

# Kommunale Wärmeplanung



## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Einleitung.....	7
Bestandsanalyse .....	9
1 Energie- und Treibhausgasbilanz .....	9
1.1 Energieverbrauch .....	9
1.2 Treibhausgasemissionen.....	11
2 Räumlich aufgelöste Wärmebedarfe .....	13
3 Wärmeversorgungsstruktur.....	17
4 Städtebauliche Entwicklung.....	19
Potenzialanalyse.....	21
5 Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz .....	21
6 Potentiale erneuerbarer Energien und Abwärme.....	22
6.1 Solarthermie .....	23
6.2 Oberflächennahe Geothermie zur zentralen Nutzung.....	27
6.3 Oberflächennahe Geothermie zur dezentralen Nutzung .....	32
6.4 Tiefengeothermie.....	33
6.5 Umweltwärme aus Gewässern .....	34
6.6 Abwasserwärme .....	35
6.7 Industrielle und gewerbliche Abwärme.....	38
6.8 Biomasse .....	42
6.9 Thermische Abfallbehandlung .....	43
6.10 Photovoltaik .....	45
6.11 Windkraft.....	48
6.12 Wasserkraft.....	51
7 Analyse der Nutzungspotenziale erneuerbarer Gase .....	52
7.1 Verfügbarkeit.....	52
7.2 Wirtschaftlichkeit.....	57
7.3 Zusammenfassung .....	59

Zielszenario .....	60
8 Entwicklung des Zielszenarios .....	60
8.1 Reduzierung des Wärmebedarfs .....	60
8.2 Treibhausgasneutrale Versorgungsstruktur .....	62
8.3 Technologiewechseloptionen .....	66
8.4 Energieträgerverteilung .....	67
8.5 Entwicklung der Treibhausgasemissionen .....	68
Handlungsstrategie und Maßnahmenkatalog .....	75
9 Maßnahmenkatalog .....	75
10 Maßnahmensteckbriefe .....	79
Fazit und Ausblick .....	87
Literaturverzeichnis.....	89
Anhang .....	94

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung nach Energieträgern und Sektoren in 2022.....	10
Abbildung 2: Anteile der eingesetzten Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung in 2022 .....	11
Abbildung 3: Treibhausgasemissionen zur Wärmeversorgung nach Energieträger und Sektor in 2022.....	12
Abbildung 4: Anteile der eingesetzten Energieträger am Gesamtenergieeinsatz zur Fernwärmeerzeugung in 2022 .....	13
Abbildung 5: Gesamtnutzenergiebedarf nach Gebäudesektor .....	14
Abbildung 6: Deckungsanteile der Energieträger am Gesamtwärmebedarf der Ortsteile .....	15
Abbildung 7: Wärmebedarfsdichte auf Baublockebene in 2022 (Basis: ALKIS, Gebäudewärmemodell) .....	16
Abbildung 8: Fernwärmeversorgungsstruktur in Gießen.....	17
Abbildung 9: Erdgasversorgungsstruktur in Gießen.....	18
Abbildung 10: Wärmebedarfsentwicklung der Stadtentwicklungsprojekte bis 2030 nach Projekttyp.....	20
Abbildung 11: Kartographische Darstellung der Potentialflächen für Solarthermie-Freiflächenanlagen in Gießen .....	24
Abbildung 12: Kartographische Darstellung aller Solarthermie-Aufdachpotentiale .....	26
Abbildung 13: Räumliche Darstellung der Potentialflächen für oberflächennahe Geothermie .....	28
Abbildung 14: Kartographische Darstellung von Kanal-Sammlern mit Einleitungspunkten, Messstellen und Quellwärmepotential sowie Trassen der untersuchten Wärmenetze .....	37
Abbildung 15: Brennstoffenergie-Potentiale aus Biomasse im Stadtgebiet sowie im Landkreis Gießen.....	43
Abbildung 16: Jährliches Potential an Brennstoffenergie aus thermischer Abfallbehandlung (Landkreis Gießen).....	44
Abbildung 17: Kartographische Darstellung der Potentialflächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Gießen .....	45
Abbildung 18: Kartographische Darstellung aller Photovoltaik-Aufdachpotentiale.....	47
Abbildung 19: Interkommunale Windparkplanung Fernwald/ Buseck/ Gießen [30] .....	48
Abbildung 20: Kartographische Darstellung potentieller Gebiete zur Windenergienutzung ..	49
Abbildung 21: Wasserstoff-Angebot in Deutschland für alle Sektoren der BIG FIVE im Vergleich (inländisch & Import) (eigene Darstellung nach [42]) .....	53
Abbildung 22: Jährliche Importpotentiale ins Untersuchungsgebiet für erneuerbare Gase auf Basis von (Szenario „KN100“) [44].....	55
Abbildung 23: Wasserstoff-Kernnetz gem. Antragsentwurf der FNB Gas vom 15.11.2023 (Gesamtdeutschland links, Mittelhessen vergrößert rechts) [48] .....	56
Abbildung 24: Schematische Darstellung des regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen .....	56
Abbildung 25: Wasserstoffbezugspreise netto in ct/kWh nach Verbrauchergruppe (eigene Darstellung nach [50] und [51]) .....	58



Abbildung 26: Biomethanbezugspreise netto in ct/kWh nach Verbrauchergruppe (eigene Darstellung nach [50] und [51]) .....	58
Abbildung 27: Endenergiebedarf in Gießen bis 2045 auf Basis von Klima-, Demographie- und Sanierungseffekten (1,5 %-Sanierung) .....	61
Abbildung 28: geplante Netzausbaugebiete der SWG in Gießen bis 2045 .....	63
Abbildung 29: Wärmeversorgungsgebiete im Jahr 2045 in Gießen.....	65
Abbildung 30: Jährlicher Endenergiebedarf nach Energieträger unter Berücksichtigung von Technologiewechseln in Gießen bis 2045 (Zielszenario) .....	67
Abbildung 31: Energieträgeraufteilung zur Gesamtwärmebedarfsdeckung von Gebäuden in Gießen im Jahr 2045.....	68
Abbildung 32: Energieträgermix der Gießener Fernwärme bis 2045 .....	70
Abbildung 33: Energieträgeranteile der eingespeisten Fernwärme in Gießen bis 2045 .....	71
Abbildung 34: dynamischer Emissionsfaktor für die Gießener Fernwärme bis 2045.....	72
Abbildung 35: dynamischer Emissionsfaktor für Strom aus Netzbezug bis 2045.....	73
Abbildung 36: jährliche Treibhausgasemissionen zur Wärmeversorgung in Gießen bis 2045 (Zielszenario) .....	74

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stadtentwicklungsprojekte in Gießen .....	19
Tabelle 2: Potential zur Einsparung von Wärme durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz nach Gebäudenutzung.....	22
Tabelle 3: Ergebnisse der Potentialanalyse zu Solarthermie-FFA in Gießen.....	25
Tabelle 4: Solarenergiepotentiale von Aufdachanlagen im Stadtgebiet Gießen.....	27
Tabelle 5: Ergebnisse der Potentialanalyse zur zentralen Nutzung von Erdwärmesonden in Gießen.....	29
Tabelle 6: Ergebnisse der Potentialanalyse zur zentralen Nutzung von Flachkollektoren in Gießen.....	29
Tabelle 7: Gewässer im Untersuchungsgebiet .....	34
Tabelle 8: Auswertung hydrothermales Quellwärmepotential der Lahn .....	35
Tabelle 9: Quellwärmepotential des Kläranlagenauslaufs mit jährlicher Entzugsenergie für drei exemplarische Nutzvolumenstrom-Auslegungen.....	38
Tabelle 10: Abwärmepotenzial des Rechenzentrums in verschiedenen Ausbaustufen .....	41
Tabelle 11: Ergebnisse der Potentialanalyse zu Photovoltaik-FFA in Gießen.....	46
Tabelle 12: Solarenergiepotentiale von Aufdachanlagen im Stadtgebiet Gießen.....	47
Tabelle 13: Ergebnisse der Potentialanalyse zu Windenergieanlagen in Gießen.....	51
Tabelle 14: Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Fernwärmeerzeugerparcs in Gießen bis 2045 .....	69
Tabelle 15: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Ausbau erneuerbarer Energien.....	76
Tabelle 16: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Bedarfsreduzierung .....	76
Tabelle 17: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Heizungsumstellung .....	77
Tabelle 18: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Wärmenetzausbau und -transformation .....	77
Tabelle 19: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Strom- und Wasserstoffnetzausbau .....	78

Tabelle 20: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Steuerung und Mobilisierung .....	78
Tabelle 21: Kostenarten im Rahmen der Wärmeplanung Gießen .....	80
Tabelle 22: Maßnahmensteckbrief 1 - Festsetzung der Heizungsart in Bebauungsplänen .....	81
Tabelle 23: Maßnahmensteckbrief 2 - Nutzung städtebaulicher Verträge für die Erschließung von industrieller Abwärme .....	82
Tabelle 24: Maßnahmensteckbrief 3 - Nutzung von städtebaulichen Verträgen zur Festlegung von energetischen Gebäudeparametern .....	83
Tabelle 25: Maßnahmensteckbrief 4 - Ausrichtung der Projekt und Haushaltsplanungen auf Ansprüche der Wärmewende.....	84
Tabelle 26: Maßnahmensteckbrief 5 - Öffentlichkeitsarbeit zur Wärmewende .....	85
Tabelle 27: Maßnahmensteckbrief 6 - Entwicklung Monitoring- und Controllingkonzept .....	86

## Abkürzungsverzeichnis

ALKIS – amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BHKW – Blockheizkraftwerk
BISKO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal
CCS - Carbon Capture and Storage
CO <sub>2e</sub> – CO <sub>2</sub> -Äquivalente
EBS – Ersatzbrennstoffe
EWS – Erdwärmesonden
FFA – Freiflächenanlage
FK – Flachkollektoren
GEG – Gebäude-Energie-Gesetz
GIS – Geoinformationssysteme
GHD – Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GWM – Gebäudewärmemodell
KEA-BW – Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KrWG - Kreislaufwirtschaftsgesetz
KWK – Kraft-Wärme-Kopplung
LfDH – Landesamt für Denkmalpflege Hessen
MIT.N – Mittelhessen Netz GmbH
MS – Messstellen
SWG – Stadtwerke Gießen AG
TWA – Trockenwetterabfluss
VDI – Verband Deutscher Ingenieure
WEA – Windenergieanlage(n)
WPG – Wärmeplanungsgesetz

## Einleitung

Die kommunale Wärmeplanung wurde in Gießen frühzeitig initiiert, um den Bürgerinnen und Bürgern sowie den Unternehmen langfristige Planungs- und Investitionssicherheit zu bieten. Vor dem Hintergrund der Energiekrise und der damit verbundenen Notwendigkeit, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten und die Abhängigkeit von ausländischen Energiequellen zu verringern, ist eine vorausschauende Wärmeplanung von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig dient sie als unverzichtbares Instrument, um die Wärmewende voranzutreiben, die für das Erreichen unserer Klimaschutzziele essenziell ist.

Der Wärmesektor ist in Gießen einer der größten Verursacher von Treibhausgasemissionen. Daher ist es unerlässlich, dass wir konsequent auf eine Dekarbonisierung dieses Sektors hinarbeiten. Die Wärmeplanung ist deshalb nicht nur eine Antwort auf die aktuellen geopolitischen Herausforderungen, sondern auch ein entscheidender Schritt hin zu einer nachhaltigen und klimafreundlichen Zukunft. Sie stellt sicher, dass der Umbau der Wärmeversorgung sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich tragfähig gestaltet werden kann und gleichzeitig der Weg für eine klimaneutrale Stadt mit verbesserter Luftqualität geebnet wird.

Im November 2023 wurden hessische Städte mit mehr als 20.000 Einwohner\*innen zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung (KWP) verpflichtet. Diese Verpflichtung wurde durch das am 1. Januar 2024 in Kraft getretene Wärmeplanungsgesetz (WPG) gestärkt, das ebenfalls eine KWP vorschreibt. Unsere Stadt hat das Projekt bereits im Juli 2023 begonnen und ist daher nicht durch das WPG verpflichtet, da die Regelungen des Gesetzes nur für neu begonnene Pläne gelten, nicht für solche, die bereits in der Erstellung sind. Bei der Fortschreibung des Plans, die spätestens alle fünf Jahre erforderlich wird, wird das WPG jedoch angewendet werden müssen. Aus diesem Grund wurde der vorliegende Wärmeplan bereits weitestgehend nach den Vorgaben des WPG erstellt, um künftigen Anforderungen gerecht zu werden und die gesetzliche Anpassung bei der nächsten Fortschreibung zu erleichtern.

Gießen gehört zu den ersten drei Kommunen in Hessen, die ihren Wärmeplan veröffentlicht haben und nimmt somit eine regionale Vorreiterrolle ein. Mit diesem Schritt setzen wir ein Zeichen, dass wir die Fragen der Bürgerinnen und Bürger sowie der Unternehmen zur zukünftigen Wärmeversorgung ernst nehmen. Wir leisten zudem einen wichtigen Beitrag zur Einhaltung der Klimaziele und zur Stärkung der lokalen Unabhängigkeit von externen Energiequellen.

Der vorliegende Bericht zur kommunalen Wärmeplanung gliedert sich in vier Teile: die Bestandsanalyse, die Potenzialanalyse, das Zielszenario sowie die Handlungsstrategie mit konkreten Maßnahmen. Im ersten Teil wird der aktuelle Stand der Wärmeversorgung untersucht und bewertet. Darauf aufbauend werden in der Potenzialanalyse die Möglichkeiten für eine nachhaltige Wärmeversorgung aufgezeigt, wobei insbesondere erneuerbare Energien und innovative Technologien im Vordergrund stehen. Im Zielszenario wird skizziert, wie die künftige Wärmeversorgung unserer Stadt unter Berücksichtigung der Klimaziele und der

Versorgungssicherheit aussehen kann. Abschließend liefert die Handlungsstrategie konkrete Maßnahmen, um die Transformation des Wärmesektors nun in die Umsetzung zu bringen.

Ein zentrales Ergebnis der Wärmeplanung sind zwei wesentliche Aussagen: Erstens, welche Möglichkeiten – wie Fernwärme oder individuelle Heizsysteme wie Wärmepumpen – in welchen Gebieten zukünftig zum Einsatz kommen können. Zweitens, wie die Fernwärme künftig dekarbonisiert wird, welche Technologien hierbei zum Einsatz kommen und wie sich der Emissionsfaktor der Fernwärme über die Jahre entwickeln wird. Diese zentralen Fragen beantwortet der Wärmeplan und bietet so einen konkreten Fahrplan für die nachhaltige Transformation der Wärmeversorgung in unserer Stadt.



## Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bildet das Fundament der kommunalen Wärmeplanung. Durch die strukturierte und qualifizierte Erfassung vorhandener Bau- sowie Wärmebedarfs- und Wärmeversorgungsstrukturen lassen sich energetische Standards im Bestand bestimmen, aus denen weiterführend gezielte und nachhaltige Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduktion von Treibhausgasemissionen entwickelt werden können. Dabei werden die Ergebnisse auch räumlich aufgelöst betrachtet, sodass Entwicklungspfade und potenzielle Transformationsprozesse auch im Einklang mit örtlichen Gegebenheiten stehen. Eine sorgfältige Bestandsanalyse ist somit unverzichtbar für die Erreichung von Klimaschutzzielen und die Schaffung zukunftsfähiger Wärmeversorgungskonzepte auf kommunaler Ebene.

### 1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Eine zentrale Zielsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist es, die zukünftige Wärmeversorgung der Stadt Gießen klimaneutral und nachhaltig zu gestalten. Dieses Kapitel widmet sich daher der Erstellung und eingehenden Bewertung der Energie- und Treibhausgasbilanz. Durch die Erfassung und Aufschlüsselung des Energieverbrauchs und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen, soll ein fundierter Ausgangspunkt für die Entwicklung der Zielszenarien geschaffen werden.

Die Bilanzierung erfolgt nach BSKO-Standard (Bilanzierungs-Systematik Kommunal) [1]. BSKO ist eine Methodik zur kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor. Im Rahmen der Methodik werden alle wärmerlevanten Energieverbräuche, ausgenommen Prozesswärme, innerhalb der Stadt erfasst und nach Gebäudesektor und Energieträger kategorisiert. Als Basisjahr für die Verbrauchsdatenerfassung gilt das Jahr 2022.

#### 1.1 Energieverbrauch

Datengrundlage für die Erfassung und Analyse des Energieverbrauchs ist ein digitales, GIS-basiertes Gebäudewärmemodell (GWM). Das GWM stellt ein flächendeckendes Wärmekataster für Gießen dar und besteht aus sämtlichen Gebäuden des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS), erweitert um zusätzliche, wärmerrelevante Informationen. Im Modell werden alle Gebäude der Kategorien "Wohnen", "Industrie & GHD", "Öffentlich" und "Kommunal" mit einer ermittelten Nutzfläche von mindestens 50 m<sup>2</sup> pro Gebäude als Wärmeverbraucher definiert. Der Sektor „Kommunal“ umfasst dabei alle Gebäude im Eigentum der Stadt. Falls vorhanden, werden den Gebäuden die Energieverbräuche der leitungsgebundenen Energieträger Strom, Fernwärme und Erdgas anhand realer Zählerdaten der jeweiligen Netzbetreiber für das Jahr 2022 zugeschrieben. Alle restlichen Gebäude ohne vorhandenen Zählerwert werden als nicht leitungsgebunden versorgt angenommen und ihr Energieverbrauch auf Grundlage der Nutzungskategorie, der Nutzfläche und des vermuteten Gebäudealters nach den Daten des Zensus abgeschätzt. Zur Bestimmung der eingesetzten Energieträger und Heizungstechnologien dieser Gebäude erfolgt eine Zuweisung der Daten aus den Kkehrbüchern der Bezirksschornsteinfeger.

Aus der Summe aller Verbraucher des GWM ergibt sich ein Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung der Gebäude in Gießen im Jahr 2022 von insgesamt 767 GWh. Abbildung 1 zeigt den Verbrauch aufgeschlüsselt nach Energieträgern und Gebäudesektoren.

