt:
  - „gemäßigt“ bis 2035,
  - „Ziel“ bis 2030,
  - „ambitioniert“ bis 2028,
  - jedes Szenario wird mit einer Potenzialausschöpfung von 100 (Tabelle 16) bzw. 70% (Tabelle 17) berechnet.
- Für die Szenarien werden jährlich die gleichen Ausbauleistungen auf den Dachflächen unterstellt.
- Für die Kostenberechnung sind Inflationseffekte vernachlässigt worden.
- Für PV-Dachflächen werden Investitionskosten in Höhe von 1.500 €/kWp und für PV-Freiflächen 680 €/kWp angesetzt.
- Der mittlere spezifische Jahresertrag für Dachanlagen und Freiflächenanlage wird mit 890 kWh/kWp und Jahr angesetzt (Dies sind die Werte, mit denen die Stadtwerke gerechnet haben.).
- CO_2-Abgabe: Anstieg gemäß Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz - BEHG) und mittlerer Auktionspreis in Höhe von 100 €/t ab 2027.

Tabelle 16: Ausbaupfad PV mit einer Potenzialausschöpfung von 100%

Ausbaupfad 100 %	„ambitioniert“	„Ziel“	„gemäßigt“
erfüllt bis Ende	2028	2030	2035
PV-Potential	122,9 $MW_{p, brutto}$		
jährlicher Zubau	15,4 MW_p	12,3 MW_p	8,2 MW_p
Investitionen	160 Mio. €	160 Mio. €	160 Mio. €

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Ausbaupfad 100 %	„ambitioniert“	„Ziel“	„gemäßigt“
jährliche Investitionen	20 Mio. €/a	16 Mio. €/a	11 Mio. €/a
finaler jährlicher Solarertrag	109 GWh/a		
finale jährliche CO_2-Einsparungen ggü. Bundesstrommix	15.300 t/a		
Summe der CO_2-Einsparungen bis 2035	**268.800 t**	**240.700 t**	**180.600 t**
Gegenwert CO_2-Einsparung bei 23 €/t (z.B. Kompensation bei atmosfair)	6,2 Mio. €	5,5 Mio. €	4,1 Mio. €
Gegenwert CO_2-Einsparung bei 100 €/t (BEHG-Szenario)	22,2 Mio. €	20,3 Mio. €	15,4 Mio. €

Für die Ausschöpfung des PV-Potentials bis spätestens zum Jahr 2035 muss der Zubau von Photovoltaikanlagen deutlich schneller voranschreiten, als es bisher geschehen ist. Abbildung 5 zeigt mögliche Ausbaupfade und verdeutlicht das Verhältnis zwischen bestehenden und zu errichtenden PV-Anlagen.

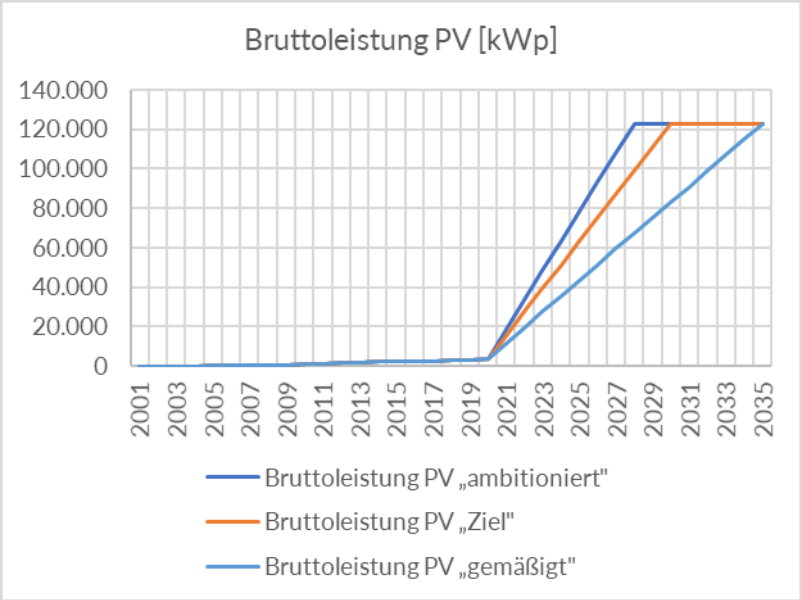

Abbildung 5: Installierte Bruttoleistung der PV-Anlagen in den Ausbauszenarien bei 100 % Potenzialausschöpfung

Aus Abbildung 6 wird deutlich, dass die Summe der vermiedenen CO_2-Emissionen durch Stromerzeugung in PV-Anlagen im Betrachtungszeitraum stark vom Ausbaupfad abhängt. Je ambitionierter der Zubau von Photovoltaikanlagen ist, desto höher ist die Summe der kumulierten CO_2-Vermeidung. Eine Anlage, die länger im Betrieb ist, kann im Betrachtungszeitraum mehr Ertrag generieren und somit auch stärker zum Klimaschutz beitragen.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

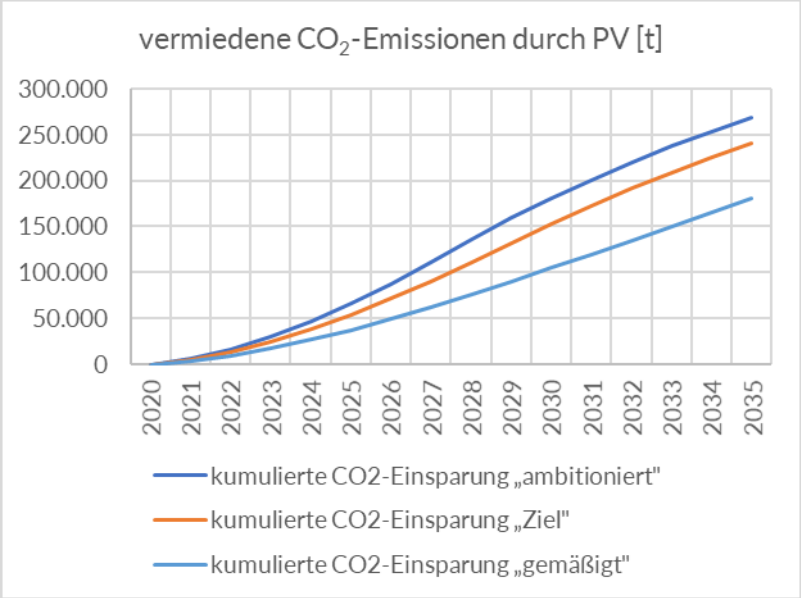

Abbildung 6: Durch PV-Anlagen vermiedene CO_2-Emissionen der Stromerzeugung in den Ausbauszenarien bei 100 % Potenzialausschöpfung

Da eine Potenzialausschöpfung von 100 Prozent aufgrund verschiedenster Restriktionen relativ unwahrscheinlich ist, ist der Ausbaupfad noch einmal mit einer Ausschöpfung von 70 Prozent berechnet worden (Tabelle 17). In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass wirtschaftlich nutzbare Dachflächen auf Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern und Gewerbe- bzw. Industriebauten genutzt werden. Rechtliche Hemmnisse, wie z. B. die hohen Hürden zur Nutzung von Mieterstrom oder Denkmalschutz, sowie bauliche Einschränkungen (z. B. die Tragfähigkeit eines Daches) können die tatsächliche Ausschöpfung des PV-Potenzials weiter verringern.

Tabelle 17: Ausbaupfad PV mit einer Potenzialausschöpfung von 70 %

Ausbaupfad 70 %	„ambitioniert“	„Ziel“	„gemäßigt“
erfüllt bis Ende	2028	2030	2035
PV-Potential	92,9 $MW_{p,\ brutto}$		
jährlicher Zubau	11,6 MW_p	9,3 MW_p	6,2 MW_p
Investitionen	115 Mio. €	115 Mio. €	115 Mio. €
jährliche Investitionen	14,4 Mio. €/a	11,5 Mio. €/a	7,7 Mio. €/a
finaler jährlicher Solarertrag	83 GWh/a		
finale jährliche CO_2-Einsparungen	11.500 t/a		
Summe der CO_2-Einsparungen bis 2035	**204.000 t**	**183.000 t**	**138.000 t**
Gegenwert CO_2-Einsparung bei 23 €/t (z. B. Kompensation bei atmosfair)	4,7 Mio. €	4,2 Mio. €	3,1 Mio. €
Gegenwert CO_2-Einsparung bei 100 €/t (BEHG-Szenario)	16,8 Mio. €	15,4 Mio. €	11,7 Mio. €

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

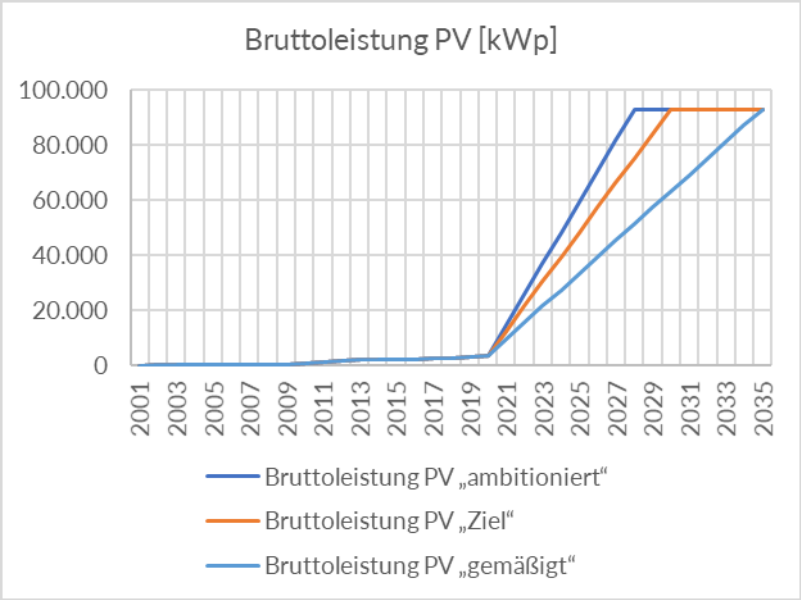

Abbildung 7: Installierte Bruttoleistung der PV-Anlagen in den Ausbauszenarien bei 70 % Potenzialausschöpfung

Aus Abbildung 6 wird deutlich, dass in allen Ausbauszenarien der Zubau von PV-Anlagen im Verhältnis zum Bestand sehr groß ist. Die Summe der vermiedenen CO_2-Emissionen durch Stromerzeugung in PV-Anlagen im Betrachtungszeitraum hängt stark vom Ausbaupfad ab. Abbildung 8 zeigt deutlich, dass durch einen raschen Zubau von PV-Anlagen im ambitionierten Ausbauszenario die kumulierte CO_2-Emissions-Vermeidung deutlich höher ist als im gemäßigten Ausbauszenario.

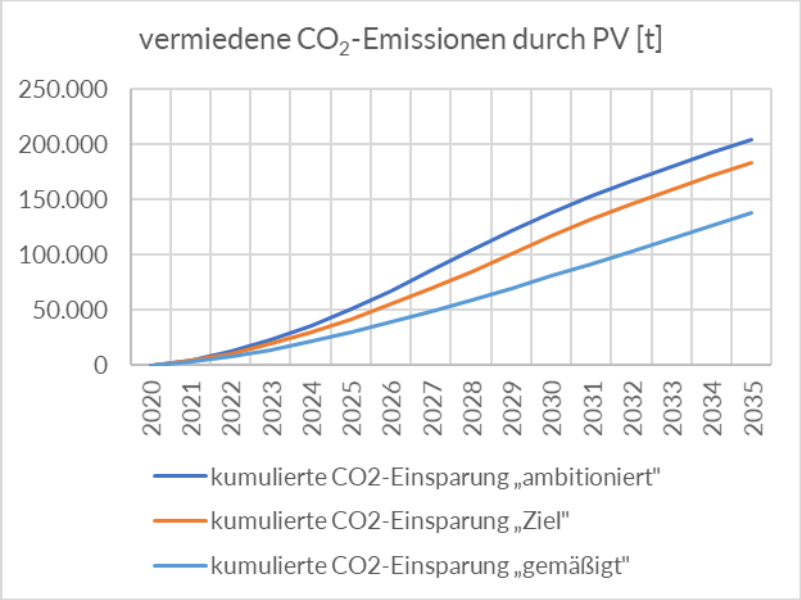

Abbildung 8: Durch PV-Anlagen vermiedene CO_2-Emissionen der Stromerzeugung in den Ausbauszenarien bei 70 % Potenzialausschöpfung

Mit ambitionierten Ausbauzielen und einer frühen Zielerreichung steigt die Gesamtmenge der CO_2-Vermeidung im Vergleich zu gemäßigten Ausbauzielen. Das eingesparte CO_2 hat einen Gegenwert eines zweistelligen Millionenbetrages. Durch Planung und Bau der PV-Anlagen entstehen positive Impulse für lokale Unternehmen.

Die Geschwindigkeit des PV-Zubaus wird sich im Wesentlichen an den zur Verfügung stehenden Investitionsmitteln orientieren. Nur bei einer Potenzialausschöpfung von maximal 70 Prozent und einem

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

gemäßigten Ausbau bis 2035 liegen die notwendigen, jährlichen Investitionen unter 10 Millionen Euro. Da die Stadt Heiligenhaus den PV-Ausbau gerne mit dem lokalen Handwerk realisieren möchte, kann auch dies zu einem begrenzenden Faktor werden. Eine enge Abstimmung mit dem Handwerk vor Ort bereits in einer frühen Phase schafft Planungssicherheit bei den Betrieben und kann zur Erhöhung der Handwerks-Kapazitäten führen.

4.2 Fallbeispiele Geothermie

Zur Vertiefung der Geothermiepotenziale werden drei Beispielprojekte durchgerechnet. Das erste ist ein kommunales Kitagebäude, das zweite sind drei typische Wohngebäude im Bestand und das dritte Beispiel ist eine Neubauplanung.

Die Betrachtungen sind rein konzeptionell als Grobanalyse zu betrachten. Es liegen keine gesicherten Aussagen zur Entzugsleistung des Bodens für Sole-Wasser-Wärmepumpen vor. Belastbare Aussagen zum Wärmebedarf der Gebäude, der erforderlichen Anschlussleistung für die Erzeugungsanlagen und dazu notwendige Investitionen sowie die Wärmegestehungskosten können nur im Rahmen einer Planung der Anlagen ermittelt werden. Die vorliegenden Ergebnisse geben damit nur eine Grobindikation für die Vorteilhaftigkeit der Varianten wieder. Im Rahmen der weiteren Planungen müssen auch genehmigungsrechtliche Fragestellungen für Geothermiebohrungen an den betrachteten Standorten berücksichtigt werden.

4.2.1 Kommunales Gebäude

Die Kindertagesstätte in der Ludgerusstraße 1 wird derzeit über zwei mehr als 30 Jahre alte Erdgaskessel mit Wärme versorgt. Eine tiefergehende energetische Sanierung des Gebäudes ist bisher nicht erfolgt. Eine Photovoltaikanlage mit ca. 30 kWp, die auf dem Dach errichtet werden soll, ist bereits geplant.

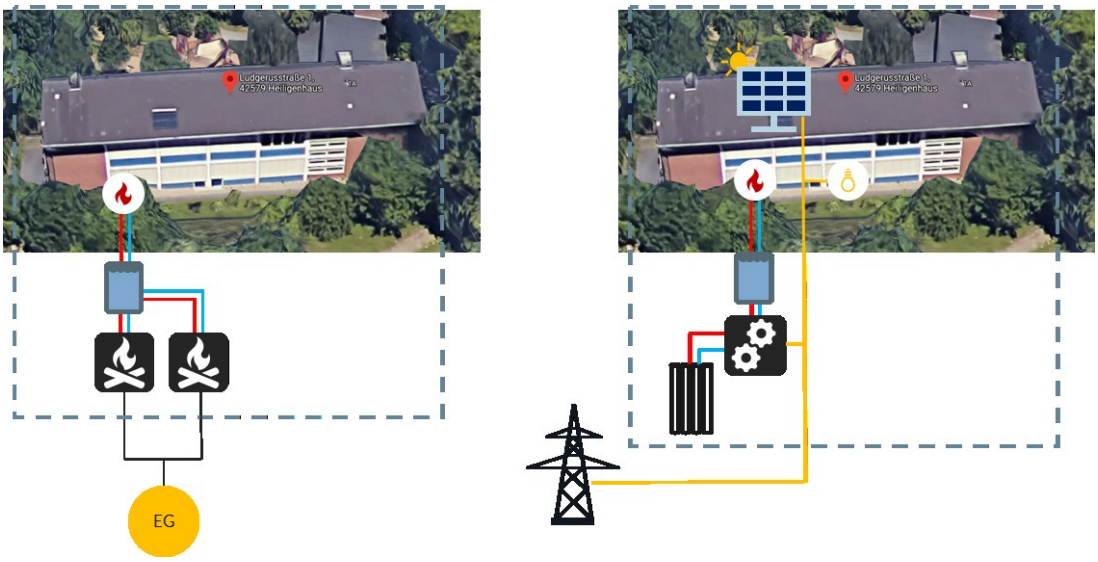

Abbildung 9: Derzeitige Wärmeversorgung und potenzielle Energieversorgung der Kindertagesstätte Ludgerusstr. 1 (Bildquelle: Google Satellite)

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 18: Rahmendaten der Kindertagesstätte Ludgerusstr. 1

Objektbeschreibung	
Baujahr	1960
Geschossanzahl	2
BGF	1.483 m²
Nutzfläche	1.290 m² [1)]
Wärmeerzeuger	2x 105 kW Erdgaskessel von 1987
Brennstoffbezug	278.000 kWh/a
Kesselnutzungsgrad	80 %
Wärmebedarf [2)]	200.000 kWh/a
spez. Wärmeverbrauch [3)]	216 kWh/m²a
Wärmeübergabesystem	Plattenheizkörper/Gliederheizkörper
Strombezug	21.000 kWh/a

Die Kalkulation der Investitionen berücksichtigt aktuell abrufbare Fördermittel und einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Die Kosten für die Sanierungsmaßnahmen sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt worden.