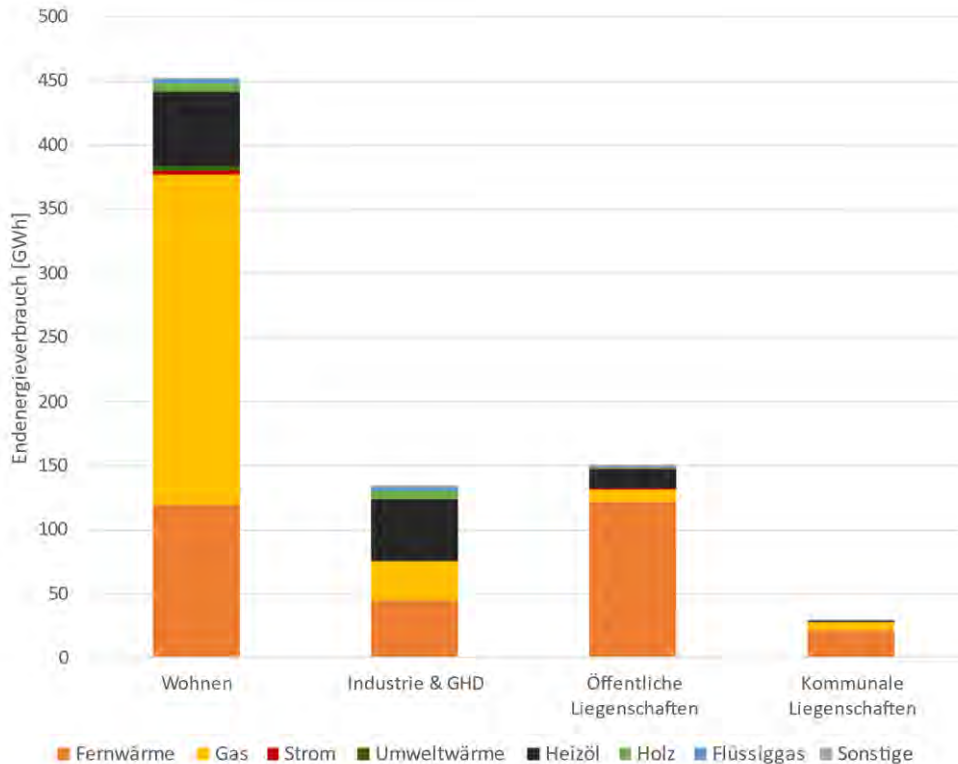


Abbildung 1: Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung nach Energieträgern und Sektoren in 2022

Der Sektor "Wohnen" stellt mit etwa 453 GWh (59 %) über die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs dar und ist der größte Verbrauchssektor. Witterungsbereinigt und unter Berücksichtigung der Energiekrise im Betrachtungsjahr entspricht der Verbrauch einem Endenergiebedarf von 548 GWh und, bezogen auf die ermittelte Gesamtwohnfläche des GWM von rund 3,9 Mio. m<sup>2</sup>, einem durchschnittlichen, spezifischen Endenergiebedarf zur Wärmeversorgung der Wohngebäude in Gießen von 140,6 kWh/m<sup>2</sup>. Dieser Wert entspricht in etwa einem gut sanierten Altbau der Energieeffizienzklasse E nach GEG [2]. Auf den Sektor „Wohnen“ folgen die Sektoren "Öffentliche Liegenschaften" mit 19,6 % und "Industrie & GHD" mit 17,6 % des gesamten Endenergieverbrauchs. Die kommunalen Liegenschaften als eigenständiger Sektor liegen bei einem Anteil von knapp 3,8 %.

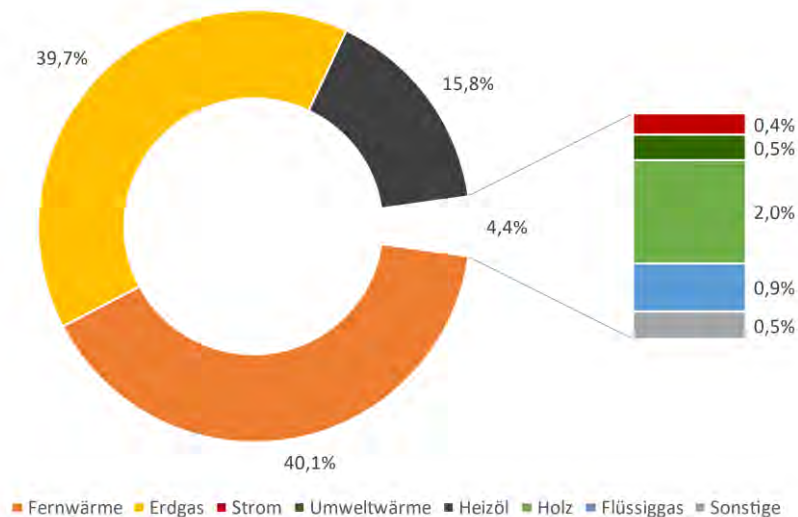


Abbildung 2: Anteile der eingesetzten Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung in 2022

Ein Großteil von 40,1 % des gesamten Endenergieverbrauchs über alle Sektoren in Abbildung 2 wird durch Fernwärme gedeckt. Vor allem öffentliche und kommunale Gebäude beziehen ihre Wärme überwiegend aus Fernwärmenetzen. Aber auch Wohngebäude werden zu einem beträchtlichen Anteil durch Fernwärme versorgt. Der zweithöchste Verbrauchsanteil von 39,7 % liegt bei Erdgas, was vor allem auf den hohen Versorgungsanteil im Sektor "Wohnen" zurückzuführen ist. An dritter Stelle folgt als erster nicht leitungsgebundener Energieträger Heizöl mit einem Anteil von 15,8 %. Auffällig ist außerdem der geringe Anteil erneuerbarer Energien von 0,5 %. Betrachtet man ausschließlich Wohngebäude im Betrachtungsgebiet beziehen diese über die Hälfte ihrer Wärme aus Erdgas, nur ein Bruchteil des Verbrauchs von 0,7 % wird im Vergleich dazu durch Umweltwärme gedeckt.

## 1.2 Treibhausgasemissionen

Aus den Endenergieverbräuchen lassen sich anhand der energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren die Treibhausgasemissionen bestimmen. Zur Berechnung dienen weitestgehend die Emissionsfaktoren der Anlage 9 des GEG [2], ergänzt durch einen nach „Carnot-Methode“ [3] bestimmten Emissionsfaktor für die Gießener Fernwärme im Jahr 2022 der SWG.

Daraus ergeben sich Gesamtemissionen von 182.344 Tonnen CO<sub>2e</sub> zur Deckung der Wärme in Gießen im Jahr 2022. Abbildung 3 zeigt diese Gesamtemissionen ebenfalls aufgeschlüsselt nach Energieträger und Gebäudesektor.

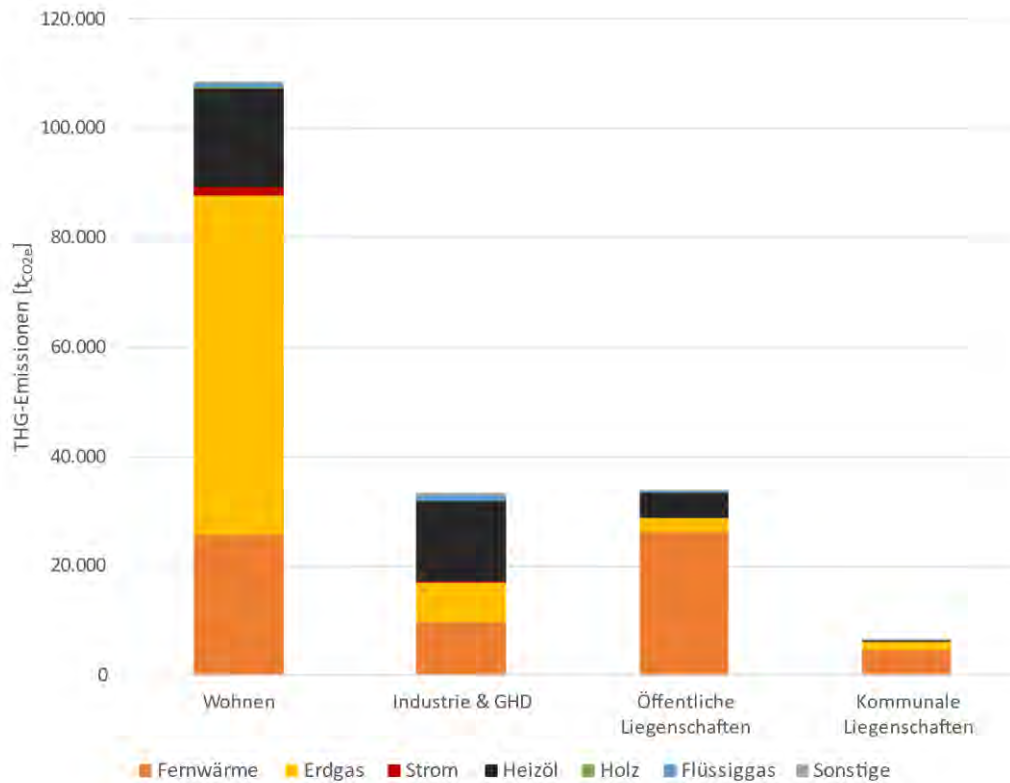


Abbildung 3: Treibhausgasemissionen zur Wärmeversorgung nach Energieträger und Sektor in 2022

Wohngebäude stellen mit 1,17 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Kopf neben dem größten Verbrauchssektor auch die größte Emissionsquelle dar (59,6 %). Auch die Reihenfolge der nachfolgenden Sektoren bleibt im Vergleich zur Verbrauchsverteilung mit "Öffentliche Liegenschaften" mit 18,6 %, "Industrie & GHD" mit 18,3 % und „Kommunale Liegenschaften“ mit 3,6 % bis auf geringe Prozentabweichungen unverändert.

Neben dem Hauptversorgungsanteil von kombiniert etwa 80 % nach Abbildung 2 besitzen Fernwärme und Erdgas mit 36,5 % für Fernwärme und 40,1 % für Erdgas gleichzeitig auch die höchsten Emissionsanteile in Gießen. Grund dafür ist vor allem der Emissionsfaktor der Gießener Fernwärme, welcher sich direkt aus den realen Energieträgereinsätzen des Erzeugermixes der SWG für das Jahr 2022 ableitet. Abbildung 4 zeigt die Aufschlüsselung der eingesetzten Energieträger als prozentualen Deckungsanteil am Gesamtenergieeinsatz. Die Aufteilung des Energieträgereinsatzes von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf die Endprodukte Strom und Wärme erfolgt hierbei mittels Finnischer Methode [4].

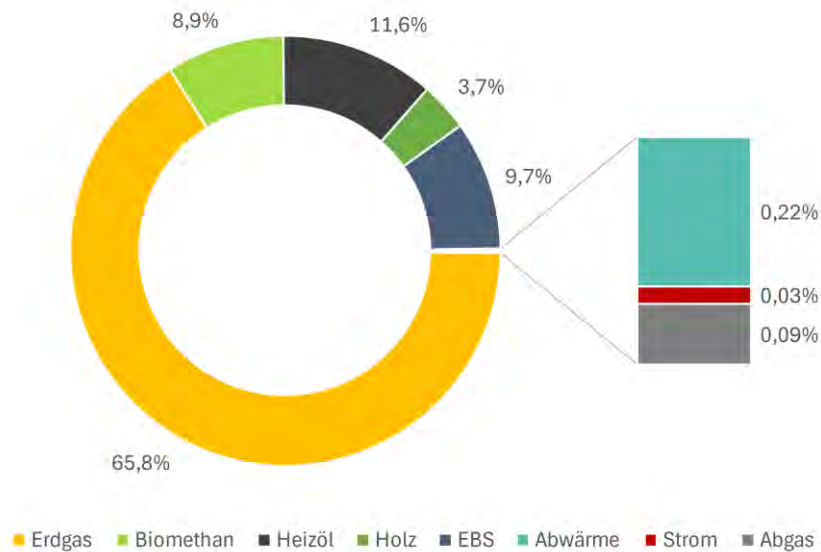


Abbildung 4: Anteile der eingesetzten Energieträger am Gesamtenergieeinsatz zur Fernwärmeerzeugung in 2022

Knapp zwei Drittel der Gießener Fernwärme wurden 2022 aus Erdgas gewonnen. Weitere nennenswerte Anteile besitzen Heizöl mit 11,6 %, Ersatzbrennstoffe (EBS) mit 9,7 %, Biomethan mit 8,9 % und Holz mit 3,7 %. Das Jahr 2022 war geprägt durch die Energiekrise, womit der hohe Anteil an Heizöl zu erklären ist. Ersatzbrennstoff bezeichnet nieder- und mittelkalorische Fraktionen von aufbereitetem Gewerbemüll. Die geringsten Anteile des Energieträgermix teilen sich Abwärme mit 0,22 %, Abgas mit 0,09 % und Strom mit 0,03 %. Mit etwa 8,9 % aus Biomethan, 3,7 % aus Holz und 9,7 % aus EBS weist die Fernwärme demnach einen geringen Einsatz erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme auf und trägt somit einen bedeutenden Anteil an den Gesamtemissionen der Stadt.

## 2 Räumlich aufgelöste Wärmebedarfe

Nach Auswertung der Wärmeverbräuche in Gießen sollen nachfolgend die zugrundeliegenden Wärmebedarfe in räumlichem Zusammenhang betrachtet werden.

### Nutzwärmebedarf

Der Endenergieverbrauch ist die gesamte tatsächlich verbrauchte Energiemenge, die ins Gebäude fließt. Der Nutzwärmebedarf dagegen ist die durchschnittliche Energiemenge, die für die Heizung benötigt wird, nachdem Verluste im Heizsystem berücksichtigt sind. Für Gießen ergibt sich ein jährlicher Nutzenergiebedarf von 821 GWh. Auch hierbei werden Nutzenergieanteile zur Bereitstellung von Prozesswärme aus Industrie & GHD nicht berücksichtigt. Abbildung 5 zeigt die Aufteilung des Gesamtnutzenergiebedarfs nach Gebäudesektor.



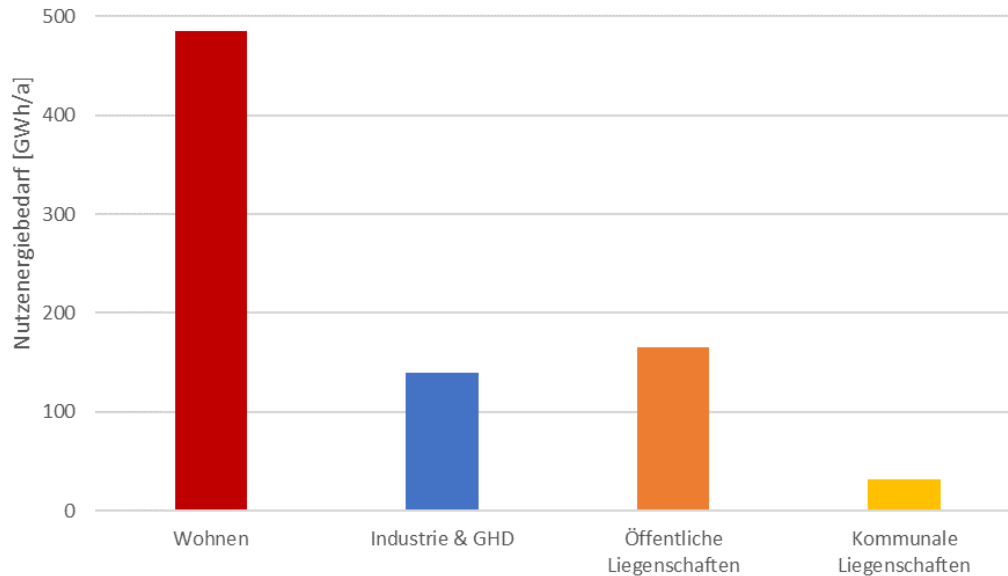


Abbildung 5: Gesamtnutzenergiebedarf nach Gebäudesektor

Die Verteilung der Nutzenergiebedarfe nach Sektoren deckt sich erwartungsgemäß mit den Ergebnissen der Energiebilanz.

Die räumlich aufgelöste Betrachtung der Nutzenergiebedarfe erfolgt auf Basis von Baublöcken. Baublöcke stellen dabei zusammengefasste, von Straßen oder anderen baulichen Grenzen umschlossene Siedlungsflächen dar [5]. Zur Auswertung werden die Energiebedarfe aller Gebäude innerhalb eines Baublocks aggregiert und diesem zugeschrieben. Zusätzlich dazu werden die Wärmebedarfe innerhalb der Baublöcke nach Gebäudesektor gruppiert und die Gruppe mit dem größten Bedarfsanteil am gesamten Nutzenergiebedarf eines Baublocks als jeweiliger Hauptbedarfssektor bestimmt.

Ein Großteil des Wärmebedarfs der Wohngebäude sowie öffentlichen und kommunalen Liegenschaften befindet sich mit mittleren bis hohen Bedarfen im Zentrum der Kernstadt Gießen. Ein weiterer großer Bedarfsanteil für Wohngebäude verteilt sich mit meist niedrigeren Werten auf die Randgebiete der Kernstadt sowie flächendeckend auf die umliegenden Ortsteile. Höhere Bedarfsanteile aus Industrie & GHD zeigen sich vereinzelt in den Randgebieten der Ortsteile.

## Energieträgeraufteilung

Durch die gebäudescharfe Zuweisung eingesetzter Energieträger im GWM kann neben dem Wärmebedarf innerhalb der Baublöcke auch die Energieträgeraufteilung zur Bedarfsdeckung bestimmt werden. Aus dieser räumlichen Auflösung der Deckungsanteile lassen sich Gebiete mit hoher Konzentration einzelner Energieträger identifizieren. Die Auswertung der Deckungsanteile erfolgt als prozentualer Deckungsanteil bezogen auf den Gesamtwärmebedarf innerhalb der Baublöcke.

Während die umliegenden Ortsteile überwiegend hohe Deckungsanteile durch Erdgas aufweisen, ist die Kernstadt Gießen durch einen Mix an Fernwärme und Erdgas gekennzeichnet. Hohe Anteile nicht leitungsgebundener Energieträger finden sich, aufgrund nicht vorhandener Netzinfrastrukturen, vor allem in den Grenzgebieten der Stadt. Insbesondere nordwestlich, entlang der Grenze zu Wettenberg, zeigen sich großflächig nicht leitungsgebundene Deckungsanteile von über 90 %. Die Wärmebedarfsdeckung durch Umweltwärme fällt gering aus. Über das gesamte Stadtgebiet verteilt finden sich Baublöcke mit überwiegend niedrigen Deckungsanteilen von unter 10 %, nur vereinzelt sind höhere Deckungsanteile durch Umweltwärme zu finden.

Abbildung 6 zeigt eine Übersicht der Energieträgeraufteilung zur Deckung der Wärmebedarfe innerhalb der Ortsteile.

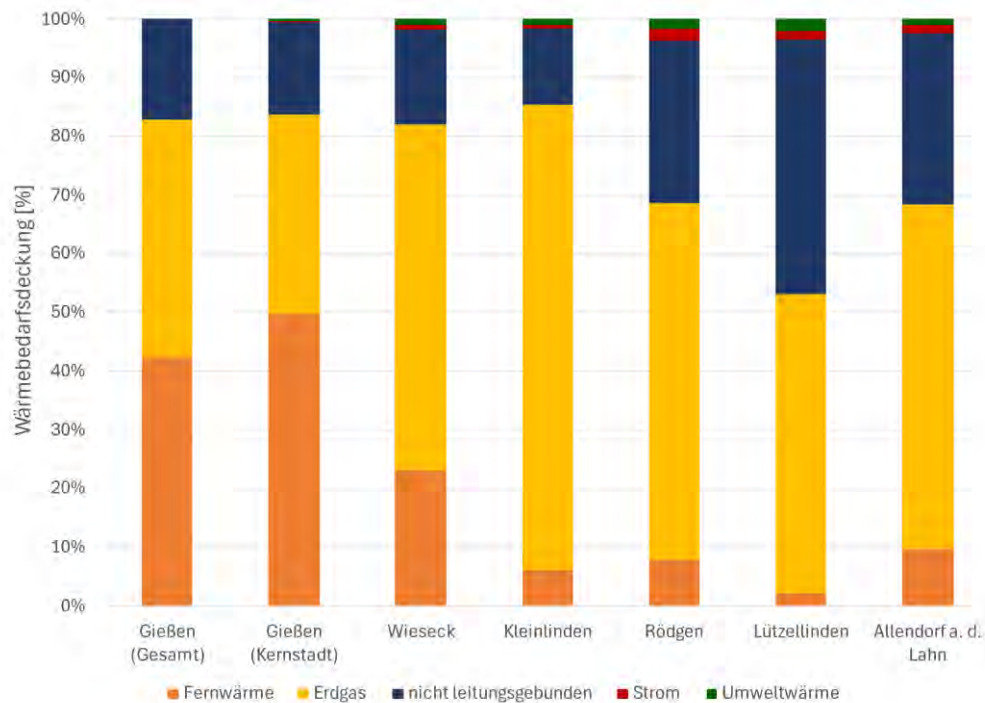


Abbildung 6: Deckungsanteile der Energieträger am Gesamtwärmebedarf der Ortsteile

In der Kernstadt von Gießen stellt Fernwärme mit einem Deckungsanteil von 50 % den Hauptenergieträger dar. In allen umliegenden Ortsteilen werden die Bedarfe hingegen primär durch Erdgas gedeckt.

## Wärmebedarfsdichte

Die Wärmebedarfsdichte beschreibt, wie viel Energie für die Beheizung von Gebäuden in einem bestimmten Baublock benötigt wird, bezogen auf die Fläche. Sie spielt eine wichtige Rolle bei der Planung effizienter Versorgungssysteme, da sie nicht nur den Nutzwärmebedarf berücksichtigt, sondern auch die Struktur und Dichte der Gebäude. Eine hohe Wärmebedarfsdichte bedeutet nicht immer eine schlechte Gebäudeeffizienz, sondern muss im

Zusammenhang mit Faktoren wie der Größe des Baublocks und den vorhandenen Gebäudetypen und deren Nutzung (z.B. Wohngebäude oder öffentliche Gebäude) betrachtet werden.

Zur Auswertung der Wärmebedarfsdichten werden die aus dem GWM aggregierten Baublockbedarfe auf die Grundfläche des jeweiligen Baublocks bezogen. Abbildung 7 zeigt die Auswertung der baublockbezogenen Wärmebedarfsdichten in kartografischer Form.

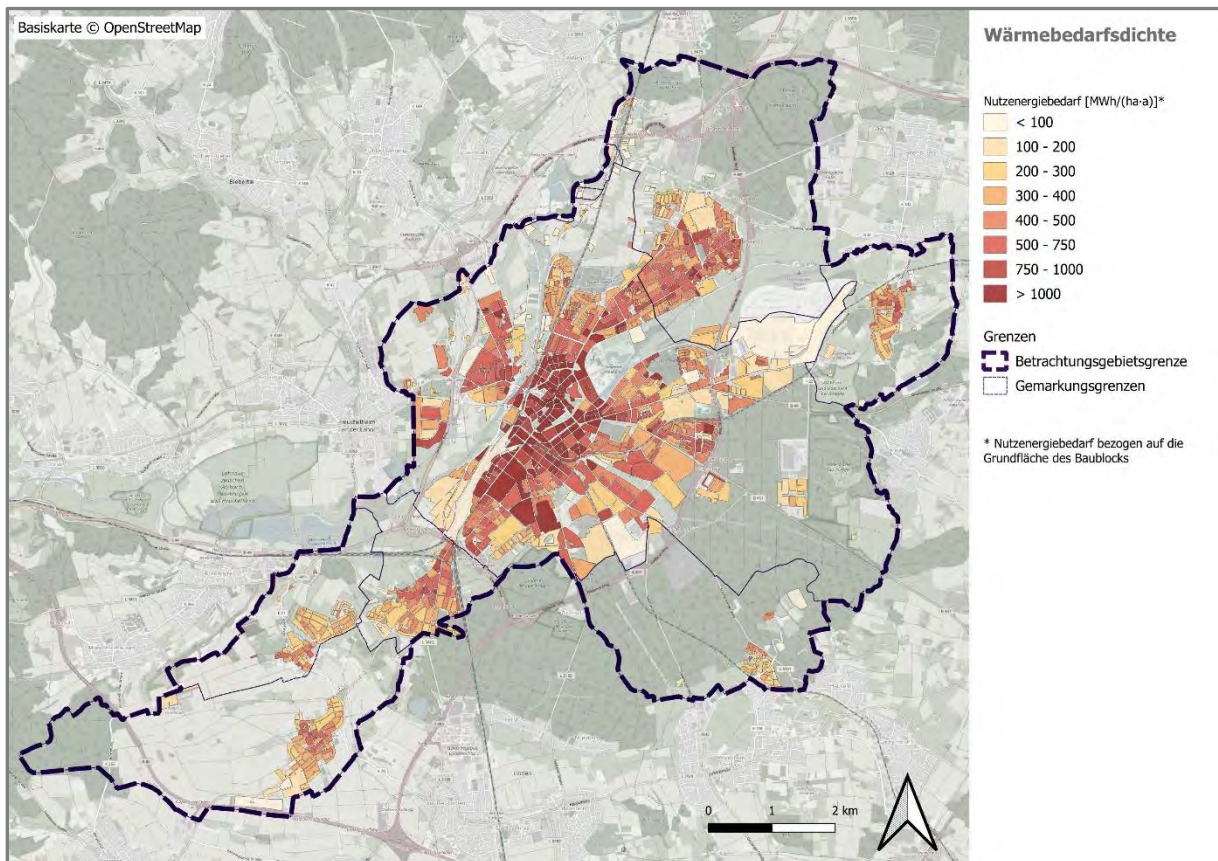


Abbildung 7: Wärmebedarfsdichte auf Baublockebene in 2022 (Basis: ALKIS, Gebäudewärmemodell)

Die durchschnittliche Wärmebedarfsdichte der Stadt liegt bei etwa 472 MWh/(ha-a). Besonders auffällig sind die hohen Werte im Zentrum der Kernstadt Gießen, welche vor allem auf die dichte Bebauung mit zahlreichen Mehrfamilienhäusern zurückzuführen ist. Im Gegensatz dazu weisen die Randgebiete der Kernstadt durch eine weitläufigere Bebauung und die Ansiedlung einiger Gewerbegebiete niedrigere Werte auf. Die durchschnittliche Bedarfsdichte über alle Baublöcke der Kernstadt liegt bei 555 MWh/(ha-a). Die umliegenden Ortsteile weisen im Vergleich dazu flächendeckend niedrigere Werte auf. Die Durchschnittswerte der umliegenden Ortsteile liegen mit einem maximalen Wert von 387,5 MWh/(ha-a) in Kleinlinden alle unterhalb der Bedarfsdichte der Kernstadt.



### 3 Wärmeversorgungsstruktur

Ergänzend zur Analyse der räumlich aufgelösten Wärmebedarfe soll in diesem Kapitel nun auch die Versorgungsstruktur zur Deckung der Bedarfe räumlich aufgelöst dargestellt werden. Dabei wird neben den Netztopologien der Wärmeversorgungsnetze auch die gesamte zentrale Wärmeerzeugerstruktur abgebildet.

#### Wärmenetze

Innerhalb des Untersuchungsgebietes betreibt die Stadtwerke Gießen AG (SWG) 45 Teilnetze mit insgesamt rund 189 Trassenkilometern (137 Trassenkilometer für Netzleitungen, 52 Trassenkilometer für Anschlussleitungen) zur Fernwärmeversorgung. Aufgeteilt sind die Teilnetze in ein großes Warmwasserverbundnetz, welches 31 der 45 Teilnetze in sich vereint, sowie ein übergeordnetes, mit dem Warmwassernetz verbundenen Heißwassernetz und 13 eigenständige Warmwasserprimärnetze. Gespeist werden die Teilnetze von insgesamt 186 Erzeugern, verteilt auf 90 verschiedene Standorte.

Aus der Anzahl aller aktiven Hausanschlüsse für Fernwärme (ca. 2.870) im Jahr 2022 und der gesamten Trassenlänge für Netzleitungen von ungefähr 137 km ergibt sich eine Anschlussdichte von knapp 21 Anschlüssen pro Trassenkilometer.

Die Karte in Abbildung 8 zeigt die zusammengefasste Netztopologie aller Teilnetze sowie Erzeugerstandorte im Bestand. Ergänzt wird die Darstellung durch bereits beschlossene Netzausbauprojekte und zukünftig geplante Erzeugerstandorte. Zusätzlich dazu sind Erzeugerstandorte mit vorhandenen oder geplanten KWK-Anlagen farblich markiert.

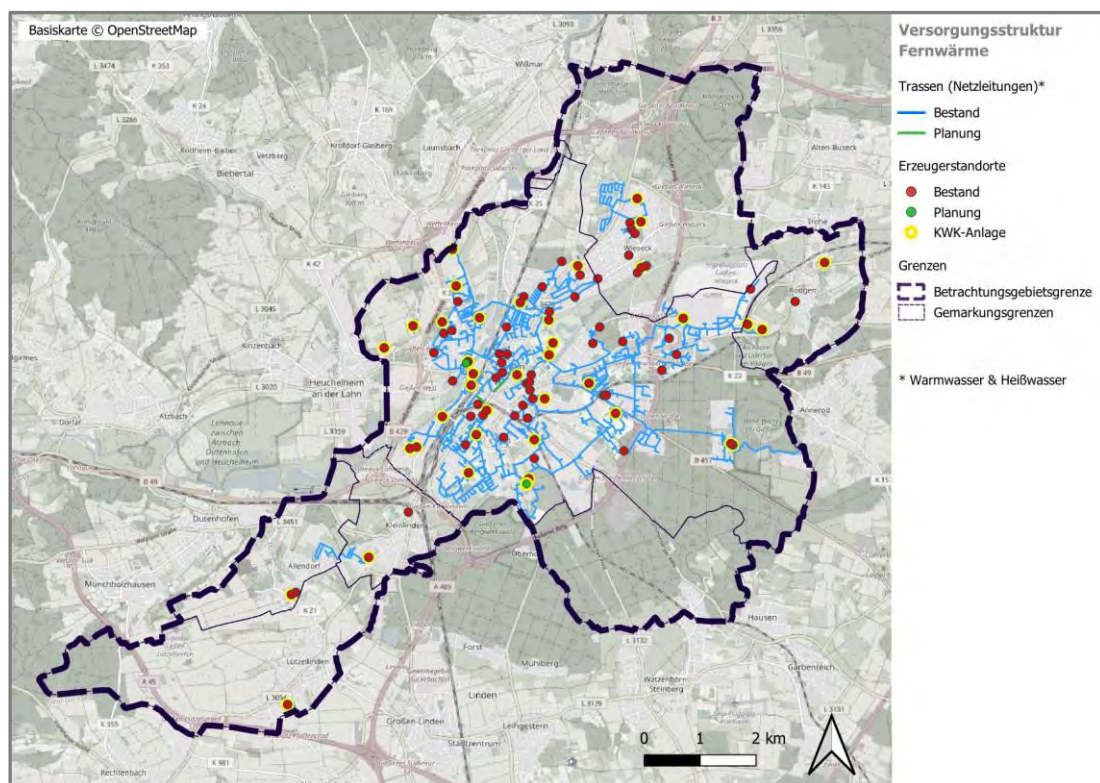


Abbildung 8: Fernwärmeversorgungsstruktur in Gießen

Die Kernstadt Gießen zeigt einen flächendeckenden Ausbau des Fernwärmenetzes. Hier liegen mit 126 Trassenkilometern knapp 92 % der gesamten Netzleitungsinfrastruktur sowie 79 der insgesamt 112 Erzeugerstandorte. In den umliegenden Ortsteilen befinden sich lediglich kleinere Teilnetze.

## Gasnetz

Innerhalb des Untersuchungsgebietes betreibt die Mittelhessen Netz GmbH (MIT.N) ein Netz von insgesamt rund 424 Trassenkilometern (305 Trassenkilometer für Netzleitungen, 119 Trassenkilometer für Anschlussleitungen) zur Erdgasversorgung.

Aus der Anzahl aller aktiven Hausanschlüsse für Erdgas (ca. 8.830) im Jahr 2022 und der gesamten Trassenlänge für Netzleitungen von ungefähr 305 km ergibt sich eine Anschlussdichte von knapp 29 Anschlüssen pro Trassenkilometer. Obwohl sich die Verbräuche von Erdgas und Fernwärme nur geringfügig unterscheiden, ist der Bestand an Gasanschlüssen etwa dreimal so hoch wie der Bestand an Fernwärmeanschlüssen. Ein entscheidender Faktor hierbei ist der hohe Verbrauchsanteil von Erdgas im Wohnsektor, da hier im Vergleich zu den restlichen Gebäudesektoren häufig geringere Wärmebedarfe pro Anschluss vorhanden sind.

Die Karte in Abbildung 9 zeigt die zusammengefasste Netztopologie im Bestand.

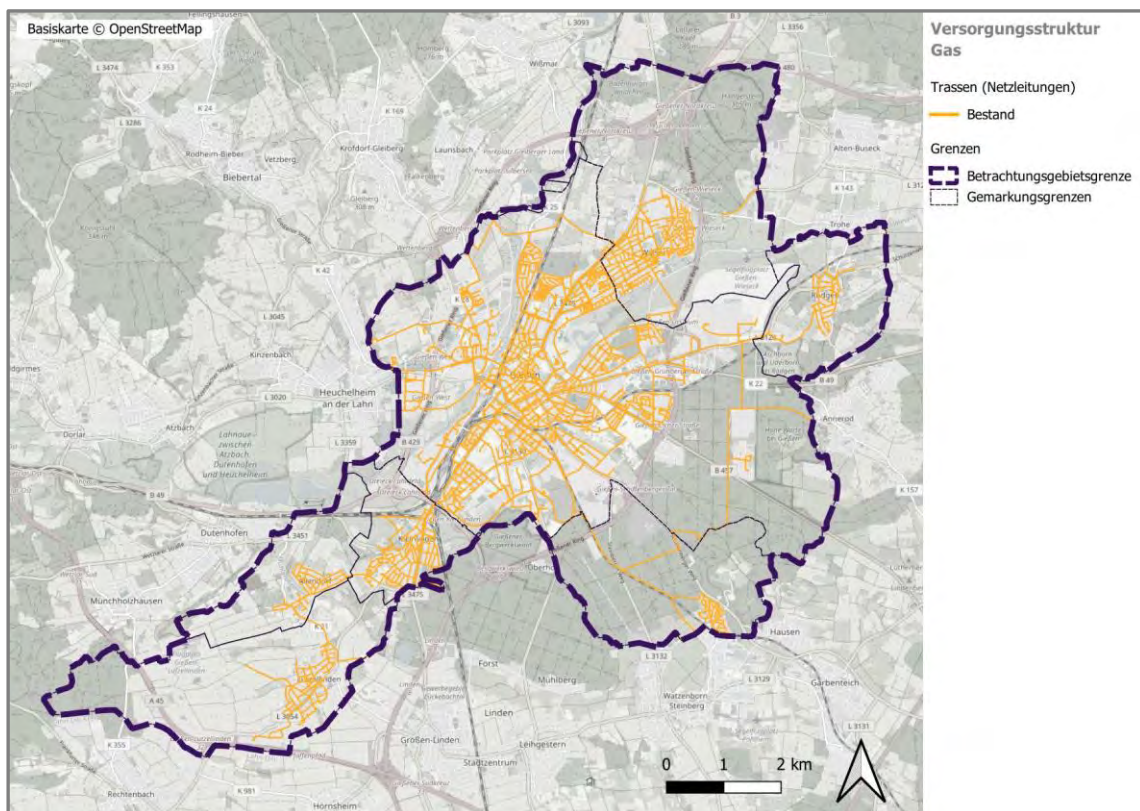


Abbildung 9: Erdgasversorgungsstruktur in Gießen



Im Gegensatz zur Fernwärme zeigt sich ein großflächigerer Netzausbau für Erdgas über alle Ortsteile von Gießen. Mit 213 Trassenkilometer liegen nur knapp 70 % der gesamten Netzleitungen in der Kernstadt. Auch die umliegenden Ortsteile sind alle durch eine dichte Netzstruktur geprägt.

## 4 Städtebauliche Entwicklung

Zum Abschluss der Betrachtung des Ist-Zustandes im Untersuchungsgebiet soll in diesem Kapitel bereits ein Blick auf die zukünftige, bauliche Entwicklung der Stadt Gießen geworfen werden. Hierzu werden kurzfristige, konkrete Projekte der Stadtentwicklung und ihre Auswirkungen auf den zukünftigen Wärmebedarf der Stadt Gießen untersucht.

### Projekte zur städtebaulichen Entwicklung

Die Erfassung wärmerrelevanter Projekte zur städtebaulichen Entwicklung erfolgt auf den Planungsgrundlagen des Stadtplanungsamtes der Stadt Gießen. Bis 2027 bestehen etwa 33 konkrete Vorhaben aus den Kategorien Neubau, Konversion und Nachverdichtung. Die Projekte und ihre Projektbezeichnungen sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Stadtentwicklungsprojekte in Gießen

Nr.	Nummer/Bezeichnung	Nr.	Nummer/Bezeichnung	Nr.	Nummer/Bezeichnung
1	"Samen-Hahn"-Projekt	12	TDG-Projekt Poliklinik	23	Tresor-Projekt
2	Lehrkräfteakademie	13	Pferde-OP	24	Philosophenhöhe
3	Kongresshalle	14	ILH-Forschungszentrum	25	DRK-Umnutzung
4	Molikestraße 25	15	Heyco I (Dr. Lust)	26	Stadtmission
5	THM-Fassade C10	16	Rathenaustraße 8	27	Teichweg 3
6	Weserstraße-Projekt	17	DITIB-Moschee	28	Urnenfeld 12
7	EDEKA-Neubau	18	"Rinn'sche Grube"	29	Fa. ReFood
8	BlmA-Postsiedlung	19	JLU-Bibliothek	30	Bieber+Marburg II
9	"Green Village"	20	JLU-Seminargebäude I	31	Flutgraben 13
10	Ausbau St. Josefs	21	Fa. Pascoe, 2. BA	32	Turhan-Vorhaben
11	Riegelpfad 10+14	22	Zwo Immobilien-Projekt	33	Hotel II Oberlachweg

\* Neubau (grün), Konversion (blau), Nachverdichtung (rot)

Je nach Art des Vorhabens nehmen die Stadtentwicklungsprojekte unterschiedlichen Einfluss auf den Wärmebedarf in Gießen. Reine Neubauten auf ungenutzten Siedlungsflächen erhöhen den Wärmebedarf um ihren gesamten Bedarf, während Konversionsprojekte den ursprünglichen Bedarf eines Bestandsobjektes erhöhen oder verringern können. Abbildung 10 fasst die Änderungen des Nutzwärmebedarfs aller Stadtentwicklungsprojekte, kategorisiert nach Projekttyp, zusammen.