Zur Energieversorgung der Kindertagesstätte werden sechs verschiedene Varianten zum Einsatz von Geothermie und Photovoltaik im Gebäude untersucht: drei verschiedene Sanierungsstufen (unsaniert, durchschnittliches Sanierungsziel, ambitioniertes Sanierungsziel) mit jeweils zwei Jahresarbeitszahlen für die Wärmepumpe (JAZ 3,0 und 4,0). In Abbildung 10 sind die untersuchten Versorgungsvarianten und die jeweilige Verteilung der Energiebereitstellung dargestellt. Die Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 19:

Es wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von Wärmepumpen auch ohne Flächenheizkörper möglich ist. Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts (Fraunhofer-Institut für Solare Systeme ISE, 2020) zeigen, dass auch mit Flächenheizkörpern Jahresarbeitszahlen von etwa 3,9 erreicht werden können.

Technologiematrix		Wärme		Strom	
	Varianten	Gaskessel	Wärme-pumpe	PV	Netzbezug
0	Erdgaskessel	100 %			100 %
1	Erdgas Brennwert (unsaniert)	100 %			100 %
2	GEO + WP + PV (unsaniert) (JAZ 4)	0 %	100 %	21 %	79 %
3	GEO + WP + PV (Stufe 1) (JAZ 4)		100 %	23 %	77 %
4	GEO + WP + PV (Stufe 2) (JAZ 4)		100 %	29 %	71 %
5	GEO + WP + PV (unsaniert) (JAZ 3)		100 %	18 %	82 %
6	GEO + WP + PV (Stufe 1) (JAZ 3)		100 %	19 %	81 %
7	GEO + WP + PV (Stufe 2) (JAZ 3)		100 %	25 %	75 %

Abbildung 10: Anteile Energiebereitstellung Kita Ludgerusstraße in den untersuchten Varianten

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 19: Geothermienutzung Kindetagesstätte Ludgerusstraße in verschiedenen Varianten (ohne Klimabereinigung)

Objektbeschreibung	unsaniert	unsaniert	unsaniert	unsaniert	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 2
	Ausgangs-situation	Kesseltausch im Bestand	Wärmeerzeugerwechsel im Bestand		Wärmeerzeugerwechsel und energetische Gebäudesanierung			
beheizte Fläche [m²]	1.290							
Energieerzeuger	Gaskessel	Gasbrennwert	Geothermie + Wärmepumpe + PV					
Typ	Bestand 2 x 105 kW	remeha Gas 210 Eco Pro 200	Sole-Wasser-WP 120 kW		Sole-Wasser-WP 105 kW		Sole-Wasser-WP 65 kW	
Bohrmeter [m] (Anzahl Bohrlöcher)	--	--	1.100 (12)	1.250 (13)	1.000 (10)	1.080 (11)	650 (7)	700 (7)
Wärmebedarf (Nutzenergie) [kWh/a]	200.000	200.000	200.000		173.000		113.000	
Jahresnutzungsgrad Gaskessel	80 %	93 %	--	--	--	--	--	--
JAZ der Wärmepumpe	--	--	3,0	4,0	3,0	4,0	3,0	4,0
spez. Wärmebedarf [kWh/m²a]	217	194	155		134		87	
Leistung PV-Anlage [kW_p]	--	--	30					
Wärmeübergabesystem			Plattenheizkörper/Gliederheizkörper					
Allgemeinstrom [kWh/a]			18.000					
Endenergiebedarf Wärmeerzeugung [kWh/a]	280.000	250.000	75.000	55.000	65.000	50.000	45.000	35.000
Investition [€] (inkl. PV)	0	22.000	320.000		285.000		200.000	
Investition inkl. Förderung [€] (inkl. PV)	0	22.000	235.000		210.000		155.000	
Annuität [€/a] (Gesamtenergiebezug)	30.000	28.000	29.000	26.000	26.000	23.000	18.000	16.000

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Wärmegestehungskosten [€/kWh]	12	11	11	9	11	9	9	8
CO_2-Emissionen im Betrieb [t/a]	59	51	-6	-6	-6	-6	-6	-6
Kosten durch CO_2-Emissionen [€/a]	4.800	4.200	0	0	0	0	0	0
Primärenergiefaktor	1,5	1,3	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
Amortisationsdauer [a]	0	7	22	17	--	--	--	--

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

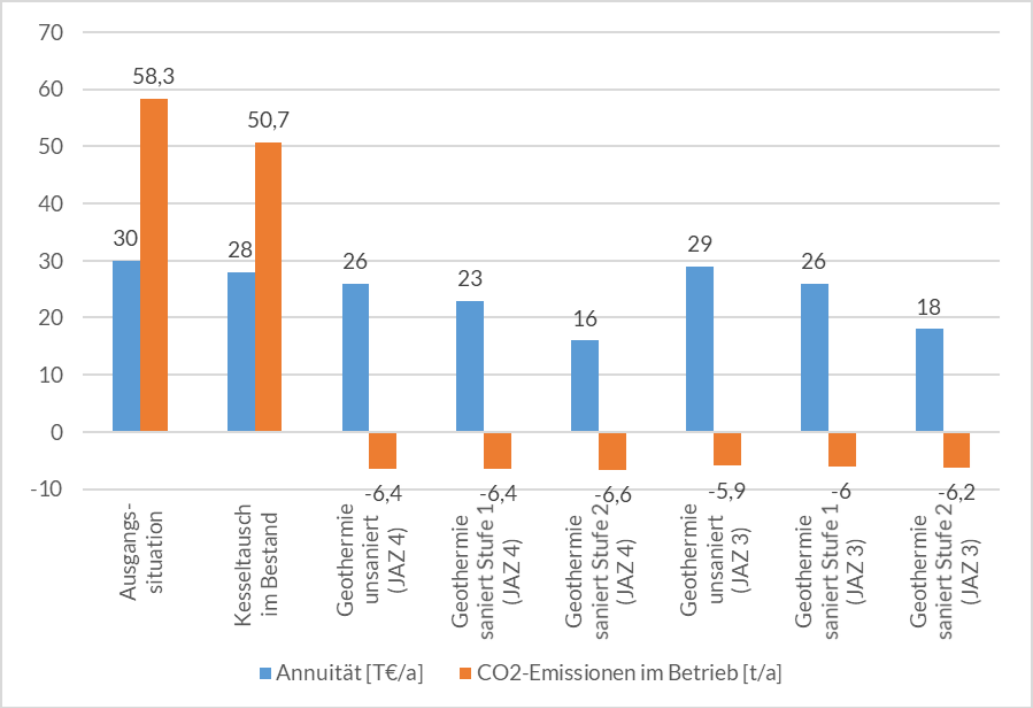

Abbildung 11: Vergleich der Varianten hinsichtlich Annuität für Gesamtenergiebezug und CO_2-Emissionen

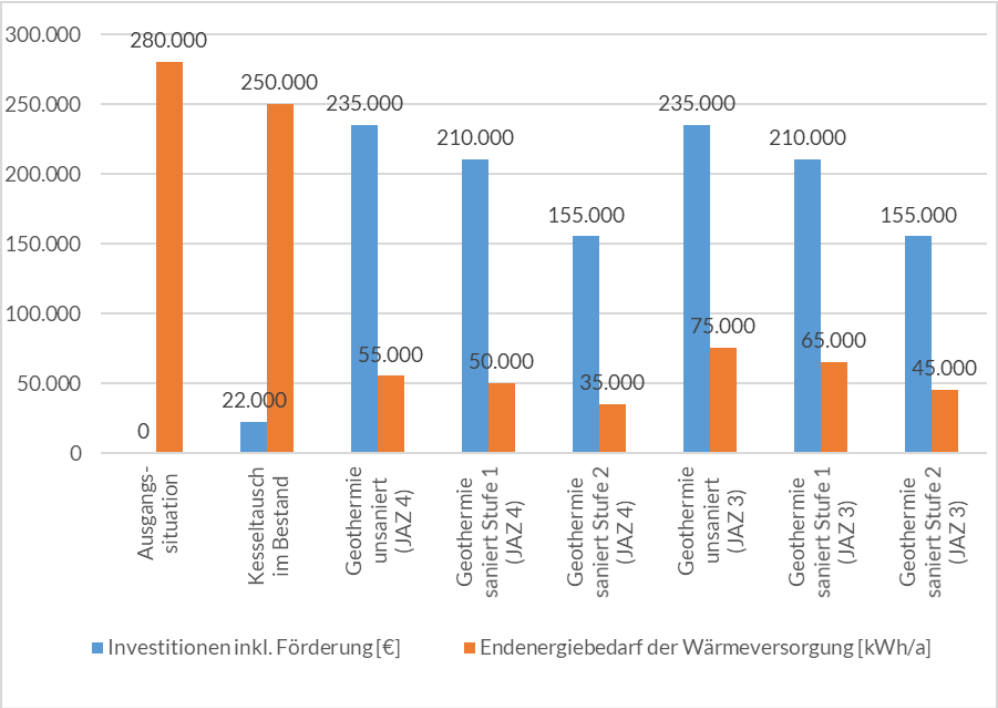

Abbildung 12: Vergleich der Varianten hinsichtlich Investitionen und Endenergiebedarf

Im Ergebnis weist eine Energieversorgung der Kindertagesstätte mit Geothermie und PV bei entsprechender Jahresarbeitszahl geringere Annuitäten auf als eine Versorgung mit Gaskessel und netzbezogenem Strom (Abbildung 11). Die jährlichen Kosten im Vergleich zu der aktuellen Versorgungsvariante sinken mit zunehmendem Sanierungsgrad des Gebäudes. Bei höheren Investitionen liegen die

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

CO_2-Emissionen der Versorgungslösung mit Geothermie und PV im Betrieb deutlich unterhalb der Gaskessellösungen. Der Endenergiebedarf der Wärmeversorgung mit Geothermie (JAZ 4) liegt etwa 80 Prozent unter dem Endenergiebedarf einer Gaskessellösung (Abbildung 12).

Daraus lässt sich schließen, dass die Kombination aus Geothermie und Photovoltaik die sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch vorteilhaftere Versorgungslösung darstellt.

Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass sich eine Wärmepumpe bei entsprechender Jahresarbeitszahl in Verbindung mit einer PV-Anlage lohnen kann, auch wenn das Gebäude nicht saniert wird.

4.2.2 Wohngebäude im Bestand

Die Wohngebäude Bergische Str. 34, 36 und 38 werden zurzeit einzeln über einen Erdgaskessel mit Wärme versorgt. Eine tiefergehende energetische Sanierung der Gebäude ist bisher nicht erfolgt.

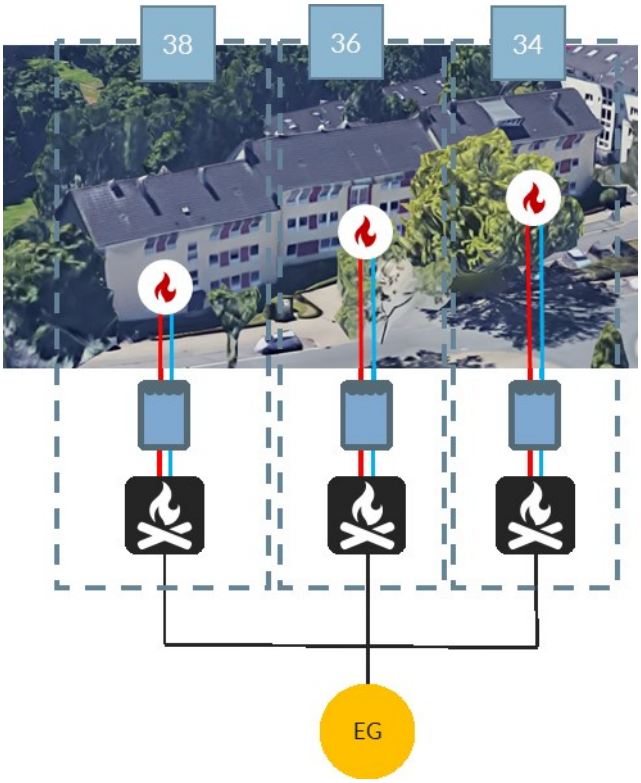

Abbildung 13: Wohngebäude Bergische Str. 34, 36 und 38 (Bildquelle: Google Satelite)

Tabelle 20: Rahmendaten der Wohngebäude Bergische Str. 34, 36 und 38 (ohne Klimabereinigung)

Objektbeschreibung	Nr. 34	Nr. 36	Nr. 38
Baujahr		unbekannt	
Geschossanzahl	3	3	3
Anzahl WE	10	6	7
Wohnfläche [m²]	458 [1)]	368	416
Wärmeerzeuger		Erdgaskessel	

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Objektbeschreibung	Nr. 34	Nr. 36	Nr. 38
Brennstoffbezug [kWh/a]	62.300	55.500	64.000
Kesselnutzungsgrad	85 %	85 %	85 %
Wärmebedarf (Nutzenergie) [kWh/a]	48.000	43.000	50.000
spez. Wärmeverbrauch [kWh/m²a] (bez. auf A_N)	114	126	128
Wärmeübergabesystem	Plattenheizkörper/Gliederheizkörper		
Strombezug [kWh/a]	13.000	25.200	19.000

Die Kalkulation der Investitionen berücksichtigt aktuell abrufbare Fördermittel und einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Die Kosten für die Sanierungsmaßnahmen sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt worden.

Es werden sechs verschiedene Varianten zum Einsatz von Geothermie in dem Gebäude untersucht (Abbildung 14), und zwar drei verschiedene Sanierungsstufen (unsaniert, durchschnittliches Sanierungsziel, ambitioniertes Sanierungsziel) mit jeweils zwei Jahresarbeitszahlen (3,0 und 4,0) für die Wärmepumpe. Die Wohngebäude sollen zukünftig gemeinsam mit einer Wärmepumpenanlage versorgt werden. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 21 dargestellt. Zusätzlich wird der Einsatz von Photovoltaik zur Versorgung des Strombedarfs für Allgemein-, Individual- und Wärmestrom betrachtet und in Tabelle 22 zusammengefasst. Es werden auf dem nach Süden ausgerichteten Dach insgesamt 50 kW_p installiert.

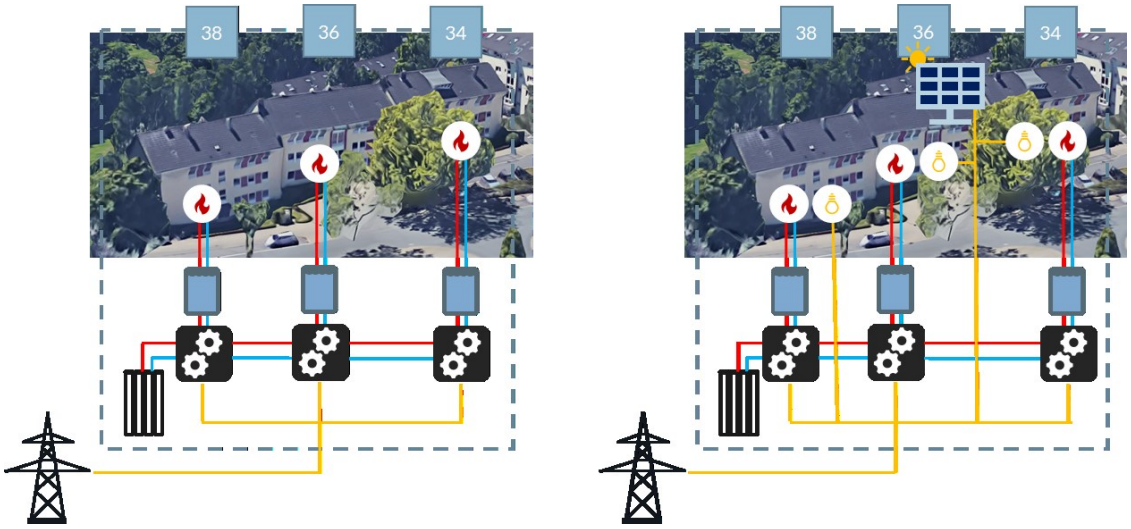

Abbildung 14: Energieversorgung über Geothermie und Photovoltaik für die Wohngebäude in der Bergischen Straße (Bildquelle: Google Satellite)

Es wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von Wärmepumpen auch ohne Flächenheizkörper möglich ist. Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts (Fraunhofer-Institut für Solare Systeme ISE, 2020) zeigen, dass auch mit Flächenheizkörpern Jahresarbeitszahlen von etwa 3,9 erreicht werden können.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Technologiematrix		Wärme		Strom	
	Varianten	**Gaskessel**	**Wärme-pumpe**	**PV**	**Netzbezug**
0	Erdgaskessel	100 %			100 %
1	Erdgas Brennwert (unsaniert)	100 %			100 %
2	GEO + WP (unsaniert)	0 %	100 %		100 %
3	GEO + WP (GEG_min) (JAZ 4)		100 %		100 %
4	GEO + WP (EH 55) (JAZ 4)		100 %		100 %
5	GEO + WP (GEG_min) (JAZ 3)		100 %		100 %
6	GEO + WP (EH 55) (JAZ 3)		100 %		100 %
7	GEO + WP + PV (unsaniert) (JAZ 3)		100 %	25 %	75 %
8	GEO + WP + PV (GEG_min) (JAZ 3)		100 %	28 %	72 %
9	GEO + WP + PV (EH 55) (JAZ 3)		100 %	31 %	69 %

Abbildung 15: Anteile Energiebereitstellung Wohngebäude Bergische Straße in den untersuchten Varianten

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 21: Geothermienutzung Bergische Str. 34, 36, 38 in verschiedenen Varianten (ohne Klimabereinigung)

Objektbeschreibung	unsaniert	unsaniert	unsaniert	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 2
	Ausgangssituation	Kesseltausch im Bestand	Wärmeerzeugerwechsel im Bestand	Wärmeerzeugerwechsel und energetische Gebäudesanierung			
beheizte Fläche [m²]	1.490						
Energieerzeuger	Gaskessel	Gasbrennwert	Geothermie + Wärmepumpe				
Typ	Bestand 3 x	remeha Gas 210 Eco Pro 120	Sole-Wasser-WP 100 kW	Sole-Wasser-WP 80 kW	Sole-Wasser-WP 80 kW	Sole-Wasser-WP 65 kW	Sole-Wasser-WP 65 kW
Bohrmeter [m] (Anzahl Bohrlöcher)			1.200 (12)	650 (7)	800 (8)	600 (6)	700 (7)
Wärmebedarf (Nutzenergie) [kWh/a]	141.000	141.000	141.000	97.000	97.000	67.000	67.000
Jahresnutzungsgrad	85 %	93 %					
JAZ der Wärmepumpe			4,0	3,0	4,0	3,0	4,0
spez. Wärmebedarf [kWh/m²a]	134	121	95	65	65	45	45
Wärmeübergabesystem	Plattenheizkörper/Gliederheizkörper						
Endenergiebedarf Wärmeerzeugung [kWh/a]	200.000	180.000	40.000	40.000	30.000	30.000	21.000
Investition [€]		20.000	235.000	170.000	180.000	140.000	145.000
Investition inkl. Förderung [€]		20.000	160.000	110.000	125.000	95.000	100.000
Annuität der Energiebereitstellung [€/a]	34.500	34.000	35.500	32.500	31.000	29.000	28.000