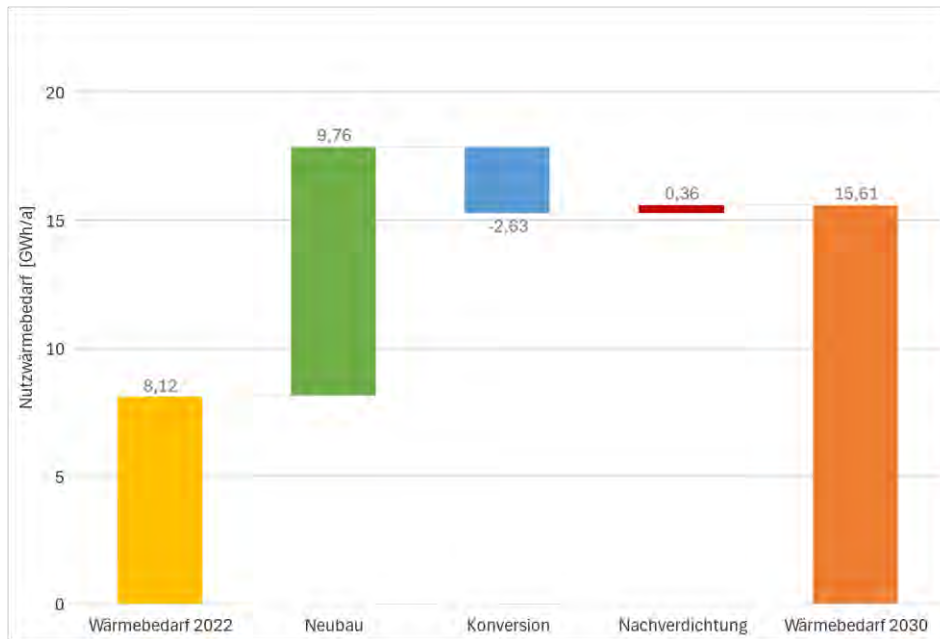


Abbildung 10: Wärmebedarfsentwicklung der Stadtentwicklungsprojekte bis 2030 nach Projekttyp

Ausgangspunkt der Betrachtung ist der Nutzwärmebedarf aller durch Stadtentwicklungsprojekte betroffenen Bestandsgebäude im Jahr 2022. Insgesamt erhöht sich der Wärmebedarf innerhalb dieser Stadtentwicklungsprojekte, isoliert betrachtet, um etwa 92 %. Den größten Anteil daran haben Neubauprojekte mit einer Bedarfserhöhung von rund 120 %. Konversionsprojekte führen insgesamt zu einer Reduktion des ursprünglichen Wärmebedarfs um etwa 32 %, wodurch der Effekt der Neubauten in Summe etwas relativiert wird. Es ist zu beachten, dass die Bedarfserhöhung durch Stadtentwicklungsprojekte nicht als negativ zu interpretieren ist. Erhöhungen sind hierbei in der Regel durch einen projektbedingten Zuwachs an Gebäudenutzfläche zu begründen, welcher, trotz höherer Energiestandards, zu einem höheren Bedarf führen kann.

## Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse stellt einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung dar. In diesem Kapitel werden die verfügbaren Potenziale zur klimaneutralen Wärme- und Stromerzeugung sowie zur Energieeinsparung systematisch erfasst und bewertet. Ziel ist es, die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung regenerativer Energiequellen zu identifizieren und die Potenziale für eine emissionsfreie Wärmeversorgung zu quantifizieren.

Neben den technischen Potenzialen zur Energieerzeugung spielt die Reduzierung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen eine wesentliche Rolle. Die Potenzialanalyse untersucht in welchem Umfang durch Gebäudesanierungen Energie eingespart werden kann und welche Sanierungsraten hierfür erforderlich sind. Diese Einsparpotenziale sind entscheidend für die Gestaltung einer nachhaltigen und effizienten Wärmeversorgung.

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse liefern eine wichtige Grundlage für die Entwicklung des Zielszenarios und bietet wichtige Anhaltspunkte für die Planung und Umsetzung konkreter Maßnahmen zur Transformation der Wärmeversorgung in Richtung Klimaneutralität.

### 5 Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz

Eine Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden führt zur Reduktion des Wärmebedarfs und kann somit als Einsparpotential betrachtet werden. Zur Quantifizierung dieses Potentials wird eine GIS-gestützte Analyse auf Grundlage der Gebäudepolygone des Gebäudewärmemodells (GWM) der Bestandsanalyse durchgeführt.

Im Rahmen der Analyse wird auf Basis verschiedener Sanierungsszenarien eine jährliche Anzahl sanierungsfähiger Gebäude saniert und ihr Wärmebedarf entsprechend reduziert. Das Maß der Bedarfsreduzierung wird durch eine festgelegte Sanierungstiefe bestimmt. Diese beschreibt, bis zu welchem Grad sanierungsfähige Gebäude energetisch verbessert werden sollten. Für Gießen wird hier ein pauschaler flächenspezifischer Wärmebedarf von  $70 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$  angenommen, was der Effizienzklasse B nach GEG entspricht. Als sanierungsfähig gelten alle Gebäude im Betrachtungsgebiet, die zum Betrachtungszeitpunkt einen flächenspezifischen Bedarf von  $90 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$  oder höher aufweisen. Die Anzahl der jährlich zu sanierenden Gebäude wird durch die Sanierungsrate festgelegt. Die Sanierungsrate beschreibt den jährlichen, prozentualen Anteil von tatsächlich im Rahmen der Analyse sanierten Gebäuden zu allen potentiell sanierungsfähigen Gebäuden im Betrachtungsgebiet. Die Auswertung der Energieeinsparungen erfolgt für drei verschiedene Szenarien mit Sanierungsraten von 1 %, 1,5 % und 2 %. Die Raten bleiben innerhalb der Szenarien über den gesamten Betrachtungshorizont konstant und die Auswahl der zu sanierenden Gebäude erfolgt für jedes Szenario zufällig. Die betrachteten Sanierungsraten sind entsprechend aktueller Entwicklungen [6] und im Vergleich mit anderen Energieszenarien gewählt [7].

Die Gesamteinsparungen durch Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden innerhalb der verschiedenen Sanierungsszenarien sind in Tabelle 2 für die Jahre 2030 und 2035 aufgeschlüsselt nach Gebäudenutzung dargestellt.

Tabelle 2: Potential zur Einsparung von Wärme durch Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz nach Gebäudenutzung

Sanierungs- rate	Jahr	Wohnen	Industrie und GHD	Kommunale Liegenschaften	Öffentliche Liegenschaften	Summe
[%]	[-]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]
1	2030	21.570	3.340	1.480	7.050	33.440
	2035	36.070	6.830	2.660	8.870	54.430
	2040	48.440	8.480	3.560	9.800	70.280
	2045	61.290	12.150	4.190	14.810	92.440
1,5	2030	32.490	5.940	1.310	13.210	52.950
	2035	52.400	8.840	3.580	18.920	83.740
	2040	72.560	12.080	5.320	22.200	112.160
	2045	94.020	14.490	7.110	28.880	144.500
2	2030	40.750	7.510	2.280	13.260	63.800
	2035	68.950	11.390	3.990	19.680	104.010
	2040	97.600	15.440	5.190	25.610	143.840
	2045	126.940	19.350	6.780	30.640	183.710

Die beschriebenen Stadtentwicklungsprojekte werden hierbei nicht berücksichtigt, da sie, bis auf eine Ausnahme, keine Sanierung des Gebäudebestandes darstellen und sogar zu einer Erhöhung des Wärmebedarfs durch Neubauten oder Erweiterungsbauten beitragen.

Durch die gebäudescharfe Entwicklung der Sanierungsszenarien auf Basis des georeferenzierten GWM können die Bedarfsreduzierungen betrachtet werden. Veränderungen des Wärmebedarfs sind aufgrund der häufig älteren Baualtersklassen und dichten Bebauungsstruktur erwartungsgemäß vor allem im Stadtzentrum zu beobachten.

Setzt man die Ergebnisse der Bedarfsreduzierung im 1,5 %-Szenario aus Tabelle 2 ins Verhältnis zum Gesamtwärmebedarf von 821 GWh lässt sich bis 2045 eine Einsparung von etwa 17,6 % ausweisen.

## 6 Potentiale erneuerbarer Energien und Abwärme

Im folgenden Abschnitt wird die Verfügbarkeit von Potentialen aller relevanten Technologien untersucht, die Wärme direkt aus erneuerbaren Energiequellen bereitstellen können. Dabei kann die Wärme je nach Technologie entweder dezentral, also direkt am Erzeugungsort oder zentral in einem Wärmenetz genutzt werden. Die Auswertung der Potentiale erfolgt soweit möglich

quantitativ als Flächen- sowie als Leistungs- oder Ertragspotential und darüber hinaus in räumlich aufgelöster Form.

Weil Technologien zur Sektorkopplung in erster Linie auf ausreichende Mengen erneuerbaren Stroms angewiesen sind, kann die Transformation des Wärmesektors zu einem signifikanten Teil auch von regionalen Potentialen erneuerbarer Stromerzeugung abhängen. Daher werden zusätzlich die Potentiale zur Errichtung von PV-, Windkraft- und Wasserkraftanlagen im Betrachtungsgebiet ermittelt.

## 6.1 Solarthermie

### Freiflächenanlagen

Solarthermie-Freiflächenanlagen (FFA) eignen sich üblicherweise zur zentralen Nutzung der erzeugten Wärme. Freiflächen können dabei großflächig durch Solarparks im höheren Leistungsbereich genutzt und die Wärme idealerweise in ein nahegelegenes Wärmenetz eingespeist werden. Die Studie "Klimapfade 2.0" prognostiziert, dass im Bundesgebiet im Jahr 2045 zwischen 7 und 13 TWh des anfallenden Fernwärme-Primärenergieverbrauchs durch Solarthermie gedeckt werden wird [7]. Für viele Fernwärmenetze kann Solarthermie je nach den örtlichen Gegebenheiten ein passender Baustein für den Erzeugerpark der Zukunft sein.

Um ein quantifizierbares Leistungspotential für Solarthermie-FFA zu bestimmen, müssen Standorte beziehungsweise freie Landschaftsflächen ermittelt werden, auf denen der Bau von Solarthermie-FFA potentiell möglich und sinnvoll ist. Die Ermittlung dieser Freiflächenpotentiale erfolgt durch eine GIS-gestützte Flächenanalyse.

Aus der GIS-basierten Flächenanalyse nach festgelegtem Kriterienkatalog in Anhang 2 für Solarthermie-FFA ergeben sich die Potentialflächen für Gießen in Abbildung 11.



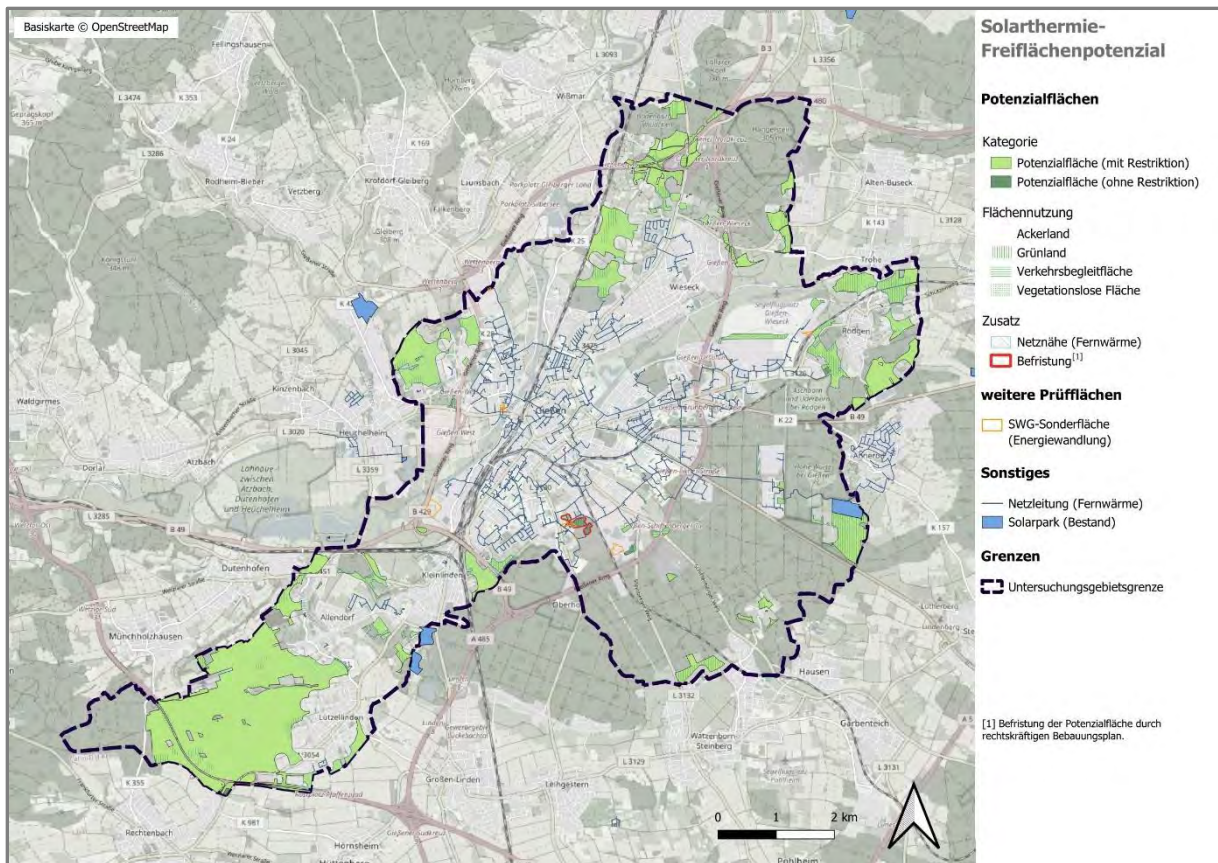


Abbildung 11: Kartographische Darstellung der Potentialflächen für Solarthermie-Freiflächenanlagen in Gießen

Die Abbildung zeigt die ermittelten Potentialflächen mit und ohne Restriktionen differenziert nach der aktuell vorhandenen Flächennutzung nach dem digitalen Basis-Landschaftsmodell des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie [8]. Während Ausschlusskriterien die Nutzung einer Fläche aufgrund von bestehenden Konflikten mit Umweltbelangen kategorisch ausschließen, stellen Restriktionskriterien nur unter bestimmten Voraussetzungen unzulässige Beeinträchtigungen von Umweltbelangen dar. Die Entscheidung, ob eine unzulässige Beeinträchtigung von Umweltbelangen tatsächlich gegeben ist, muss hier in der Regel in detaillierter Einzelfallprüfung getroffen werden und ein kategorischer Ausschluss wäre daher nicht angemessen.

Zusammenhängende Potentialflächen, die in Summe kleiner als 0,5 ha groß sind, werden aus der Potentialbestimmung herausgenommen, da sie für eine wärmenetzrelevante Anlagengröße als zu klein bewertet werden. Durch einen Abgleich der ermittelten Flächen mit bestehenden, rechtskräftigen Bebauungsplänen der Stadt Gießen [9] wurden die Ergebnisse an die darin vorgegebenen Bedingungen angepasst. Hieraus resultiert unter anderem die in der Karte markierte Befristung der Potentialfläche im Bereich des „Technologie- und Gewerbeпарк Leihgesterner Weg“.

Obwohl rechtlich festgesetzte Vogelschutzgebiete im Rahmen der Analyse unter Vorbehalt einer artenschutzrechtlichen Verträglichkeitsprüfung allgemein als Restriktionskriterium für Solarthermie

behandelt werden, ist die Fläche des Vogelschutzgebietes in der „Wieseckau“ aufgrund bereits bekannter artenschutzrechtlicher Unzulässigkeiten als mögliche Potentialfläche ausgeschlossen.

Die Entfernung zum Fernwärmenetz stellt einen treibenden Kostenfaktor für solarthermische Anlagen und somit ihre Wirtschaftlichkeit dar. Aus diesem Grund ist ein Abstand von 500 m zu bestehenden Fernwärmenetzleitungen als Zusatzkriterium ausgewiesen. Da Solarthermie und Photovoltaik um dieselben Flächen konkurrieren, können Flächen innerhalb dieses Abstandes sinnvollerweise für Solarthermie vorbehalten werden.

Zusätzlich zu den ermittelten Potentialen im Rahmen der Flächenanalyse werden Sonderflächen zu Energiewandlungszwecken der Stadtwerke Gießen AG (SWG) ohne weitere Flächenprüfung als potentiell nutzbare Standorte unter Vorbehalt in der Karte ausgewiesen und separat in die Auswertung der Potentiale aufgenommen.

Aus den ermittelten Flächenpotentialen lassen sich theoretische, thermische Leistungs- und Ertragspotentiale ermitteln. Tabelle 3 fasst die ermittelten Ergebnisse der Potentialanalyse für Solarthermie-FFA differenziert nach Flächentyp zusammen.

Tabelle 3: Ergebnisse der Potentialanalyse zu Solarthermie-FFA in Gießen

Flächentyp	Gesamtpotential			Netznähe (500 m)		
	Fläche	Leistung	Ertrag	Fläche	Leistung	Ertrag
[-]	[ha]	[MW]	[GWh/a]	[ha]	[MW]	[GWh/a]
Freifläche (mit Restriktion)	1.003,02	2.553,14	1.641,30	235,10	598,42	384,70
Freifläche (ohne Restriktion)	6,38	16,24	10,44	5,67	14,44	9,28
Freifläche (Gesamt)	1.009,40	2.569,37	1.651,74	240,77	612,86	393,98
Energiewandlung (SWG)	9,50	24,18	15,54	9,50	24,18	15,55
Gesamt	1.018,90	2.593,55	1.667,28	250,27	637,04	409,53

Es ergibt sich ein gesamtes Freiflächenpotential von knapp 1.009 ha, wovon mit rund 241 ha etwa 24 % im Vorzugsgebiet für Solarthermie-FFA von 500 m um bestehende Wärmenetze liegen. 89 % dieser Vorzugsfläche sind durch vorherrschende Restriktionskriterien möglicherweise eingeschränkt nutzbar. Hinzu kommt ein vorbehaltliches Flächenpotential von insgesamt ca. 9,5 ha innerhalb der „Sonderflächen Energiewandlung“ der SWG, welches vollständig in Reichweite des Fernwärmenetzes liegt. Daraus ergibt sich ein theoretisches Gesamtleistungspotential in Netznähe von etwa 637 MW<sub>th</sub> und ein jährliches Ertragspotential von rund 410 GWh/a.

## Potenzial auf Gebäuden

Um die Einsatzmöglichkeiten von Solarthermie-Anlagen auf Dachflächen zu quantifizieren, wird eine gebäudescharfe Potentialanalyse durchgeführt. Potentielle Dachflächen werden unterteilt in Dächer zur zentralen Nutzung sowie Dächer zur dezentralen Nutzung der erzeugten Wärme, ergo Großanlagen und Kleinanlagen. Für beide gilt die Einschränkung, dass eine

(Teil-)Dachfläche in ihrer Neigung und Ausrichtung laut Solarkataster Hessen einer jährlichen Globalstrahlung von mindestens 750 kWh/(m<sup>2</sup>-a) ausgesetzt sein muss, um weniger wirtschaftliche Standorte auszuschließen.

Als Großanlagen bzw. für Fernwärme relevant werden nach Absprache mit SWG alle Dachflächen betrachtet, welche aufgrund ihrer Größe mindestens 100 kW thermische Nennleistung in Form von Solarthermie bereitstellen können. Hierbei werden die Eigentumsverhältnisse der betreffenden Gebäude zunächst nicht beachtet.