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Wärmegestehungskosten [€/kWh]	11	10	11	13	12	14	13
CO_2-Emissionen im Betrieb [t/a]	40	36					
Kosten durch CO_2-Emissionen [€/a]	3.300	3.000					
Primärenergiefaktor	1,4	1,3	0,6	0,8	0,6	0,8	0,7
Amortisationsdauer [a]	--	13	>20				

Tabelle 22: Geothermienutzung mit PV Bergische Str. in verschiedenen Varianten (ohne Klimabereinigung)

Objektbeschreibung	**unsaniert**		**Stufe 1**		**Stufe 2**	
	Wärmeerzeugerwechsel im Bestand		Wärmeerzeugerwechsel und energetische Gebäudesanierung			
beheizte Fläche [m²]	1.490					
Energieerzeuger	Geothermie + Wärmepumpe + PV					
Typ	Sole-Wasser-WP 100 kW	Sole-Wasser-WP 100 kW	Sole-Wasser-WP 80 kW	Sole-Wasser-WP 80 kW	Sole-Wasser-WP 65 kW	Sole-Wasser-WP 65 kW
Bohrmeter [m] (Anzahl Bohrlöcher)	950 (10)	1.200 (12)	650 (7)	800 (8)	600 (6)	700 (7)
Wärmebedarf (Nutzenergie) [kWh/a]	141.000		97.000		67.000	
Installierte Leistung PV [kW_p]	50					
JAZ der Wärmepumpe	3,0	4,0	3,0	4,0	3,0	4,0
spez. Wärmebedarf [kWh/m²a]	95		65		45	
Wärmeübergabesystem	Plattenheizkörper/Gliederheizkörper					

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Endenergiebedarf Wärmeerzeugung [kWh/a]	53.000	40.000	37.000	30.000	27.000	21.000
Investition [€]	300.000	310.000	245.000	255.000	210.000	220.000
Investition inkl. Förderung [€]	225.000	235.000	190.000	200.000	170.000	175.000
Annuität [€/a]	34.000	31.500	28.500	27.000	25.000	24.000
CO_2-Emissionen im Betrieb [t/a]	-9,5	-10	-9,8	-10	-10	-10,5
Kosten durch CO_2-Emissionen [€/a]	0	0	0	0	0	0
Primärenergiefaktor	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

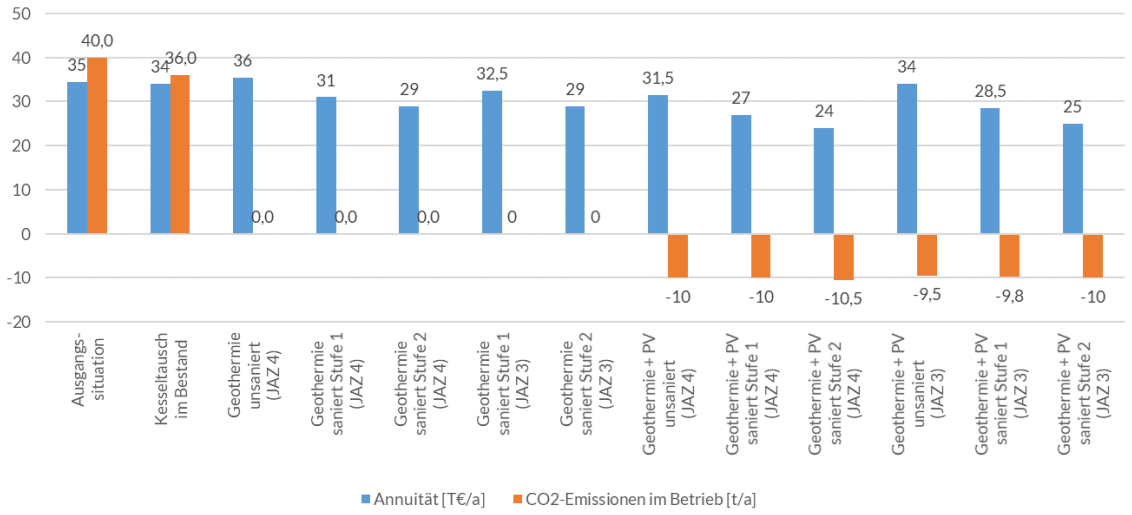

Abbildung 16: Vergleich der Varianten hinsichtlich Annuität für Gesamtenergiebezug und CO_2-Emissionen

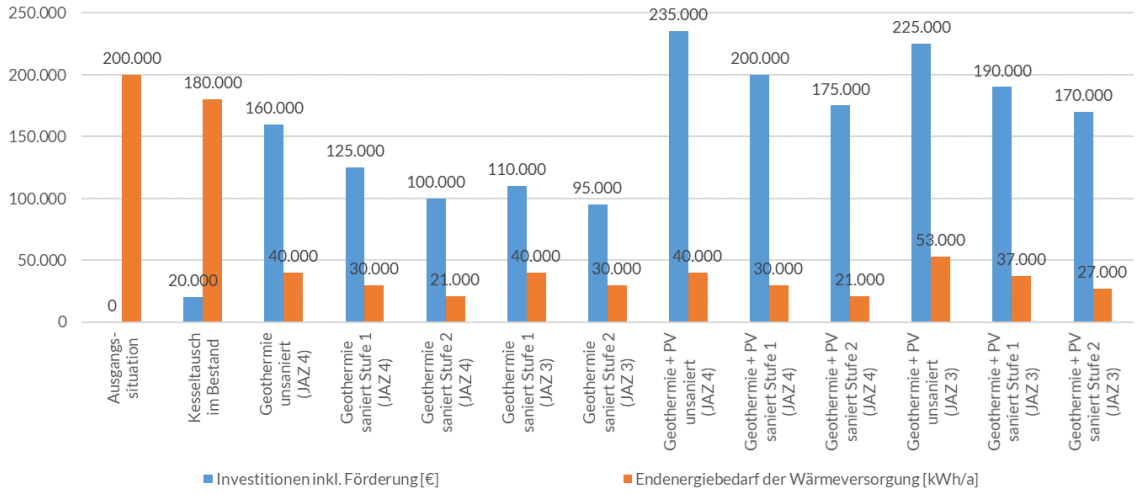

Abbildung 17: Vergleich der Varianten hinsichtlich Investitionen und Endenergiebedarf

Im Ergebnis weist eine Wärmeversorgung der Wohngebäude mit Geothermie ohne eine energetische Gebäudesanierung in Bezug auf die gesamte Energielieferung für die Gebäude (Wärme und Strom) höhere Annuitäten auf als eine Versorgung mit Gaskessel (Abbildung 16). Bei höheren Investitionen liegen die CO_2-Emissionen der Versorgungslösung mit Geothermie im Betrieb deutlich unterhalb der Gaskessellösungen. Die jährlichen Kosten für die Wärmebereitstellung im Vergleich zu der aktuellen Versorgungsvariante sinken bei Sanierung des Gebäudes. Der Endenergiebedarf der Wärmeversorgung mit Geothermie liegt etwa 80 Prozent unter dem Endenergiebedarf einer Gaskessellösung. Bei Verwendung einer PV-Anlage zur Deckung des Strombedarfs steigen zwar die Investitionen (Abbildung 17), jedoch werden mehr CO_2-Emissionen vermieden als erzeugt.

Das bedeutet, dass sich der Wechsel auf eine Wärmeerzeugung mit Geothermie und Wärmepumpe im Betrachtungszeitraum nur in Verbindung mit einer energetischen Gebäudesanierung bzw. Nutzung von Photovoltaik als wirtschaftlich vorteilhaft erweisen kann.

In Abbildung 16 und Abbildung 17 fehlt in der Darstellung die Variante „Geothermie unsaniert, JAZ 3“, da bereits die Variante „Geothermie unsaniert, JAZ 4“ unwirtschaftlich ist.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

4.2.3 Neubaugebiet Rhönstraße 3

Das geplante Neubaugebiet in der Rhönstr. 3 liegt im Wasserschutzgebiet Zone III bzw. IIIa (diese Gebiete sind in der Potenzialberechnung in Kapitel 2.4 nicht berücksichtigt worden). Dies bedeutet, dass eine potenzielle Geothermienutzung bei der unteren Wasserschutzbehörde beim Landkreis Mettmann beantragt werden muss. Vorbehaltlich zu beantragender Genehmigungen wird exemplarisch die Nutzung von Geothermie in Neubauten untersucht.

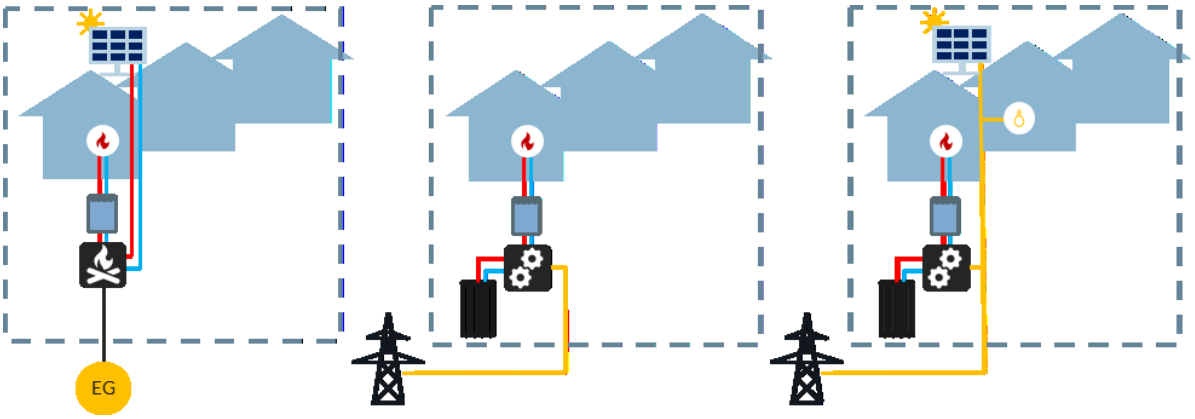

Abbildung 18: Energieversorgungsvarianten der Neubauten

Bei der Betrachtung zur Geothermienutzung wurden die folgenden Annahmen zu Grunde gelegt (Tabelle 23).

Tabelle 23: Rahmendaten des Neubaugebietes Rhönstraße

Objektbeschreibung	GEG_{min}	EH 55	GEG_{min}	EH 55
Baujahr	2022			
Geschossanzahl	3			
Anzahl WE	40			
NGF [m²]	4.900			
Wohnfläche [m²]	3.300			
Nutzfläche [m²]	4.000 [1)]			
Strombedarf Haushalte [kWh/a]	110.000			
Wärmeerzeuger	Brennwertkessel + Solarthermie		Geothermie + Wärmepumpe (+ PV)	
Wärmebedarf (Nutzenergie) [kWh/a]	260.000	180.000	260.000	180.000
spez. Wärmebedarf [kWh/m²a] [2)]	65	45	65	45
Wärmeübergabesystem	Flächenheizkörper			
Endenergiebedarf Wärmeerzeugung [kWh/a]	290.000	200.000	80.000	60.000

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Für die Berechnungen wurden insgesamt sechs Varianten angenommen. Der Anteil der einzelnen Energieträger an der Energiebereitstellung ist in Abbildung 19 dargestellt:

Wärmeversorgung:

- Gasbrennwertkessel und Solarthermie (15 %)
- Geothermie und Wärmepumpen
- Geothermie, Wärmepumpen und Photovoltaik

Energetischer Gebäudestandard:

- Mindestanforderungen nach GEG (Gebäudeenergiegesetz)
- EH 55-Standard

Technologiematrix		Wärme			Strom	
	Varianten	**Gaskessel**	**Wärme-pumpe**	**Solarther-mie**	**PV**	**Netzbezug**
1	GEO + WP (GEG_min)		100 %			100 %
2	GEO + WP (EH 55)	0 %	100 %			100 %
3	BRENNWERT + SOLTH (GEG_min)	85 %		15 %		100 %
4	BRENNWERT + SOLTH (EH 55)	85 %		15 %		100 %
5	GEO + WP + PV (GEG_min)		100 %		29 %	71 %
6	GEO + WP + PV (EH 55)		100 %		30 %	70 %

Abbildung 19: Anteile Energiebereitstellung Neubaugebiet Rhönstraße in den untersuchten Varianten

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Tabelle 24: Geothermienutzung Neubaugebiet Rhönstraße in sechs Varianten

Objektbeschreibung	GEG_{min}	EH 55	GEG_{min}	EH 55	GEG_{min}	EH 55
Nutzfläche [m²]	4.000					
Energieerzeuger	Gasbrennwertkessel + Solarthermie		Geothermie + Wärmepumpe		Geothermie + Wärmepumpe + PV	
Typ	4x remeha Gas 120 Eco Pro 65	4x remeha Gas 120 Eco Pro 65	4x Gebäudestation bis 50 kW	4x Gebäudestation bis 50 kW	4x Gebäudestation bis 50 kW	4x Gebäudestation bis 50 kW
Bohrmeter [m] (Anzahl Bohrlöcher)			1.750 (18)	1.200 (12)	1.750 (18)	1.200 (12)
Installierte Fläche Solarthermie [m²]	120	120				
Installierte Leistung PV [kW_p]					100	
Wärmebedarf (Nutzenergie) [kWh/a]	260.000	180.000	260.000	180.000	260.000	180.000
JAZ der Wärmepumpe			4,0	4,0	4,0	4,0
spez. Wärmebedarf [kWh/m²a] [1)]	65	45	65	45	65	45
Wärmeübergabesystem	Flächenheizkörper					
Endenergiebedarf Wärmeerzeugung [kWh/a]	290.000	200.000	80.000	60.000	80.000	60.000
Investition [€]	170.000	170.000	375.000	330.000	550.000	490.000
Investition inkl. Förderung [€]	130.000	130.000	240.000	215.000	395.000	370.000
Annuität der Wärmebereitstellung [€/a]	34.210	27.416	33.000	30.000		
Annuität der Energiebereitstellung [€/a]	67.000	60.000	65.000	60.000	56.500	51.500

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Wärmegestehungskosten [€/kWh]	12	14	12	14	14	17
CO_2-Emissionen im Betrieb [t/a]	56	39	0	0	-19	-21
Kosten durch CO_2-Emissionen [€/a]	4.600	3.200	0	0	0	0
Primärenergiefaktor	1,15	1,2	0,6	0,7	0,5	0,6

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH (Partnerschaft Deutschland) Alle Rechte vorbehalten.

Die Versorgung der Neubauten mit Wärme durch Geothermie und Wärmepumpen spart bei ähnlichen Kosten CO_2-Emissionen ein (Abbildung 20). Durch die Verlagerung des anteiligen Wärmebedarfs von Raumwärme zu Warmwasser nimmt die Anschlussleistung kaum ab.

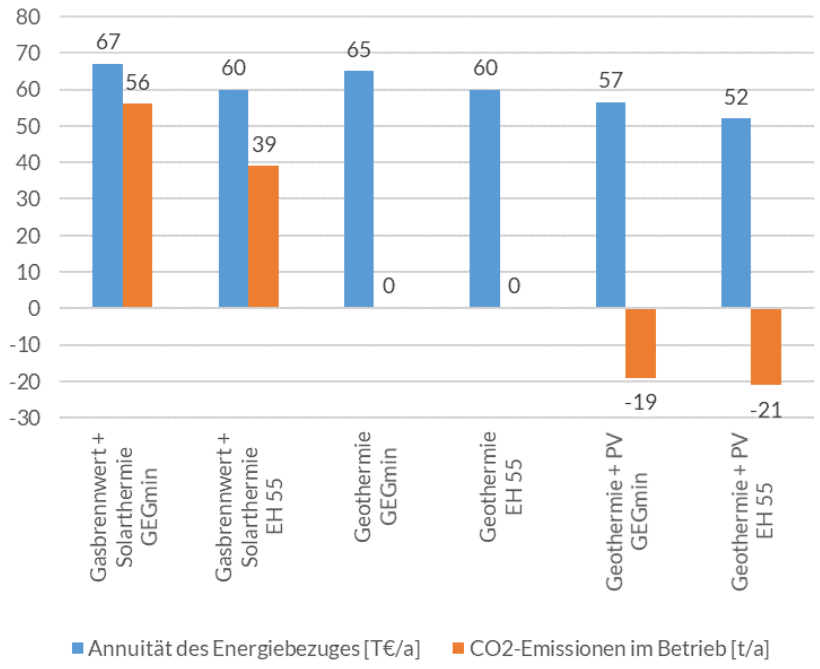

Abbildung 20: Vergleich der Varianten hinsichtlich Annuität für Gesamtenergiebezug und CO_2-Emissionen

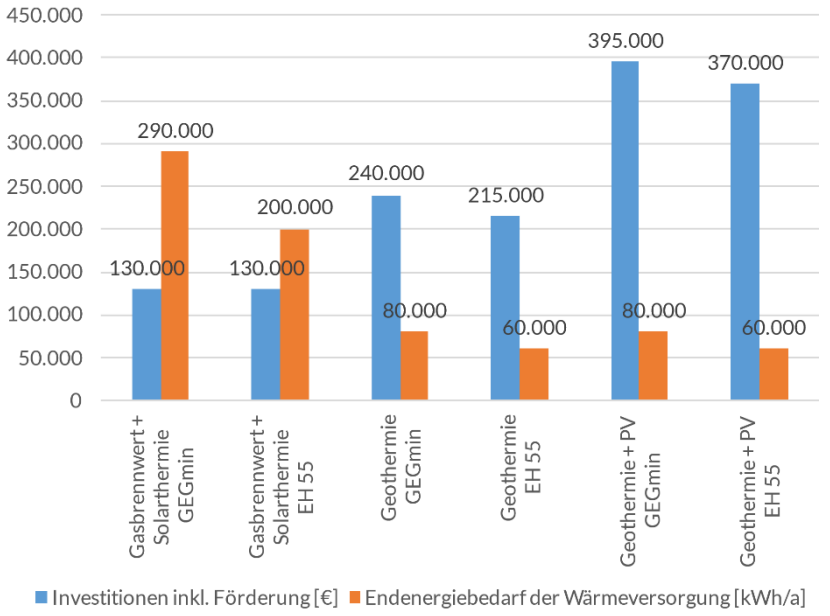

Abbildung 21: Vergleich der Varianten hinsichtlich Investitionen und Endenergiebedarf