Abbildung 12 zeigt die ermittelten Potentiale für Solarthermie-Aufdachanlagen in Gießen gebäudescharf und räumlich aufgelöst.

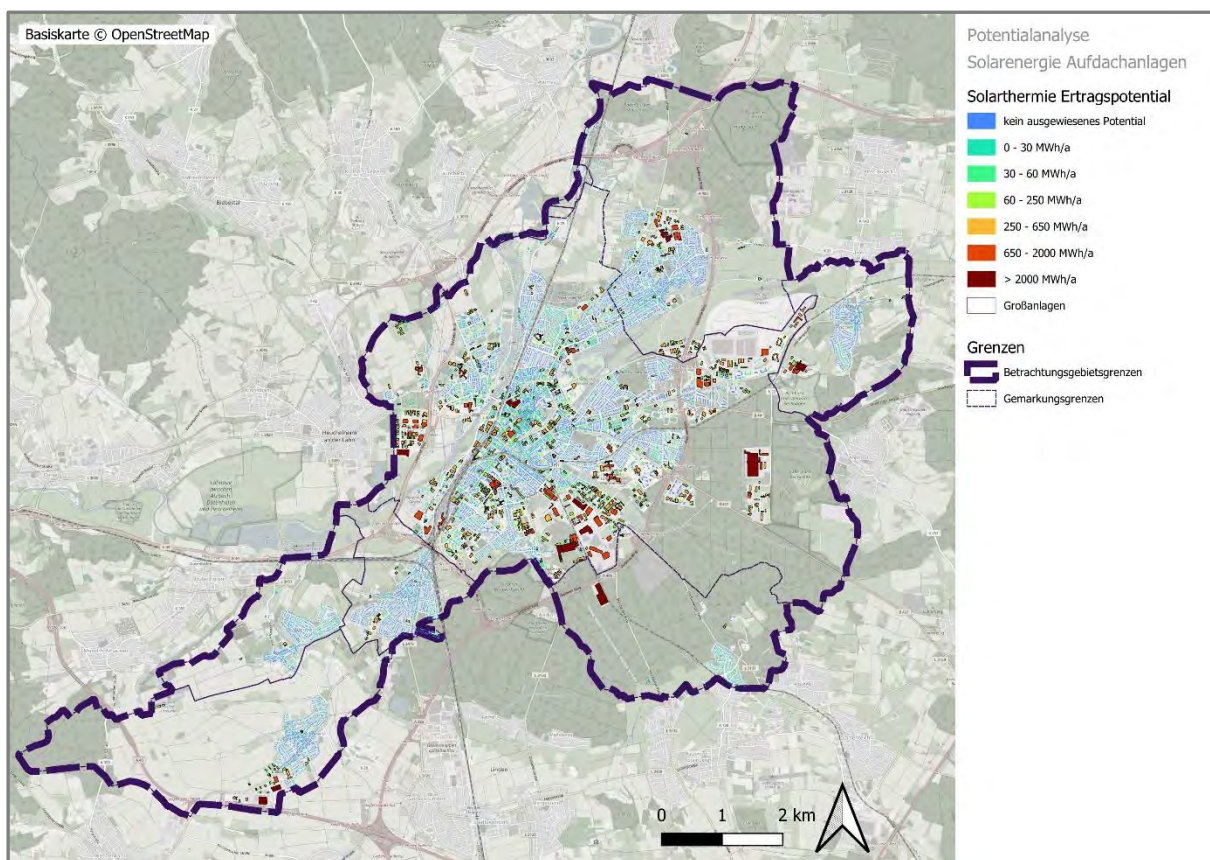


Abbildung 12: Kartographische Darstellung aller Solarthermie-Aufdachpotentiale

Erkennbar ist, dass sich die Potentiale für Großanlagen im Wesentlichen im Innenstadtbereich sowie den Industrie- bzw. Gewerbegebieten, insbesondere im Süden und Osten konzentrieren.

Aus der Karte ergeben sich die Aufdach-Potentiale für Solarthermie in Gießen getrennt nach Groß- und Kleinanlagen in Tabelle 4.



Tabelle 4: Solarenergiepotentiale von Aufdachanlagen im Stadtgebiet Gießen

Anlagentyp	Anzahl nutzbare Gebäude	Brutto-Kollektorfläche	jährliche Globalstrahlung	jährlicher Ertrag
[-]	[-]	[Tsd. m <sup>2</sup> ]	[GWh/a]	[GWh/a]
Großanlagen	415	378,9	437,1	218,5
Kleinanlagen	6.378	216,0	249,0	124,5
Gesamt	6.793	594,9	686,1	343,0

Das ermittelte Gesamtpotential an Brutto-Kollektorfläche von rund 59 ha liefert einen theoretischen, jährlichen Gesamtertrag von 343 GWh/a. Ein Großteil von 64 % des Potentials resultiert dabei aus Großanlagen, lediglich 36 % aus Kleinanlagen. Es ist zu beachten, dass Solarthermie und Photovoltaik um einen größeren Teil derselben Dachflächen konkurrieren. In der Praxis macht die maximale Belegung eines Daches mit Solarthermie-Modulen nur in Ausnahmefällen Sinn, weshalb das ausgewiesene Gesamtpotential lediglich ein theoretisches Maximum darstellt.

## 6.2 Oberflächennahe Geothermie zur zentralen Nutzung

Bis zu einer Tiefe von 400 Metern wird Geothermie als oberflächennahe Geothermie (Erdwärme) bezeichnet. Sie wird aktuell im Bundesgebiet lediglich im begrenzten Umfang in Wärmenetzen eingesetzt, hat aber ein großes Potential für die zentrale, großtechnische Nutzung. Üblicher ist bisher die dezentrale Nutzung in der Einzelobjektversorgung oder in kleineren Gebäudenetzen.

Als Erschließungstechnologien für die zentrale Nutzung oberflächennaher Geothermie werden geschlossene, mit Sole betriebene Erdwärmesonden (EWS) und Flachkollektoren (FK) untersucht. Obwohl EWS und FK keine direkte Gewässerbenutzung darstellen, kann aufgrund der bei einer Leckage wassergefährdenden Wärmeträgermedien eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich werden. Davon grundlegend zu unterscheidende, offene Systeme zur direkten Grundwassernutzung sind strenger reguliert und werden ebenfalls untersucht.

### Erdwärmesonden und Flachkollektoren

Die Potentialbestimmung für EWS und FK erfolgt ebenfalls im Rahmen einer GIS-gestützten Flächenanalyse. Im Gegensatz zu anderen Erzeugertechnologien existieren nur wenige Fachstudien zur umfangreichen Bewertung der Auswirkungen von Kollektorfeldern zur großtechnischen Nutzung auf Umweltbelange. Aus dem Handlungsleitfaden zur Erdwärmennutzung in Hessen [10], ergeben sich lediglich besondere, wasserschutzrechtliche Anforderungen an potentielle Standorte, welche aber aufgrund nicht vorhandener Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete in Gießen ohnehin keine Rolle spielen. Um trotzdem weitere Aspekte umwelttechnischer Belange bei der Ausweisung der Potentiale für oberflächennahe Geothermie zu berücksichtigen, werden, abgesehen von den wasserschutzrechtlichen Anforderungen, die Flächenkriterien für Solarthermie-FFA übernommen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine optisch bedrängende Wirkung durch möglicherweise vorhandene Anlagenperipherie von Kollektorfeldern als deutlich geringer einzuschätzen ist als die einer Solarthermie-FFA, weshalb die ermittelten Potentiale in dieser Hinsicht gegebenenfalls sehr konservativ bewertet sind. Gleichzeitig könnte durch die Veränderung des Bodens durch Erdaushub oder -bohrung bei der Errichtung von Kollektorfeldern eine strengere Bewertung naturschutzrechtlicher Kriterien angemessen sein.

Abbildung 13 zeigt die nach Kriterienkatalog in Anhang 3 ermittelten Flächenpotentiale für die Nutzung oberflächennaher Geothermie in kartografischer Form.

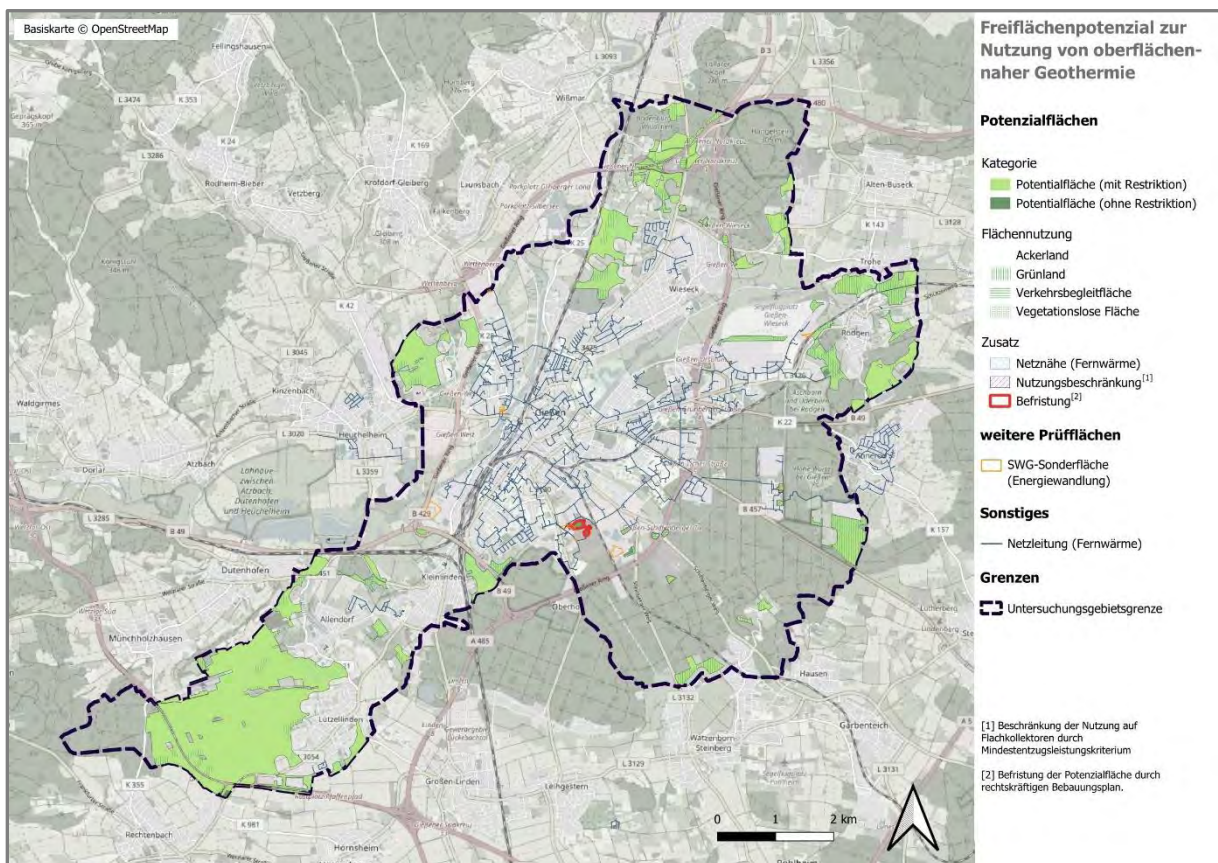


Abbildung 13: Räumliche Darstellung der Potentialflächen für oberflächennahe Geothermie

Die Entfernung zu Wärmenetzen stellt auch für Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie einen treibenden Kostenfaktor dar. Aus diesem Grund wird auch hier ein Abstand von 500 m zu bestehenden Wärmenetzen als Zusatzkriterium aufgenommen. Da Kollektorfelder und Solarthermie-FFA in diesem Bereich um einen Großteil derselben Flächen konkurrieren, kann je nach Gegebenheiten die parallele Nutzung beider Technologien auf einer Fläche eine denkbare und sinnvolle Option sein. Sollte eine Parallelnutzung angedacht werden, ist die durch Modulverschattung verminderte Regenerationsleistung des Bodens zu beachten und die Entzugsleistung und -energie gegebenenfalls durch einen Korrekturfaktor entsprechend zu verringern.



Auch im Falle von Erdwärmekollektoren werden die Sonderflächen zur Energiewandlung der SWG ohne weitere Flächenprüfung als zusätzliche potentielle Standorte unter Vorbehalt in die Analyse aufgenommen und separat bilanziert.

Auf Grundlage der beschriebenen Berechnungsmethodik werden in Tabelle 5 und Tabelle 6 die Summen der Potentiale zur Nutzung von EWS und FK differenziert nach Flächenart ausgegeben.

Tabelle 5: Ergebnisse der Potentialanalyse zur zentralen Nutzung von Erdwärmesonden in Gießen

Flächentyp	Gesamtpotential				Netznähe (500 m)			
	Fläche	Anzahl Sonden	Entzugsleistung	Entzugsenergie	Fläche	Anzahl Sonden	Entzugsleistung	Entzugsenergie
[-]	[ha]	[-]	[MW]	[GWh/a]	[ha]	[-]	[MW]	[GWh/a]
Freifläche (mit Restriktion)	977,1 1	120,60 4	332,61	532,18	218,10	26.919	70,83	113,33
Freifläche (ohne Restriktion)	5,31	655	1,39	2,22	4,60	568	1,14	1,83
Freifläche (Gesamt)	982,4 2	121,25 9	334,01	534,41	222,70	27.487	71,97	115,16
SWG-Sonderflächen	7,04	869	2,3	3,68	7,04	869	2,3	3,68
Gesamt	989,4 6	122,12 8	336,31	538,09	229,74	28.356	74,27	118,84

Tabelle 6: Ergebnisse der Potentialanalyse zur zentralen Nutzung von Flachkollektoren in Gießen

Flächentyp	Gesamtpotential			Netznähe (500 m)		
	Fläche	Entzugsleistung	Entzugsenergie	Fläche	Entzugsleistung	Entzugsenergie
[-]	[ha]	[MW]	[GWh/a]	[ha]	[MW]	[GWh/a]
Freifläche (mit Restriktion)	988,99	316,48	506,36	226,42	72,46	115,93
Freifläche (ohne Restriktion)	6,34	2,03	3,25	5,63	1,80	2,88
Freifläche (Gesamt)	995,32	318,50	509,61	232,06	74,26	118,81
SWG-Sonderflächen	8,2	2,62	4,20	8,2	2,62	4,20
Gesamt	1.003,52	321,13	513,80	240,26	76,88	123,01

Aufgrund der unterschiedlichen Mindestflächengrößen ergibt sich ein gesamtes Freiflächenpotential von etwa 982 ha für EWS und knapp 995 ha für FK. Für beide Technologien liegen etwa 23 % der gesamten ermittelten Freifläche im Vorzugsbereich von 500 m um das bestehende Fernwärmenetz. Das entspricht einem theoretischen Entzugspotential von 72 MW für EWS und 74 MW für FK sowie einer jährlichen Entzugsenergie von 115 GWh/a für EWS und 119 GWh/a für FK in diesem Bereich.

## Geothermische Brunnenanlagen

Grundsätzlich stellt die Ressource Grundwasser in Verbindung mit den wasserführenden und angrenzenden Erdschichten eine großvolumige und entsprechend ergiebige Wärmekapazität dar, die während der Heizperiode mit hoher Leistung und in großer Energiemenge wertvolle Niedertemperaturwärme als Quellenergie für nachgeschaltete Wärmepumpenprozesse liefern

kann. Die Temperatur beträgt in Deutschland an den meisten Standorten relativ konstante 8 bis 12 °C im Jahresverlauf, im März/April werden teilweise auch 7 °C erreicht, im August können auch bis zu 14 °C gemessen werden.

Zur Nutzung von Grundwasser ist die Errichtung von Entnahmebrunnen notwendig. Soll ein geschlossener Kreislauf ohne Ableitung von Grundwasser, d.h. ohne Einfluss auf die Grundwassermenge, realisiert werden, sind außerdem in einiger Entfernung der Entnahmestelle und vorzugsweise in Fließrichtung stromabwärts gelegene Schluckbrunnen notwendig.

Eine dauerhafte Abkühlung des Grundwassers ist bei saisonaler und an das Potential angepasster Nutzung nicht zu befürchten, da durch natürliche Regenerationsprozesse, ggf. auch durch Kombination der Grundwassernutzung mit Bereitstellung von Klimatisierungskälte, ein entsprechender Energieeintrag außerhalb der Heizperiode stattfindet. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Grundwasserleiters in Verbindung mit der standortabhängigen Fließgeschwindigkeit und zugehöriger Umströmung der Entnahmestelle ergibt sich ein hohes Potential pro Nutzungsstelle.

### **Potentialbeurteilung in Gießen**

In 2009 wurde von der Firma „HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH“ für das Gießener Stadtgebiet bereits eine „Hydrogeologische Machbarkeitsstudie“ [11] zur Nutzung von Erdwärme zu Heizzwecken erstellt. Nachfolgend wird aus den Ergebnissen des Gutachtens zum Potential des oberen Poren-Grundwasserleiters (PorenGwLeiter) in Gießen zitiert:

*„In den Talniederungen bedecken die pleistozänen Ablagerungen der Lahn (Kies und Sand unter Auenlehm) die älteren Ablagerungen und Gesteine. Diese Ablagerungen bilden den oberen PorenGwLeiter. Da die Verbreitung der gut durchlässigen Kiese i. wes. auf die Lahnaue und Bereiche der Kernstadt begrenzt ist, hat der obere GwLeiter nur dort Bedeutung. Trotz seiner vergleichsweise geringen Mächtigkeit weist er bereichsweise eine hohe Ergiebigkeit auf, da er im hydraulischen Kontakt mit den Gewässern steht und von einem erheblichen vertikalen GwZufluss aus den tertiären Schichten im Liegenden auszugehen ist (s. o.).“*

Daraus resultiert die grundsätzliche Eignung dieses Grundwasserleiters auch bei nur wenigen Metern Mächtigkeit.

Zur Beurteilung der Mächtigkeit potentiell grundwasserführender Schichten werden die Bohrdaten entlang von Lahn und Wieseck sowie einige weitere, für das Gebiet repräsentative Standorte aus dem Bohrdatenarchiv des HLNUG in Form von insgesamt 51 Bohrprofilen unterschiedlicher Tiefe, Entstehungsjahre und Datenqualität ausgewertet. Gut geeignet und dementsprechend berücksichtigt wurden die Porengrundwasserleiter (Sande und Kiese) mit einem geringen Anteil an Feinbestandteilen wie Feinsand, Schluff oder Ton [12].

Die Daten zeigen ein hohes Potential im Bereich Freibad/Ringallee, wobei dort neben Feinsanden auch genügend Mittelsande in den Bohrprofilen enthalten sind. Die Potentiale

entlang der Lahn sind hinsichtlich des Flurabstandes vielversprechend, im Detail aber weiter geologisch zu untersuchen, aufgrund der hohen Anteile Feinsande im Grundwasserleiter und der meist niedrigen Endteufen der dortigen Bohrungen, die wenige Aussagen über darunterliegende Schichten zulassen.

Die Bohrung „Betr.-Wasserbr. Klärwerk Gießen“ zeigt mit 6 m Kies und Grobsand ein hohes Potential für das dortige Betriebsgelände im Bereich der Kläranlage. Da dort ohnehin ein Netzausbau für die Nutzung der Wärme des Kläranlagenablaufes ansteht, sollte hier eine vorausschauende Dimensionierung der neuen Fernwärmeleitungen auch für das Grundwasserpotential bedacht werden.

Die sehr hohen Mächtigkeiten in Verbindung mit deutlich größeren Tiefen des Grundwasserleiters im Bereich Schiffenberger Tal beruhen ebenfalls zum Teil auf Feinsanden, die nicht pauschal als gut geeignet bezeichnet werden können und ebenfalls weiter untersucht werden müssen. In diesem Bereich gibt es laut Aussage des HG Büro bereits einige sehr ergiebige Brunnen.

In Gießen bietet sich als ökonomisch-technisch günstige Variante die Nutzung von sogenanntem Uferfiltrat an. Als Uferfiltrat wird das Wasser bezeichnet, das aus oberirdischen Gewässern in das Grundwasser eindringt und in einiger Entfernung mittels Brunnen entnommen wird. Entnahmen in Gewässernähe unterliegen nicht zwangsläufig einer dauerhaften Uferfiltratbeeinflussung, da diese abhängig vom Fließgeschehen im Untergrund ist. Insbesondere in ausgeprägten Hoch- und Niedrigwasserphasen kann die Fließrichtung oder das hydraulische Gefälle variieren. [13]

Hierfür eignen sich insbesondere Standorte entlang der Lahn sowie entlang der Wieseck. Neben der hohen Ergiebigkeit der Grundwasserleiter durch die „Nachspeisung“ aus dem Fluss schlägt als wesentlicher Vorteil die Möglichkeit zu Buche, anstelle von Schluckbrunnen die Grundwasserrückführung durch direkte Einleitung in den Fluss vorzunehmen. Obwohl die Einleitung von entnommenem Grundwasser in das Fließgewässer einer zusätzlichen Genehmigung bedarf, ist das Entfallen der Schluckbrunnen und deren Anteil an zu beachtenden Auswirkungen auf die Umgebung ein sinnvoller Weg. Laut Auskunft der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Gießen ist ein Mindestabstand von 5 Metern zum Gewässer einzuhalten. Eine Pflicht zur Umweltverträglichkeitsprüfung ist für größere Anlagen zu erwarten.

Eine genaue Bezifferung oder Einschränkung des Grundwasserwärme-Potentials ist pauschal nicht möglich. Es muss unterschieden werden in die Haupt-Beschränkungen der einzelnen Nutzungsvarianten. Abschließend kann festgehalten werden, dass in Gießen ein sehr hohes Potential zur Nutzung von Grundwasserwärme besteht, mindestens im mittleren zweistelligen Megawatt-Bereich.

### 6.3 Oberflächennahe Geothermie zur dezentralen Nutzung

Allgemein werden zur Erschließung oberflächennaher Geothermie-Potentiale in kleineren, dezentralen Anlagen dieselben Technologien verwendet wie in großtechnischen Anlagen. Erdwärmesonden und Flachkollektoren sowie geothermische Brunnenanlagen kommen in Verbindung mit Wärmepumpen für dezentrale Versorgungslösungen in Betracht. Der „Leitfaden zur Erdwärmenutzung in Hessen“ vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie umfasst technische und rechtliche Grundlagen zur Nutzung der Technologien sowie weiterführende Informationen und Umsetzungshilfen [10].

Im Gegensatz zur großtechnischen, zentralen Nutzung oberflächennaher Geothermie wird im Rahmen dieser Studie kein Potential für eine dezentrale Nutzung quantifiziert, da dieses Potential maßgeblich von individuellen Voraussetzungen einzelner Grundstücke und Grundstückseigentümer abhängt, welche nicht ausreichend bekannt sind. Im Folgenden wird eine rechtliche und technische Einordnung der Gegebenheiten im Stadtgebiet Gießen gegeben, auf deren Basis individuelle Überlegungen angestellt werden können.

Gebäudeeigentümer\*innen können, sofern ihr Grundstück die nötigen Voraussetzungen mitbringt, ein Heizsystem mit einer Erdwärme- oder Grundwasser-Wärmepumpe nutzen. Neben einem ausreichenden Platzangebot zur Deckung des Wärmebedarfs eines Gebäudes lohnt sich die Abwägung dieser Technologieoptionen gegenüber anderen Heizsystemen, wenn die Voraussetzungen der wasserwirtschaftlichen Zulässigkeit sowie hydrogeologischen Eignung gegeben sind.

#### **Wasserwirtschaftliche Zulässigkeit**

Insbesondere Erdwärmesonden und geothermische Brunnenanlagen unterliegen bestimmten rechtlichen Rahmenbedingungen. Die Zulässigkeit ihrer Nutzung richtet sich vor allem nach Schutzbestimmungen des Grundwassers, insbesondere in ausgewählten Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten. Solche Schutzgebiete sind im gesamten Stadtgebiet Gießens nicht vorhanden. Das Gebiet ist daher vollständig als „wasserwirtschaftlich günstig“ einzustufen, wodurch die allgemeinen rechtlichen Voraussetzungen für den Einsatz der entsprechenden Technologien in allen Bereichen gegeben sind.

Die wasserwirtschaftlichen Anforderungen gelten ohnehin nicht für Erdwärmekollektoren bei denen dem Erdreich Wärme entzogen oder zugeführt wird und bei denen die Kollektoren mindestens 1 m über dem höchsten Grundwasserstand liegen. Weiter gelten sie nicht für sogenannte Erdwärmekörbe, Spiral- oder Schnecken sonden mit einer maximalen Einbautiefe von 3 m. Bei größeren Einbautiefen oder bei einem Abstand von weniger als 1 m zum höchsten Grundwasserstand werden diese Anlagen wie Erdwärmesonden behandelt. Sie gelten nicht für Systeme, bei denen Grundwasser entnommen und nach Wärmeentzug wieder versickert wird oder für solche mit Direktverdampfung [14].

### **Hydrogeologische Eignung**

Der Geologie-Viewer Hessen des HLNUG [15] unterteilt das Stadtgebiet von Gießen in hydrogeologisch ungünstig sowie hydrogeologisch günstige Bereiche. Ein großer Teil des Gießener Stadtgebietes ist als hydrogeologisch ungünstig eingestuft, weil bei Bohrungen mehrfach „artesisch gespannte“ Grundwasserleiter getroffen wurden, d.h. das Wasser tritt während des Bohrvorgangs aus dem Boden aus und ist schwer wieder zu stoppen. Lediglich der Ortsteil Lützellinden sowie Teile von Allendorf werden als hydrogeologisch günstig gekennzeichnet.

In als hydrogeologisch günstig bewerteten Gebieten kann ein vereinfachtes Erlaubnisverfahren für Anlagen < 30 kW angewendet werden [10]. Für ungünstige Gebiete ist eine gesonderte Beurteilung des Vorhabens erforderlich [10]. Für die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis sind in diesen Gebieten zusätzliche Unterlagen nötig, insbesondere eine hydrogeologische Stellungnahme zum Einzelvorhaben, deren Kosten voll durch den Antragsteller zu übernehmen sind [14].

## **6.4 Tiefengeothermie**

Die Ermittlung und Beurteilung des Potentials tiefer und mitteltiefer Geothermie im Gießener Stadtgebiet basiert auf einem Fachgutachten der Firma „UBeG Dr. E. Mands & Dipl.-Geol. M. Sauer GbR“ im Auftrag der Stadtwerke Gießen vom Mai 2023. Zusammenfassend werden die wesentlichen Schlussfolgerungen zur hydro- sowie petrogeothermischen Nutzung aus dem Fachgutachten „Kurzstudie Geothermie“ [16] mit dem Hinweis, dass alle inhaltlichen Stellungnahmen von Seiten der Autoren des Fachgutachtens nur in der Gesamtheit des Gutachtens Geltung haben, wiedergegeben.

### **Hydrogeologische Eignung**

„Im Stadtgebiet Gießen können für die hydrogeothermische Nutzung ausreichend durchlässige Gesteine ab einer Tiefe von gut 100 m nicht erwartet werden.“ „Mögliche Nutzhorizonte können sich nur östlich von Gießen in der Hessischen Senke befinden. Hierbei kommen sowohl tertiäre Sande als auch der darunterliegende Buntsandstein bzw. weiter südöstlich das Rotliegende in Betracht, jedoch erst in einer Entfernung von >10 km vom Stadtgebiet Gießen.“ [16]

### **Petrogeothermische Eignung**

„Petrogeothermische Nutzungen sind im Stadtgebiet Gießen grundsätzlich möglich [16].“ Technisch sichere Nutzungsarten erlauben jedoch nur geringe Erträge (um 300 kW bei 2500 m tiefen Sonden) und sind daher wirtschaftlich kaum darstellbar. Außerdem können Enhanced-Geothermal-Systems-Verfahren, die mit Hilfe von Fracking arbeiten, zu seismischen Ereignissen führen und werden aufgrund großer Unsicherheiten nicht empfohlen. Das neuartige Eavor-Loop™-Verfahren ist in Gießen grundsätzlich einsetzbar. Erste erfolgreiche Betriebserfahrungen und -ergebnisse der aktuell im Aufbau befindlichen, weltweit ersten großtechnischen Anlage dieses „Closed Loop“-Verfahrenstyps (Standort: Geretsried in Bayern [17]), müssen abgewartet werden, um eine Einschätzung zu Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit geben zu können.

### Potentialbeurteilung in Gießen

Das Fazit der hydrogeologischen Machbarkeitsstudie des HG Büros aus 2009 [11] deckt sich in den Kernaussagen bezüglich tiefer und mitteltiefer Geothermie mit den Schlussfolgerungen des aktuellen Fachgutachtens von UBeG aus 2023. Ebenfalls wurde der Grundtenor beider Fachgutachten vom dänischen Geothermie-Unternehmen innargi bestätigt. Laut innargi ist nach aktuellen Maßgaben tiefe bis mitteltiefe Geothermie in Gießen mit aktueller Datenlage nicht lohnend, die siebenstelligen Investitionen in eine seismische 3D-Erkundung und/oder in eine Explorationsbohrung werden zum jetzigen Zeitpunkt als nicht sinnvoll angesehen.

Aufgrund der vorliegenden Informationen böte für den Gießener Standort nur eine Anlage der noch nicht etablierten Eavor-Loop™-Verfahrensart gute Erfolgsaussichten bei unklarer Wirtschaftlichkeit, weshalb das Potential von tiefer und mitteltiefer Geothermie derzeit als nicht für die Wärmeversorgung nutzbar festgehalten wird.

## 6.5 Umweltwärme aus Gewässern

Die Erschließung von Oberflächengewässern zur Bereitstellung von Wärmeenergie im Fernwärmenetz wird in diesem Unterkapitel behandelt. Wasser hat im Vergleich zu Luft bessere wärmeübertragende Eigenschaften. Oberflächengewässer weisen demnach, je nach Temperaturniveau und vorhandenem Wasservolumen, ein nutzbares Potential auf. Hierbei werden im Allgemeinen die Oberflächengewässer in Fließ- und Stehendgewässer unterteilt. Durch die stetige Regeneration der Fließgewässer und die guten Wärmeübertragungseigenschaften kann auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen noch ein hohes Wärmedargebot zur Verfügung stehen [18]. Dennoch korrelieren Gewässertemperaturen mit Umgebungslufttemperaturen, daher treten bei höheren Wärmelasten verbraucherseitig (niedrige Lufttemperaturen) auch eher niedrige Gewässertemperaturen auf. Die Nutzbarmachung von Gewässern kann mittels Wärmepumpen ganzjährig realisiert werden.

### Gewässer im Betrachtungsgebiet

Im Betrachtungsgebiet befinden sich einige Fließgewässer, die sich gemäß Tabelle 7 in Größe und Durchflussmenge unterscheiden. Stehende Gewässer kommen grundsätzlich erst ab einer Tiefe von über 20 m für eine thermische Nutzung in Frage. Solche Stillgewässer sind im Betrachtungsgebiet nicht vorhanden.

Tabelle 7: Gewässer im Untersuchungsgebiet

<b>Fließgewässer</b>	
<b>Gewässername</b>	<b>MNQ [l/s] [19], [20]</b>
Lahn	4.560
Wieseck	145
Fohnbach (Kropbach)	4
Kleebach	122



### Ergebnisse der Potentialuntersuchung

Als Ergebnis der Untersuchung wird für jedes der drei zur hydrothermalen Erschließung geeigneten Gewässer das jeweils in Wärmepumpenanlagen nutzbare Quellwärmepotential in verschiedenen Ausbauszenarien mit unterschiedlichen Endausbauvolumenströmen dargestellt. Tabelle 8 zeigt die wichtigsten Parameter des hydrothermalen Quellwärmepotentials der untersuchten Gewässer in Gießen.

Tabelle 8: Auswertung hydrothermales Quellwärmepotential der Lahn

	<b>Endausbau- volumenstrom</b>	<b>Quellwärme- leistung</b>	<b>Quellwärme- energie</b>	<b>Vollbenutzungs- stunden</b>
	[m <sup>3</sup> /s]	[MW]	[GWh/a]	[h/a]
<b>Lahn</b>				
Theor. Quellwärme- potential	-	1939,80	1275,22	-
Szenario 1	7,26	91,08	641,55	7043,8
Szenario 2	4,56	57,20	465,72	8141,9
Szenario 3	1,14	14,30	122,70	8580,4
<b>Wieseck</b>				
Szenario 1	0,145	1,82	15,51	8522,0
Szenario 2	0,036	0,45	3,88	8622,2
<b>Kleebach</b>				
Szenario 1	0,122	1,53	13,05	8529,4
Szenario 2	0,031	0,38	3,26	8579,0

Die Lahn bietet mit knapp 642 GWh/a im maximalen Endausbau-Szenario das mit Abstand größte Potential der Gewässer in Gießen. Die tatsächliche Nutzbarkeit der ermittelten Potentiale hängt weiterführend, insbesondere im Falle der geringeren Potentiale von Wieseck und Kleebach, neben technischen und rechtlichen auch von wirtschaftlichen Faktoren ab und muss im Falle konkreter Nutzungsbestrebungen dahingehend genauer untersucht werden.

## 6.6 Abwasserwärme

Die Kläranlage in Gießen hat eine Ausbaugröße von 300.000 Einwohnerwerten. Derzeit sind 280.000 Einwohnerwerte angeschlossen. Davon belaufen sich 187.000 auf tatsächliche Einwohner\*innen, was rund der doppelten Einwohnerzahl der Stadt Gießen entspricht [21]. An die Kläranlage Gießen sind einige umliegende Gemeinden und Städte angeschlossen, deren Abwasser über Kanäle in das Untersuchungsgebiet geleitet wird. Somit ist auch Abwasser aus Heuchelheim, Hüttenberg, Linden, Pohlheim, Fernwald, Wetttenberg, Reiskirchen, Grünberg, Langgöns, Butzbach (Pohl- und Ebersgöns) und Wetzlar (Dutenhofen und Münchholzhausen) im Untersuchungsgebiet nutzbar [22].

## Quellen von Abwasserwärme

Eine Erschließung der im Abwasser enthaltenen Wärme ist an ausgewählten Punkten im Kanalnetz, direkt am Kläranlagenzulauf sowie am Auslauf der Kläranlage möglich. Gebäudeinterne Abwasserwärmenutzung wird im Rahmen dieser Teilstudie aufgrund des vergleichsweise geringen Leistungspotentials nicht untersucht, wobei sie in Industrie, Schwimmbädern, Krankenhäusern, Hotels oder Wohnkomplexen bereits oftmals Anwendung findet, um den Bedarf an Nutzwärme zu verringern [23]. Ebenfalls ist es möglich, zeitweise überschüssige Wärme aus den Prozessen innerhalb der Kläranlage zu nutzen, jedoch spielt dieses Potential im Gegensatz zu denen aus Zu- und Ablauf der Kläranlage sowie Kanalnetz eine untergeordnete Rolle.

### Kläranlagen-Zulauf und Kanalnetz

Kanal-Abwasser kann durch Wärmeüberträger-Systeme als Energiequelle erschlossen und mittels Wärmepumpen auf das geforderte Temperaturniveau gebracht. Die Erschließung kann technisch mit verschiedenen Systemen umgesetzt werden, insbesondere Wärmeüberträgerflächen, die nachträglich in bestehende Kanäle verbaut werden, in Kanalrohren werksseitig integrierte Wärmeüberträger sowie Systeme mit Sonderbauwerken und außerhalb des Kanals angeordneten Wärmeüberträgern.

Kanalinterne Lösungen für Wärmetauscher erfordern einen größeren Eingriff in das Kanalnetz und bieten sich vor allem bei Neubau oder Sanierung/Austausch von Kanalabschnitten an [24].

### Kläranlagen-Ablauf

Die Erschließung des geklärten Abwassers im Auslauf der Kläranlage, auch Klarwasser genannt, ist technisch leichter zu lösen und für Großwärmepumpen zur Fernwärmeversorgung interessanter, da das Abwasser, welches einer Kläranlage in verschiedenen Sammlerkanälen zufließt, an einer Stelle gebündelt wieder aus der Kläranlage herausfließt. Das geklärte Abwasser bietet durch den hohen Volumenstrom sowie geringere Einschränkungen der thermischen Abkühlung das bei weitem größte punktuelle Leistungspotential.

## Abwasserwärmepotential im Kanalnetz

Das gesamte im Kanalnetz zu erschließende Quellwärmepotential ergibt sich aus der Summierung aller relevanten Kanalnetzabschnitte (Regenerationsleistung) in Verbindung mit dem dafür ermittelten, nutzbaren Trockenwetterabfluss (TWA). Insgesamt sind für folgende vier Abwassersammler TWA oberhalb von 25 l/s und somit eine Eignung zur Fernwärmenutzung ermittelt:

- |   |               |                |
|---|---------------|----------------|
| ▪ Kleebachsammler                         | von 62,75 l/s | bis 105,51 l/s |
| ▪ Wiesecksammler                          | von 35,00 l/s | bis 150,19 l/s |
| ▪ Uderbornsammler                         | von 15,00 l/s | bis 25,57 l/s  |
| ▪ Innenstadtsammler (am Einleitungspunkt) |               | 35,38 l/s      |

Im Rahmen der Potentialuntersuchung wird das insgesamt im Kanalnetz verfügbare Quellwärmepotential aus allen Sammlern mit TWA > 10 l/s und dem Kläranlagen-Zulauf ausgewertet. Abbildung 14 zeigt die geografisch verorteten Sammlerverläufe und Quellwärmepotentiale. Nach jedem Einleitungspunkt erhöht sich der Abwasservolumenstrom in Richtung Kläranlage. An den Messstellen (MS) liegen gesicherte Messungen vor, alle stromabwärts an den Einleitungsstellen zuströmenden Volumenströme resultieren aus der Verteilung der ermittelten TWA innerhalb des Stadtgebietes.