Eine Wärmeversorgung der Neubauten mit Geothermie weist Annuitäten für den Gesamtenergiebezug (Wärme und Strom) in gleicher Höhe wie eine Versorgung mit Gaskessel und Solarthermie auf (Abbildung 21). Durch die Nutzung von Photovoltaik reduzieren sich die Annuitäten. Bei höheren Investitionen liegen die CO_2-Emissionen der Versorgungslösung mit Geothermie im Betrieb deutlich unterhalb der Gaskessellösungen mit Solarthermie (Abbildung 20). Durch die Nutzung von Photovoltaik werden mehr CO_2-Emissionen vermieden als erzeugt. Der Endenergiebedarf der Wärmeversorgung mit Geothermie liegt etwa 70 Prozent unter dem Endenergiebedarf einer Gaskessellösung.

Bei ähnlichen jährlichen Kosten der Wärmeversorgung ist Geothermie aufgrund der hohen Einsparung von CO_2-Emissionen und Endenergie ökologisch vorteilhafter als ein Gaskessel mit Solarthermie. Bei Nutzung von Photovoltaik ist Geothermie ökologisch und wirtschaftlich vorteilhafter als eine Versorgung mit Gaskessel und Solarthermie.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH

5. Zusammenfassung

5.1 Gegenüberstellung Ist-Stand EE zu Potenzial EE

In Tabelle 25 ist der Ausbau der erneuerbaren Energien mit Stand 2020 dem technischen Potenzial gegenübergestellt, differenziert nach Strom und Wärme. In Summe beträgt die Potenzialausschöpfung 3,5 Prozent beim Strom und 1,5 Prozent bei der Wärme. Die größten Potenziale liegen – wie bereits beschrieben – bei PV im Strombereich und bei der Geothermie im Wärmebereich.

Tabelle 25: Ist-Stand EE, Potenziale und Potenzialausschöpfung

Energieträger	Bestand Ertrag Strom MWh/a	Potenzial Ertrag Strom MWh/a	Ausschöpfung in %	Bestand Ertrag Wärme MWh/a	Potenzial Ertrag Wärme MWh/a	Ausschöpfung in %
Windenergie		9.000	0,0 %			
PV- Freiflächen		23.967	0,0 %			
PV Dachflächen	3.176	80.000	4,0 %			
Solarthermie				387	6.000	6,5 %
Klärgas	791	791	100,0 %	791	791	100,0 %
Deponiegas		180	0,0 %		480	0,0 %
Bio- und Grünabfälle		1.117	0,0 %		1.235	0,0 %
Forstwirtschaftliche Abfälle					752	0,0 %
Landwirtschaftliche Abfälle	120	1.308	9,1 %		1.962	0,0 %
Geothermie				2.272	224700	1,0 %
Industrielle Abwärme					1.100	0,0 %
Summe	**4.087**	**116.363**	**3,5 %**	**3.451**	**237.020**	**1,5 %**

© 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH

5.2 Gegenüberstellung Energieverbrauch zu Ist-Stand EE und Potenzial EE

Die Energie- und THG-Bilanz der Stadt Heiligenhaus ergibt einen Endenergieverbrauch von insgesamt 488.316 MWh im Jahr 2018. Dieser verteilt sich zu 50 Prozent auf Brennstoffe, zu 26 Prozent auf den Verkehrsbereich und zu 24 Prozent auf Strom (Abbildung 22).

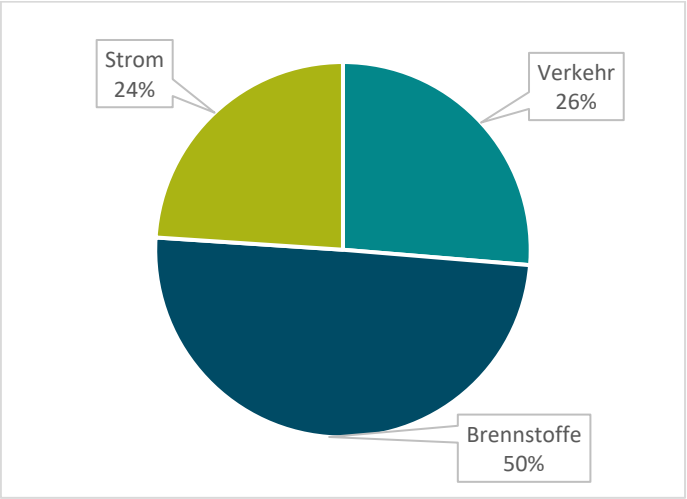

Abbildung 22: Verteilung des Endenergieverbrauches der Stadt Heiligenhaus 2018 (Stadt Heiligenhaus, 2020)

Tabelle 26: Möglicher Deckungsbeitrag der erneuerbaren Energien in Heiligenhaus

	Endenergieverbrauch MWh/a	Potenzial MWh/a	möglicher Deckungsbeitrag %
Verkehr	128.462		
Brennstoffe/Wärme	242.875	236.268	97 %
Strom	116.979	116.363	99 %
Summe	**488.316**		

Stellt man den Verbrauch den Potenzialen gegenüber, so wird deutlich, dass bei Ausschöpfung aller Potenziale eine nahezu vollständige Versorgung der Stadt mit Strom und Wärme durch erneuerbare Energieträger erbracht werden kann. Der Verkehrssektor wurde bei dieser Untersuchung ausgeklammert.

Hier ist nicht berücksichtigt, dass es einen steigenden Stromverbrauch z. B. durch die Nutzung von Geothermie und Elektromobilität geben wird. Zur Erschließung des gesamten Geothermiepotenzials würden 56.175 MWh Strom pro Jahr benötigt. Dies wäre eine Steigerung von rund 50 Prozent des bisherigen Stromverbrauchs der Stadt Heiligenhaus in Höhe von 116.979 MWh/a auf 173.154 MWh/a. Dementsprechend würde der Deckungsbeitrag sinken.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH

5.3 Empfehlung für den Ausbaupfad erneuerbare Energien

Bei der Planung des Ausbaupfades sollten die low-hanging-fruits zunächst bevorzugt angegangen werden. Grob kann man unter den derzeit herrschenden politischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen folgende Reihenfolge festlegen:

- **Stufe 1**:
  - Geothermie und Photovoltaik (am besten in Kombination) im Neubau bei Einfamilienhäusern. Bei den Fallbeispielen hat sich gezeigt, dass die Kombination ökologisch und wirtschaftlich eine sinnvolle Variante darstellt. Umsetzung im Neubau ist einfacher als im Altbau. Einfamilienhäuser werden bevorzugt, da die Mieterstrommodelle zurzeit aus bereits genannten Gründen schwierig umzusetzen sind.
  - Photovoltaik-Freiflächenanlagen
    Die Reihenfolge der Umsetzung sollte sich an den Eigentumsverhältnissen der Flächen und der derzeitigen Nutzung orientieren - „Das einfachste Projekt zuerst“.

- **Stufe 2:**
  - Geothermie und Photovoltaik (am besten in Kombination) im Bestand bei Einfamilienhäusern. Im Mehrfamilienhausbereich sind häufig dezentrale Anlagen im Einsatz und keine zentralen, was eine Umstellung auf zentrale Geothermielösungen technisch erschwert. Deswegen soll auch im Bestand zunächst die Umstellung im Einfamilienhausbereich forciert werden.

- **Stufe 3:**
  - Geothermie und Photovoltaik (am besten in Kombination) im Neubau und im Bestand bei Mehrfamilienhäusern

- **Stufe 4:** Restliche Potenziale wie Windenergie, Biomasse, industrielle Abwärmenutzung.

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH

6. Quellenverzeichnis

(Difu), D. I. (November 2010). *KfW Kommunalpanel 2010.* Frankfurt/M.: KfW Bankengruppe.

Andryszak, H. (06. 01 2021). (D. G. Zink-Ehlert, Interviewer)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (2012). *PPP-Projektdatenbank.* Berlin. Von www.ppp-projektdatenbank.de abgerufen

DSGV, B. /. (2009). *PPP-Handbuch – Leitfaden für Öffentlich-Private Partnerschaften* (2. Auflage Ausg.). Bad Homburg.

Energieagentur Lippe GmbH. (2021). *Nahwärmenetz für Industrie und Gewerbe im Neubaugebiet im Innovationspark Heiligenhaus.* Heiligenhaus: Stadt Heiligenhaus.

Energieagentur NRW. (Abruf 10.

11.2020). *https://www.geothermie.nrw.de/geothermie_basisversion/?lang=de.*

Fraunhofer-Institut für Solare Systeme ISE. (2020). *Wärmepumpen in Bestandsgebäuden.* Freiburg: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Kreis Mettmann. (2019). *Satzung über die Abfallwirtschaft und Abfallentsorgung im Kreis Mettmann (Abfallsatzung) vom 21.12.2006 in der Fassung der 4. Änderungssatzung vom 14.01.2019.* Mettmann.

Lambda. (2019). *Jahresbericht 2019 Deponie In der Leibeck.*

Landesdatenbank NRW. (04. 01 2021). Von https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldbnrw/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1609778391356&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=33111-9k02&auswahltext= abgerufen

LANUV NRW. (2012). *Potenzialstudie Windenergie .*

LANUV NRW. (2013). *Potenzialstudie Solarenergie.*

LANUV NRW. (2014). *Potenzialstudie Biomasse.* Recklinghausen.

LANUV NRW. (2015). *Potenzialstudie Geothermie.*

LANUV NRW. (2019). *Potenzialstudie Industrielle Abwärme.* Recklinghausen.

LANUV NRW. (26. 10 2020). *Energieatlas NRW.* Von Excel-Tabelle zum Ausbaustand der erneuerbaren Energien in NRW Ende 2019: https://www.energieatlas.nrw.de/site/service/download abgerufen

NRW, G. u. (12. 07 2019). Ausgabe 2019 Nr. 15. *Gesetz über die Verordnung der Veränderung über den Landesentwicklungsplan*.

NRW, L. (2018). *Solarkataster.*

Ökoplan. (1998). *Landschaftsökologischer Fachbeitrag zur Ausweisung von Konzentrationszonen für Windkraftanlagen im Stadtgebiet von Heiligenhaus.* Essen.

Piepel, F. (19. 11 2020). Viehbestände und landwirtschaftliche Erträge in Heiligenhaus. Email: Landwirtschaftskammer NRW.

Sauerwein, H. (26. 10 2020). Email.

Solaratlas. (10. 11 2020). Von www.solaratlas.de abgerufen

Stadt Heiligenhaus. (2019). *Deponie in der Leibeck.* Heiligenhaus.

Stadt Heiligenhaus. (2020). *Energie- und THG-Bilanz 2018.* Heiligenhaus.

Stadtwerke Burg. (10. 03 2021). Von https://stadtwerke-burg.de/uber-uns/news-2/news-2016/ abgerufen

Stadtwerke Heiligenhaus. (2020). *Erweiterung des Flächenmonitoring PV-Freiflächen.* Heiligenhaus.

Stadtwerke Heiligenhaus. (2020). *Flächenmonitoring PV.* Stadtwerke Heiligenhaus.

Stadtwerke Heiligenhaus, H. M. (kein Datum). *Information per Email 20.10.2020.*

Wärmepumpenatlas. (12. 11 2020). Von www.waermepumpenatlas.de abgerufen

ZfK. (2017). *www.ecpower.eu.* Abgerufen am 10. 03 2021 von https://www.ecpower.eu/de/presse-einzelseite/zfk-partnerschaft-ist-wichtig-mieterstrom-mit-xrgi-anlagen.html

7. Anhang

7.1 Parameter für die Detailbetrachtung PV-Ausbaupfad

Tabelle 27: Emissionsfaktoren für die Berechnung der PV-Ausbaupfade

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Strommix Deutschland (Öko-Institut u. Fraunhofer ISE, 2016)	kg/MWh	411	393,2	375,4	357,6	339,8	322	304,2	286,4	268,6	250,8	233	222,4	211,8	201,2	190,6	180
Stromerzeugung mit PV (inkl. Vorketten) (ifeu, 2014)	kg/MWh	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Anmerkung:
Vermiedene CO_2-Emissionen aufgrund von PV-Stromproduktion berechnen sich aus der Differenz des vermiedenen Strombezuges aus dem Netz und der Emission der PV-Stromerzeugung mit Vorketten.

Tabelle 28: Abgabe auf CO2-Emissionen für die Berechnung der PV-Ausbaupfade

		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
CO_2-Abgabe festgelegt nach BEHG	€/t	0	25	30	35	45	55	55 - 65									
Preisannahme für PV-Ausbaupfad	€/t	0	25	30	35	45	55	65	100	100	100	100	100	100	100	100	100

7.2 Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Geothermie

- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067 Blatt 1 mit Annuitätsmethode
  - Betrachtungszeitraum: 20 Jahre ab 2021
  - Diskontierungsfaktor: 1 %
  - Preissteigerung: 1,57 % (durchschnittliche Preissteigerung 2017-2019)
  - Nutzungsdauer der Komponenten wird berücksichtigt
  - Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion wird berücksichtigt
  - Personalkosten im Betrieb werden nicht berücksichtigt
  - Für sonstige Kosten eingeplante Summe: 10 % der Investitionssumme
  - Für Planung eingeplante Kosten: 10 % der Investitionssumme
- Ermittlung der Investitionen
  - Richtpreise

  - Werte aus anderen Projekten der energielenker
  - Fördermittel werden berücksichtigt (BEG-EM)
- Energiepreis
  - Eigenstromverbrauch der Erzeugung ist berücksichtigt
  - CO_2-Abgabe ist berücksichtigt gemäß BEHG; ab 2026 wird eine Obergrenze von 100 €/t angenommen
  - EEG-Umlage auf Eigenverbrauch von Strom aus PV-Erzeugung: 40 %
  - Einspeisevergütung PV berücksichtigt
- Annahmen PV
  - Mittlerer spezifischer Jahresertrag: 890 kWh/kW_p
  - Investition PV-Dachanlage: 1.500 €/kW_p
- Annahmen Geothermie
  - Kosten pro Bohrmeter: 60 € inkl. Material, Anschluss ans Pumpenhaus
  - Es wird von einer durchschnittlichen Entzugsleistung von 40-50 W/m bzw. 120 kWh/ma und durchschnittlich 4 kW pro Erdsonde (max. 100 m) ausgegangen
  - Genaue Daten müssen durch eine geologische Untersuchung ermittelt werden
- Annahmen Solarthermie
  - mittlerer spez. Jahresertrag Dachanlage: 550 kWh/m²
  - Investition Solarthermie Dach: 750 €/m²

Tabelle 29: Nutzungsdauer einzelner Komponenten nach VDI 2067 Blatt 1

Komponente	Nutzungsdauer	Faktor für Instandsetzung	Faktor für Wartung und Inspektion
Gaskessel < 200 kW	20 Jahre	1 %	1,5 %
Gaskessel > 200 kW	20 Jahre	1 %	2 %
BHKW	15 Jahre	6 %	2 %
Wärmepumpe (Sole/Wasser, Wasser/Wasser)	20 Jahre	1 %	1,5 %
Vakuum-Röhrenkollektor	18 Jahre	0,5 %	1 %
Photovoltaik	30 Jahre	0,5 %	0,5 %
Erdsonden	50 Jahre	2 %	1 %
Abgasanlage	40 Jahre	1 %	2 %
Mess-, Steuer- und Regelungseinrichtungen	15 Jahre	1,5 %	1,5 %
Pufferspeicher	20 Jahre	1 %	1 %
Wärmenetz Kunststoff	30 Jahre	0,5 %	0 %

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH

Tabelle 30: Energiekosten

Strom (EE ohne Leistungsmessung, Neander Energie vom 15.02.2021)	Netto	Brutto
Verbrauchspreis (bis 100.000 kWh/a)	25,45 ct/kWh	30,29 ct/kWh
Grundpreis	96,00 €/a	114,24 €/a
Emissionen gemäß Kennzeichnung § 42 EnWG [3)]	0 g/kWh	
Wärmepumpen-Strom (Neander Energie vom 15.02.2021)	**netto**	**brutto**
Verbrauchspreis	18,12 ct/kWh	21,56 ct/kWh
Grundpreis	74,00 €/a	88,06 €/a
Emissionen gemäß Kennzeichnung § 42 EnWG [3)]	0 g/kWh	
Erdgas (Stadtwerke Heiligenhaus vom 15.02.2021)	**netto**	**brutto**
Arbeitspreis	5,135 ct/kWh	6,111 ct/kWh
Grundpreis	150,00 €/a	178,50 €/a
Emissionen	202 g/kWh	

Tabelle 31: Energiebezugsdaten Kindertagesstätte Ludgerusstr. 1

KiTa Ludgerusstr. 1	2017	2018	2019	Durchschnitt
Erdgas	276.020 kWh	271.863 kWh	285.443 kWh	277.775 kWh
Strom	18.719 kWh	20.504 kWh	21.182 kWh	20.135 kWh

Tabelle 32: Energiebezugsdaten Wohngebäude Bergische Straße

Bergische Str. 34	2018	2019	2020	Durchschnitt
Erdgas	58.119 kWh	62.569 kWh	66.049 kWh	62.246 kWh
Strom	12.200 kWh	11.630 kWh	14.974 kWh	12.935 kWh
Bergische Str. 36	**2018**	**2019**	**2020**	**Durchschnitt**
Erdgas [1)]	--	--	55.501 kWh	55.500 kWh
Strom	29.759 kWh	24.537 kWh	21.252 kWh	25.183 kWh
Bergische Str. 38	**2018**	**2019**	**2020**	**Durchschnitt**
Erdgas	65.117 kWh	57.991 kWh	68.948 kWh	64.039 kWh
Strom	19.121 kWh	18.961 kWh	21.565 kWh	19.883 kWh

 © 2021 PD – Berater der öffentlichen Hand GmbH