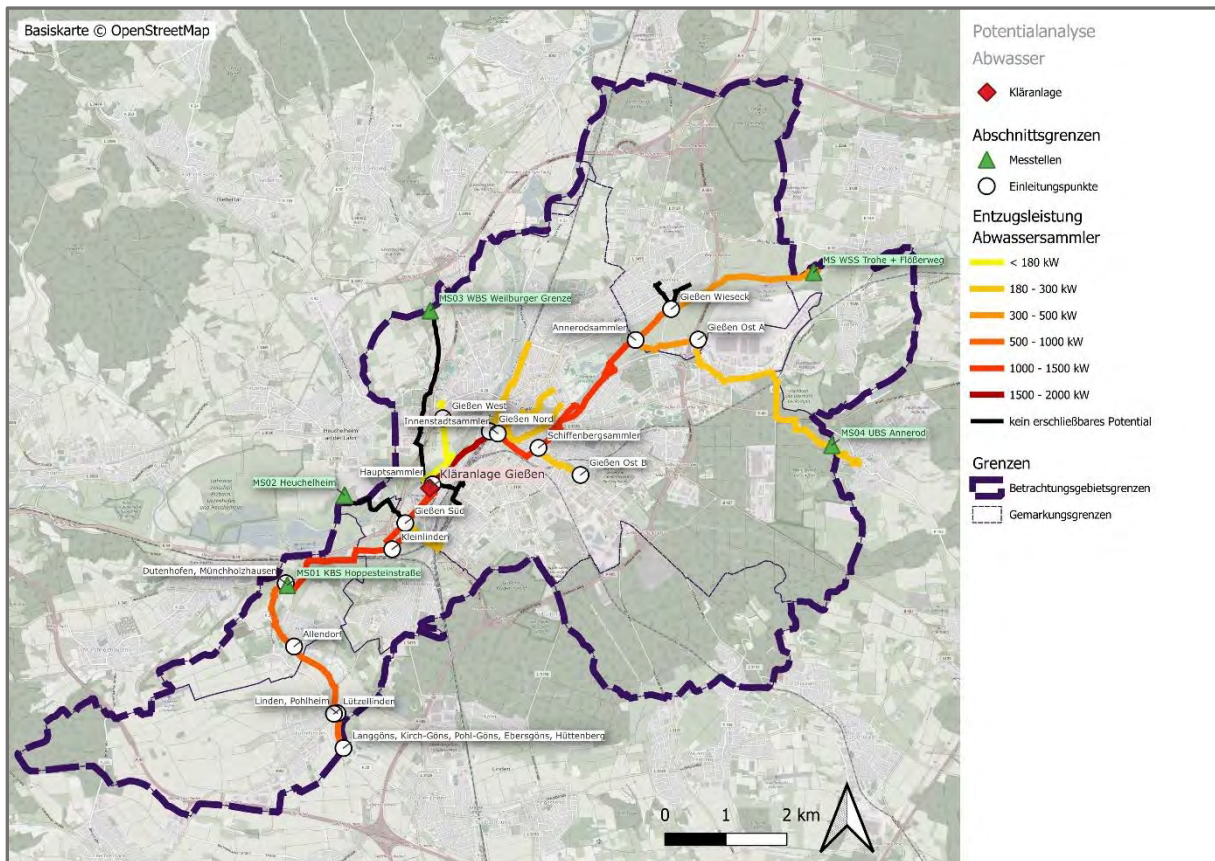


Abbildung 14: Kartographische Darstellung von Kanal-Sammlern mit Einleitungspunkten, Messstellen und Quellwärmepotential sowie Trassen der untersuchten Wärmenetze

Aus den kumulierten Regenerationsleistungen von 57,49 MW (Kanalnetz) und 1,01 MW (Kläranlagenzulauf) ergeben sich daraus die jährlich nutzbaren Entzugsenergiemengen von 453,23 GWh/a (Kanalnetz) und 7,98 GWh/a (Kläranlagenzulauf). Die für Fernwärmenutzung relevante Entzugsenergiemenge mit TWA größer 25 l/s beträgt insgesamt 413,77 GWh/a.

## Abwasserwärmepotential im Kläranlagen-Auslauf

Im Auslauf der Kläranlage ist das energetische Potential am einfachsten zu erschließen. Das hier austretende gereinigte Abwasser hat als Wärmequelle folgende Vorteile [25]:

- Der nutzbare Volumenstrom resultiert aus der gesamten Wassermenge aus dem Einzugsgebiet der Kläranlage

- Die Abwassertemperatur ist durch die Reinigungsprozesse in der Kläranlage gegenüber der Zulaufemperatur leicht erhöht und unterliegt geringeren Schwankungen
- Der Reinigungsaufwand zur Entfernung des am Wärmetauscher ansetzenden Biofilms ist deutlich geringer als bei anderen Abwasserwärmenutzungsstandorten, da hier gereinigtes Abwasser genutzt wird

Für die Jahre 2020 bis 2022 liegen stündlichen Messwerte für die Temperaturen und den Auslaufvolumenstrom vor. Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich somit über drei Jahre mit insgesamt 26.261 Stunden, wovon 15.288 Stunden auf die Heizperiode entfallen.

### Auswertung Quellwärmepotential

Die Auswertung des vorhandenen Potentials an Quellwärme und jährlicher Entzugsenergie in Tabelle 9 erfolgt für drei exemplarische Auslegungsvolumenströme MIN, MED und MAX sowie Temperaturdifferenzen von 5 K sowie 7,7 K. Bei Berechnung der jährlichen Entzugsenergie ist eine vollständige Teillastfähigkeit der Wärmenutzungsanlage angenommen.

Tabelle 9: Quellwärmepotential des Kläranlagenauslaufs mit jährlicher Entzugsenergie für drei exemplarische Nutzvolumenstrom-Auslegungen

Szenario		Nutzvolumenstrom	Quellwärmeleistung	Vollbenutzungsstunden	jährliche Entzugsenergie
		[m <sup>3</sup> /s]	[MW]	[h/a]	[GWh/a]
□T=7,7 K	MAX	0,6	19,36	7769	150,39
	MED	0,4	12,91	8522	109,97
	MIN	0,2	6,45	8687	56,05
□T=5 K	MAX	0,6	12,57	7769	97,66
	MED	0,4	8,38	8522	71,41
	MIN	0,2	4,19	8687	36,40

Die Ergebnisse zeigen den großen Einfluss der maximalen Temperaturdifferenz am Kläranlagenauslauf auf das nutzbare Potential. Bei maximalem Volumenstrom und einer maximalen Abkühlung von 7,7 K ergibt sich eine jährliche Entzugsenergie von etwa 150 GWh. Bei einer maximalen Abkühlung von 5 K reduziert sich die jährlich nutzbare Entzugsenergie dementsprechend um knapp 35 % auf etwa 98 GWh.

## 6.7 Industrielle und gewerbliche Abwärme

Im folgenden Kapitel werden vorhandene, bisher nicht für Fernwärme erschlossene Abwärmepotentiale vorgestellt. Die vorliegende Abwärmestudie ist im Rahmen der Transformationsplanung für das „Fernwärmeversorgungsgebiet Gießen“ der SWG durchgeführt worden. In dem vorliegenden Berichtsteil werden die Ergebnisse der Studie aus dem Stadtgebiet Gießen vorgestellt. Da große Abwärmepotentiale besonders für große Wärmeabnehmer interessant sind, werden die identifizierten Potentiale hinsichtlich einer Anbindung an das Fernwärmenetz der SWG eingeordnet.

## **Datenerhebung**

Die Erfassung von Abwärmequellen erfolgte im Auftrag der SWG mittels eigens konzipierter Fragebögen (siehe Anhang 5 und Anhang 6). Es werden sowohl bestehende Abwärmeeinspeiser als auch ungenutzte potentielle Abwärmequellen aus dem Bereich der Industrie und dem noch weitestgehend unbekanntem Terrain des GHD-Sektors (inklusive Rechenzentren) berücksichtigt.

Von den 14 Unternehmen, welche Daten zu ihrem Abwärmepotential bereitgestellt haben, wurden insgesamt 27 Prozesse als mögliche Abwärmequellen genannt. Das häufigste Wärmeträgermedium der Abwärmequellen ist dabei Abluft. Rund ein Viertel der Abwärmequellen ist mit „gleichbleibender“ Verfügbarkeit eingestuft.

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Nutzbarkeit einer Abwärmequelle ist das Temperaturniveau, die mögliche Leistung und die jährliche Abwärmemenge. Für 6 der 27 identifizierten Abwärmequellen konnten die Temperaturen aus Messungen angegeben werden, bei allen anderen Angaben handelt es sich um Schätzungen der Unternehmen. Angaben zur Leistung konnten für rund 2/3 und zur jährlichen Abwärmemenge für lediglich 1/3 der Prozesse gemacht werden.

Da es sich bei den Antworten größtenteils um Schätzwerte der Unternehmen handelt, sind die Ergebnisse der Befragung nur als erster Schritt zur Erschließung von Abwärmequellen für Wärmenetze im Untersuchungsgebiet zu verstehen. Sie dienen der Vorauswahl für die Abwärmenutzung und müssen um zusätzlichen Daten wie beispielsweise Lastgänge und Jahresdauerlinien erweitert werden, um die identifizierten Potentiale zu konkretisieren. Generell kann die Datenlage als mit großen Informationsdefiziten behaftet beschrieben werden, was bei ähnlichen Befragungen zu vergleichbaren Ergebnissen geführt hat [26].

## **Identifizierte Abwärmepotentiale**

### **Gewerbe, Handel, Dienstleistungen**

Der Dienstleistungssektor grenzt sich zum Industriesektor dahingehend ab, dass keine materiell greifbaren Produkte hergestellt werden [27]. Bei den auskunftgebenden Unternehmen des Sektors entsteht Abwärme überwiegend aus dem Betrieb von Kühlhäusern (Lebensmittelkühlung in Supermärkten) und der Raumklimatisierung von Büroflächen oder Verkaufsräumen. Zusätzlich dazu existiert eine Anlage zur Druckluftherzeugung, deren Abwärme genutzt werden kann. Die erfassten Abwärmepotentiale mit gleichzeitiger Bereitschaft zur externen Nutzung sind als sehr klein zu bewerten und daher für Fernwärmeversorgung nicht relevant. Die Erschließung der genannten Quellen kann im Einzelfall dennoch energetisch und wirtschaftlich sinnvoll sein, ob als Fremdeinspeiser in ein naheliegendes Wärmenetz, zur Versorgung benachbarter Objekte oder zur betriebsinternen Verwendung.

## **Industrie**

Industrielle Abwärme entsteht typischerweise als ein unerwünschtes Nebenprodukt bei energieintensiven Industrieprozessen. Sie resultiert aus Ineffizienzen sowie thermodynamischen Beschränkungen von Anlagen und Prozessen [28]. Die Befragung im Industriesektor ergab, dass keine weitere (wirtschaftliche) Nutzung der Abwärmepotenziale vorhanden ist oder in einem Fall zum jetzigen Zeitpunkt keine externe Nutzung beabsichtigt wird. In einem Unternehmen stehen außerdem zeitnah technische Umrüstungen an, weshalb das Abwärmepotenzial nach erfolgter Modernisierung neu bewertet werden muss.

## **Stadtwerke Gießen**

Als ein SWG-internes Abwärmepotential wird das Kühlwasser der Absorptionskältemaschinen (AKM) am Kraftwerksstandort „HKW & TREA“ identifiziert. Das Kühlwasser hält ein mittleres Temperaturniveau von ca. 30 °C vor. Am Standort sind drei Absorptionskältemaschinen im Betrieb, wobei die vorhandene Heißwasser-AKM als modernste der drei Maschinen zur Grundlast-Erzeugung dient und bei weitem die höchsten jährlichen Vollbenutzungstunden (VBH) aufweist. Die Untersuchung ergab, dass bei einer jährlichen Entzugsenergie von 31,34 GWh/a einem konstanten Wärmepumpen COP von 4,29 ein Wärmepotential von 40,9 GWh/a besteht.

Das Quellwärmepotential der Absorptionskältemaschine wird als unvermeidbare Abwärme eingestuft, da das Kühlwasser auf einem Temperaturniveau um 30 °C in keinem der thermischen Prozesse am Kraftwerksstandort zu interner Effizienzsteigerung dienen kann. Für eine Erschließung sprechen der hohe Frischwasserbedarf des aktuellen Rückkühlsystems, die vorhandene Kraftwerks- und Wärmenetzinfrastruktur sowie das vorteilhafte Temperaturniveau des Kühlwassers.

Der Lock-In Effekt ist dahingehend vorhanden, dass im Falle einer Erschließung des Kühlwassers mittels Wärmepumpe bei der anstehenden Reinvestitionsentscheidung Kompressionskältemaschinen (KKM) als AKM-Ersatz nicht mehr als technische Lösung in Frage kommen, sofern die Abwärmequelle in der Form erhalten werden soll. Eine Umstellung auf Kompressionskältemaschinen kann in Betrachtung des Gesamtstandortes die energie- und auch kosteneffizientere Wahl sein. Dies gilt es in einer Detailuntersuchung zu überprüfen.

## **Rechenzentren**

Für die Identifikation von Abwärmepotentialen aus Rechenzentren werden zunächst alle möglichen Kandidaten im Untersuchungsgebiet überprüft. Bei kleineren Rechenzentren (< 1 MW Anschlussleistung) kann die Abwärme primär für die Deckung des eigenen Wärmebedarfs genutzt werden, weshalb sie nicht als mögliche Wärmequelle für Fernwärmenetze berücksichtigt werden.

Der Projektentwickler Revikon GmbH plant derzeit ein Rechenzentrum im Baugebiet "Katzenfeld" der Weststadt. Nach ersten Angaben soll das Rechenzentrum eine elektrische Anschlussleistung von 60 MW haben. Die vorhandene Fernwärmeleitung, die zu einem angrenzenden

Blockheizkraftwerk führt, bietet sich zur Einspeisung der entstehenden Abwärme an. Um die Abwärme in Gänze in das Fernwärmenetz einspeisen zu können, bedarf es neuer Transportleitungen.

Aktuell erfolgt die Kühlung von Rechenzentren hauptsächlich durch Luftkühlung, obwohl die effizientere Flüssigkeitskühlung vor allem im Bereich des High-Performance Computing eingesetzt wird und möglicherweise die Zukunft der Kühlung darstellen wird.

Im Folgenden wird, bedingt durch die hohe Anschlussleistung von 60 MW, für das Rechenzentrum Katzenfeld eine indirekte Frischluftkühlung angesetzt, da sie für diese Größenordnung die übliche IT-Raumkühlung darstellt. Bei dieser Kühlvariante wird indirekt über einen Wärmeübertrager mit Außenluft ein zweiter, rechenzentrumsinterner Luftstrom gekühlt. Die kühle Luft wird dann durch die Racks geleitet, um ihre Abwärme aufzunehmen und anschließend zum Wärmeübertrager zurückgeführt, um die Wärme an die Umgebung abzuführen. Für die Auskopplung der Abwärme dieses Kühlsystems bietet sich der warme Luftstrom aus den Serrerracks an. Dort wird mit Hilfe eines Luft-Wasser-Wärmeübertragers Wärme entzogen, mit einer Wärmepumpe auf das notwendige Temperaturniveau angehoben und einer Wärmesenke, bspw. einem Fernwärmenetz, zugeführt.

Als Ergebnisse werden Zeitreihen mit Stundenwerten der Strombedarfe, der entstehenden Abwärmemenge und Temperaturen aller Medienströme erstellt. Damit können komponentenscharf Jahressummen von elektrischer Arbeit und thermischer Wärmemenge erzeugt werden.

Wichtig zu beachten ist, dass die Bilanzgrenze um das Rechenzentrum gezogen wird und die Wärmepumpe bilanziell der Wärmesenke zugeordnet wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Wärmepumpe in den Zuständigkeitsbereich des Wärmenetzbetreibers fällt und somit als nutzbare Abwärme die Energiemenge gezählt wird, die das Rechenzentrum verlässt und nicht die, die in die Wärmesenke eingespeist wird. Folglich wird der Strombedarf der Wärmepumpe nicht in die nutzbare Abwärmemenge oder den Gesamtstrombedarf des Rechenzentrums einberechnet.

Bei dem Vergleich der Ausgangssituation der im Bereich des Rechenzentrums vorhandenen Fernwärmeleitung (DN200) mit zwei Ausbaustufen in Tabelle 10 geht hervor, dass sich der Kühlbedarf mit einem höheren Anteil der genutzten Abwärme kontinuierlich reduziert.

*Tabelle 10: Abwärmepotenzial des Rechenzentrums in verschiedenen Ausbaustufen*

<b>Ausbaustufe</b>	<b>Nennweite</b>	<b>Potential</b>
Status Quo	DN200	41,9 GWh
Ausbau	DN400	186,8 GWh
Max. Potential	DN600	404,1 GWh



Die nutzbare Abwärmemenge (Luft) wird den Ergebnissen zufolge nahezu konstant mit ca. 40°C bereitgestellt und beläuft sich im Status Quo auf 41,9 GWh/a. In der maximalen Ausbaustufe ergäbe sich im Gegensatz dazu ein Potential von 404,1 GWh/a.

## 6.8 Biomasse

Für Nutzenergiebereitstellung aus Energiepflanzen sowie biogenen Nebenprodukten, Rückständen und Abfällen ist je nach Biomassetyp eine vielgliedrige Bereitstellungskette von Nöten. Im Rahmen dieser Studie findet eine gezielte Nichtberücksichtigung bestimmter Prozessschritte in der Potentialermittlung statt, um die Komplexität der Analyse zu reduzieren und eine Fokussierung auf die wesentlichen Einflussfaktoren zu ermöglichen. Nicht berücksichtigt wird:

- Verfügbarmachung, Transport, mechanische Aufbereitung, Lagerung, Trocknung, Entsorgung von Nebenprodukten, Art der Konversionsanlage
- Verfahren der thermochemischen Umwandlung (Pyrolyse und Vergasung) einer primären Biomasse zu verschiedenen Sekundärenergieträgern
- Die aktuell im Untersuchungsgebiet energetisch genutzten Mengen an Biomasse, da ein gesamt verfügbares Potential ausgewiesen wird

Es werden technisch-ökologische, heizwertbezogene Primär-, Sekundär- bzw. Endenergiepotentiale für ausgewählte feste, gasförmige und flüssige biogene Brennstoffe analysiert. Dafür werden technische, gesetzliche und ökologisch sinnvolle Restriktionen berücksichtigt, um je untersuchter Biomasseart ein Gesamtpotential zu bestimmen.

Inhalte des Teilregionalplans Energie Mittelhessen zur energetischen Biomassenutzung werden in dieser Studie nicht weiter beachtet, da Vorzugsräume für den Biomasseanbau nur zur informellen Steuerung dienen, nicht aber die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Flächennutzung direkt beeinflussen [29].

Abbildung 15 zeigt die ermittelten Biomassepotentiale unterteilt in feste Brennstoffe, flüssige Brennstoffe und Substrate zur Biogasgewinnung.

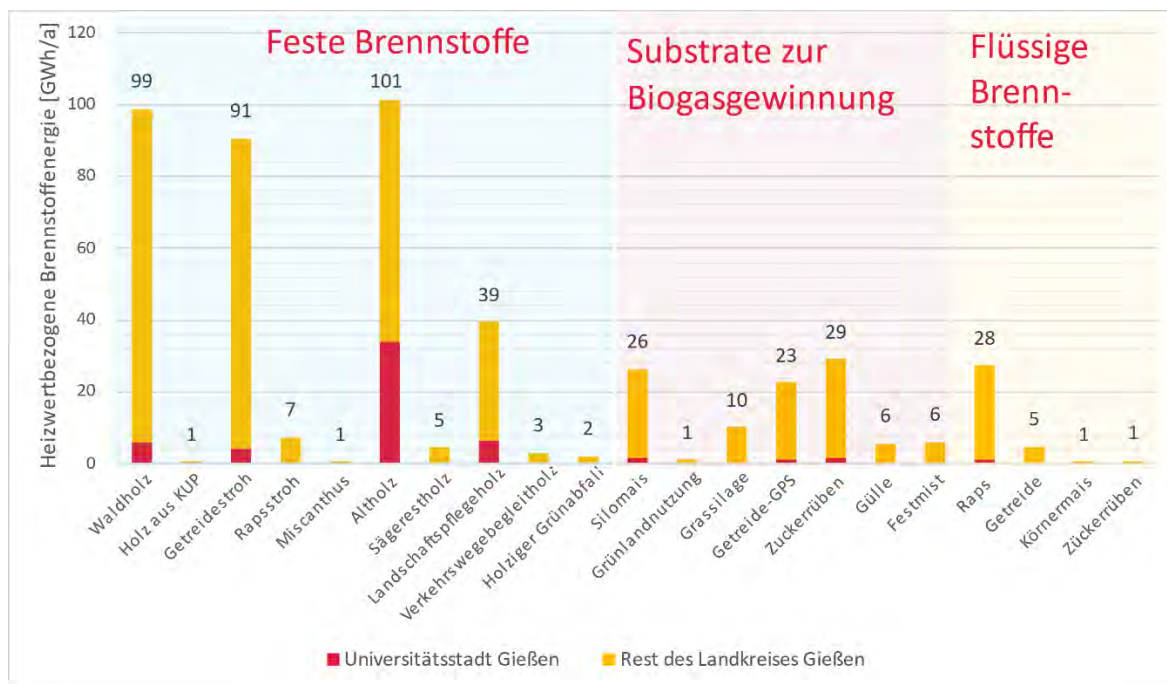


Abbildung 15: Brennstoffenergie-Potentiale aus Biomasse im Stadtgebiet sowie im Landkreis Gießen

Die Potentiale fester Brennstoffe, insbesondere von Altholz, Waldholz und Getreidestroh sind im Landkreis sowie in der Stadt Gießen mit Abstand am größten einzuschätzen. Aus dem ermittelten Potential des Landkreises von 101 GWh/a für Altholz ergibt sich ein Anteil von etwa 33,9 GWh/a für die Universitätsstadt Gießen. Substrate zur Biogasgewinnung und Flüssige Brennstoffe sind hingegen in der Stadt vernachlässigbar.

## 6.9 Thermische Abfallbehandlung

Bei der thermischen Behandlung von Abfällen entsteht Abwärme, die zur Wärmeversorgung genutzt werden kann. In diesem Kapitel soll analog zur Potentialstudie der verschiedenen biogenen Brennstoffe eine technisch-ökologische sowie heizwertbezogene Analyse von Primär-, Sekundär- bzw. Endenergiepotentialen ausgewählter Abfallstoffe erfolgen.

Lokal verfügbare Abfallmengen werden für den gesamten Landkreis Gießen als Einzugsgebiet für zentrale Anlagen thermischer Abfallbehandlung untersucht. Dafür gelten folgende Einschränkungen:

- Verfügbarmachung, Transport, mechanische Aufbereitung, Lagerung, Trocknung, Entsorgung von Nebenprodukten werden genau wie die Art der Konversionsanlage zur Bereitstellung von Wärme für das Fernwärmenetz nicht berücksichtigt.
- Verfahren der thermochemischen Umwandlung (Pyrolyse und Vergasung) von Abfall zu verschiedenen Sekundärenergieträgern werden nicht berücksichtigt.

Folgende gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) definierte „Abfälle“ sind bereits im vorangegangenen Kapitel als Biomasse untersucht worden:

- Altholz
- Sägerestholz
- Landschaftspflegeholz
- Verkehrswegebegleitholz
- Holziger Grünabfall

Im Folgenden werden Aufkommen und Potentiale von aufbereitetem Gewerbemüll (Ersatzbrennstoff), verschiedenen Siedlungsabfällen sowie von Klärschlamm analysiert. Das Brennstoffpotential von Altpapier (Blaue Tonne) wird aufgrund der vorrangigen stofflichen Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft nicht ausgewertet. Die Analyse der Siedlungsabfälle umfasst Hausmüll (Schwarze Tonne), Sperrmüll sowie Leichtverpackungen (Gelbe Tonne) und Bioabfall (Grüne Tonne).

Die im Stadtgebiet Gießen sowie im Landkreis Gießen verfügbaren Potentiale sind zusammengefasst in Abbildung 16 dargestellt.

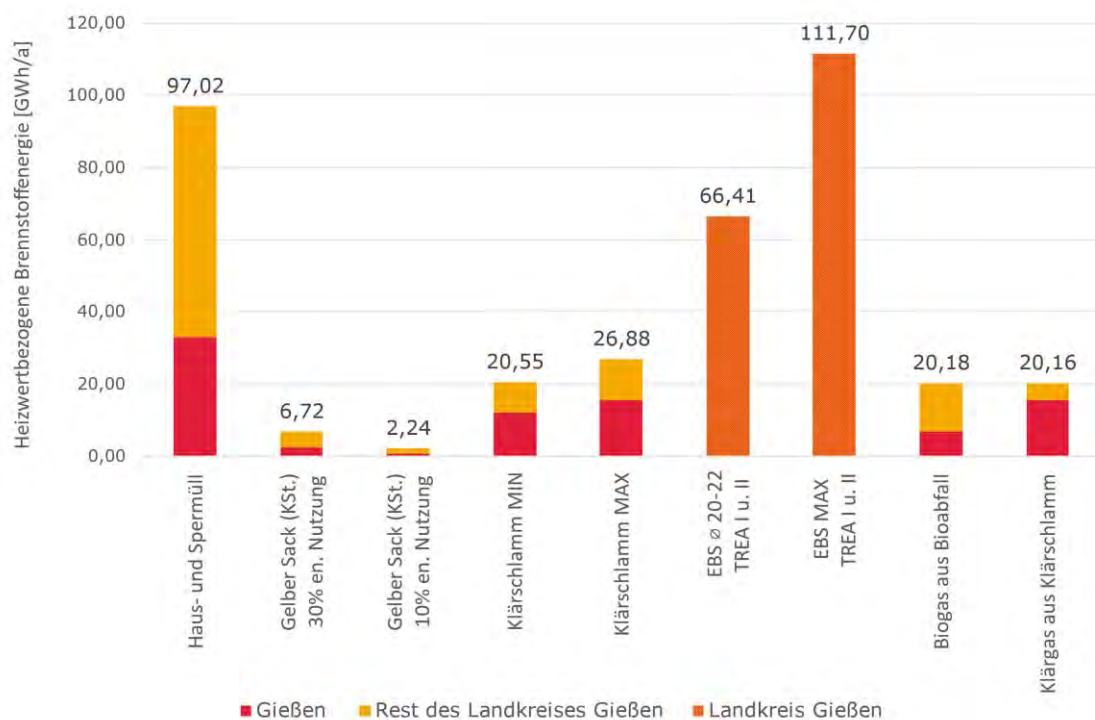


Abbildung 16: Jährliches Potential an Brennstoffenergie aus thermischer Abfallbehandlung (Landkreis Gießen)

Das größte Potential ergibt sich für Ersatzbrennstoffe (EBS), wobei das Einzugsgebiet für die beiden Kraftwerksstandorte TREA I und II der gesamte Landkreis Gießen ist. Aus den Auswertungsdaten der Jahre 2020 bis 2022 ergibt sich ein durchschnittliches Potential von 66,4 GWh/a, technisch wären bei maximaler Auslastung der Anlagen jedoch bis zu 111,7 GWh/a möglich. Neben EBS besteht das höchste Potential der Stadt Gießen mit etwa 32,5 GWh/a durch Haus- und Sperrmüll.

## 6.10 Photovoltaik

### Freiflächenanlagen

Die Ermittlung der Potentiale für Photovoltaik-FFA erfolgt analog zu den übrigen Flächenpotentialen mittels Freiflächenanalyse. Wie bereits erwähnt, konkurrieren Photovoltaik- und Solarthermie-FFA um dieselben Freiflächen. Das bedeutet, dass die Kriterien in Anhang 1 und damit die Freiflächenpotentiale identisch sind. Die potentiellen Standorte für Photovoltaik-FFA in Gießen zeigt die räumlich aufgelöste Karte in Abbildung 17.

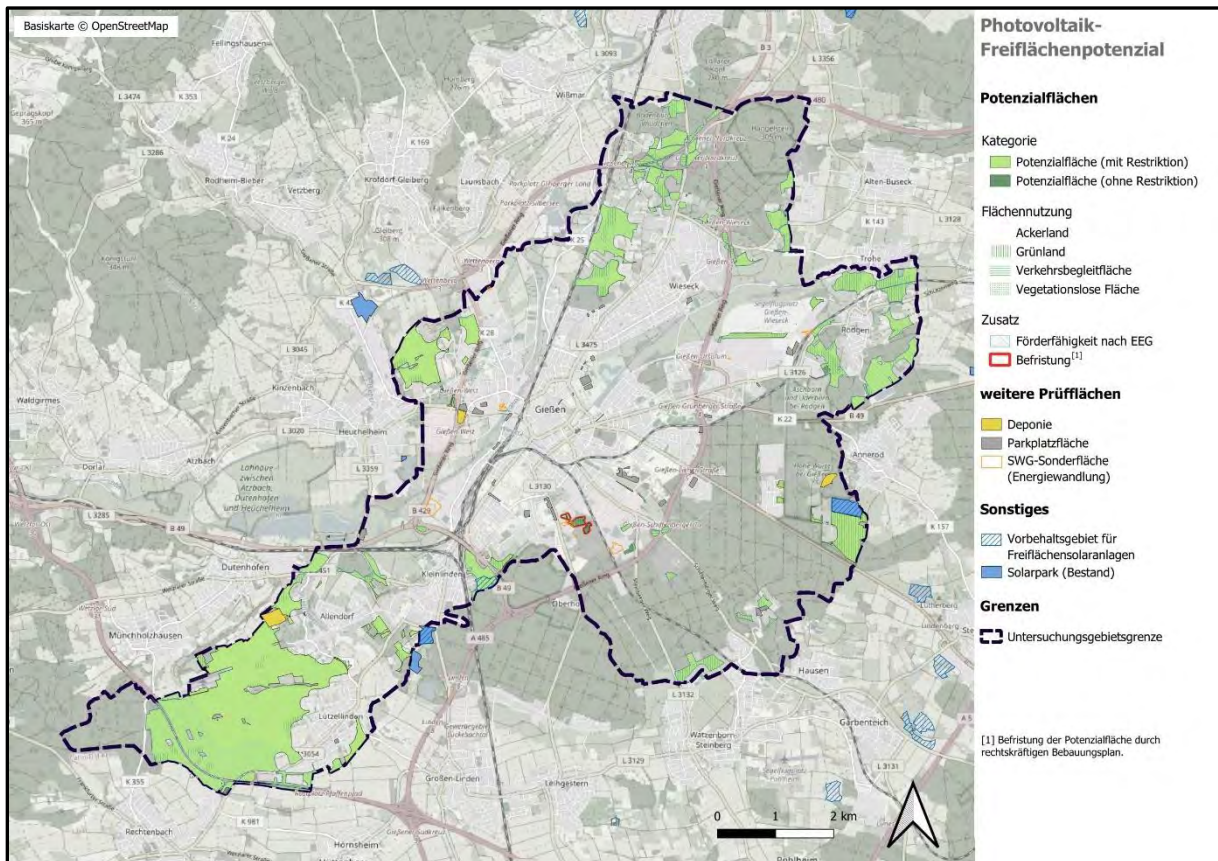


Abbildung 17: Kartographische Darstellung der Potentialflächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Gießen

Im Gegensatz zu Solarthermie-FFA und Erdwärmekollektoren sind Photovoltaik-FFA nicht an die Nähe zu Wärmenetzen gebunden, weshalb die Untersuchung dieses Zusatzkriteriums entfällt. Begünstigte Standorte sind in diesem Fall eher Flächen in Nähe zu einer möglichen Einspeisestelle ins Stromnetz. Für die Errichtung von Photovoltaik-FFA ist dieser Faktor jedoch nicht so entscheidend, weshalb keine Berücksichtigung des Stromnetzes in der Analyse erfolgt.

Tabelle 11 fasst die Ergebnisse der Potentialanalyse für Photovoltaik-FFA differenziert nach Flächentyp zusammen.



Tabelle 11: Ergebnisse der Potentialanalyse zu Photovoltaik-FFA in Gießen

Flächentyp	Gesamtpotential			davon förderfähig		
	Fläche	Leistung	Ertrag	Fläche	Leistung	Ertrag
[ ]	[ha]	[MW]	[GWh/a]	[ha]	[MW]	[GWh/a]
Freifläche (mit Restriktion)	1003,02	1003,02	1103,32	519,75	519,75	571,73
Freifläche (ohne Restriktion)	6,38	6,38	7,02	2,81	2,81	3,09
Freifläche (Gesamt)	1009,4	1009,4	1110,34	522,57	522,57	574,82
Parkplatz	28,47	28,47	31,32	28,47	28,47	31,32
Deponie	13,76	13,76	15,13	13,76	13,76	15,13
Energiewandlung (SWG)*	9,5	9,5	10,45	-	-	-
<b>Gesamt</b>	<b>1061,12</b>	<b>1061,12</b>	<b>1167,24</b>	<b>564,8</b>	<b>564,8</b>	<b>621,27</b>

\*Förderfähigkeit ist gesondert zu prüfen

Es ergibt sich, wie auch für Solarthermie-FFA, ein gesamtes Freiflächenpotential von knapp 1.009 ha, wovon etwa 52 % gemäß den untersuchten Kriterien als förderfähig nach EEG einzustufen sind. Knapp 99 % dieser förderfähigen Flächen sind jedoch durch vorherrschende Restriktionskriterien möglicherweise eingeschränkt nutzbar. Daraus ergibt sich ein theoretisches Gesamtleistungspotential der Freiflächen von etwa 523 MW<sub>el</sub> und ein jährliches Ertragspotential von rund 575 GWh<sub>el</sub>/a.

Zusätzlich dazu besteht ein vorbehaltliches Potential mit Förderfähigkeit auf Parkplatz- und Deponieflächen von insgesamt rund 42 MW<sub>el</sub> oder 46 GWh<sub>el</sub>/a. In Bezug auf die „Sonderflächen zur Energiewandlung“ der SWG sind Möglichkeiten zur Förderung gesondert zu prüfen.

## Potenzial auf Gebäuden

Das Potential für Photovoltaik-Anlagen auf Dachflächen wird gemäß der Methodik von Solarthermie-Anlagen durch eine gebäudescharfe Analyse bestimmt. Auch hier erfolgt die Unterteilung in Groß- und Kleinanlagen. Weiterhin gilt auch für Photovoltaik die Einschränkung, dass eine (Teil-)Dachfläche in ihrer Neigung und Ausrichtung laut Solarkataster Hessen einer jährlichen Globalstrahlung von 750 kWh/(m<sup>2</sup>·a) ausgesetzt sein muss, um wenig wirtschaftliche Standorte auszuschließen.

Als fernwärmerelevante Großanlagen werden hier Dachflächen betrachtet, welche aufgrund ihrer Größe mindestens 100 kW Nennleistung elektrisch bereitstellen können.

Für die Berechnung des Ertrages der potentiellen Photovoltaikanlagen wird zusätzlich zum Gesamtwirkungsgrad ein Performance Ratio von 80 % angesetzt. Abbildung 18 zeigt die so ermittelten, gebäudescharfen Ertragspotentiale für Photovoltaik in räumlich aufgelöster Darstellung.



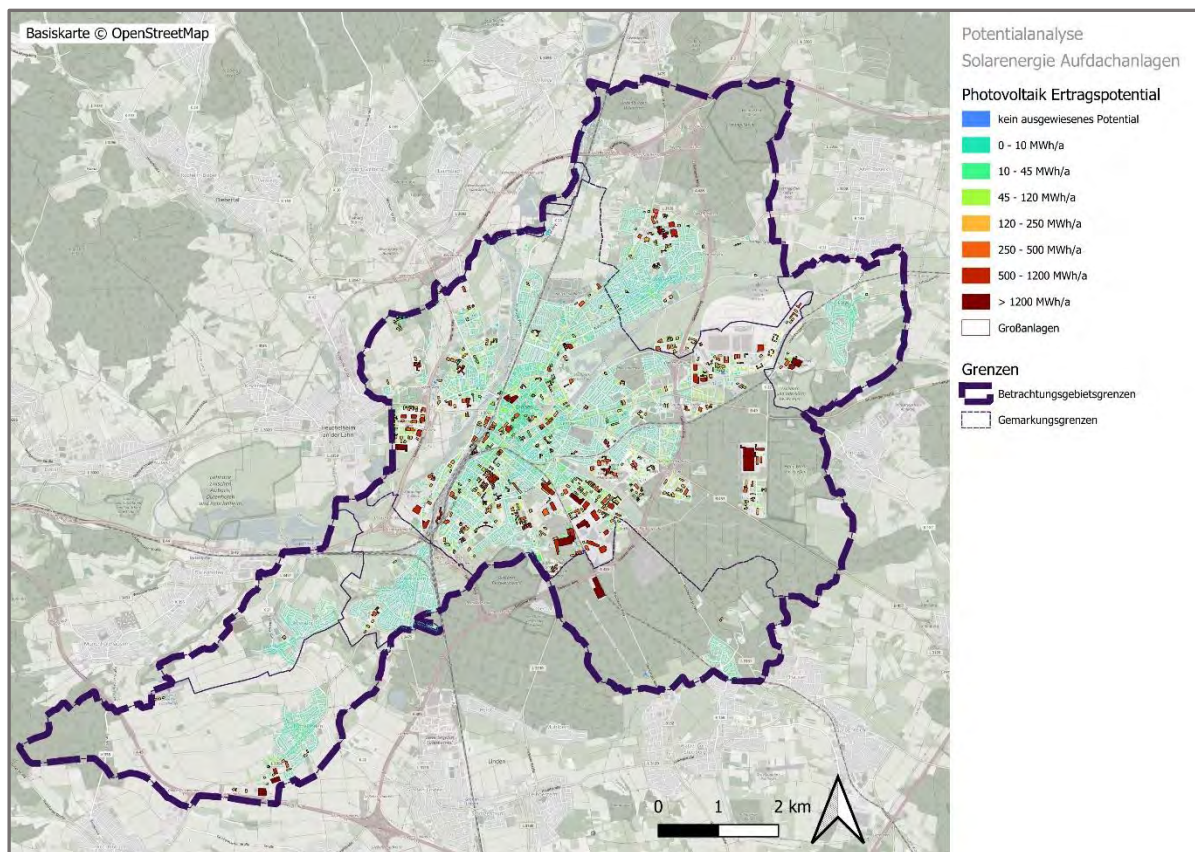


Abbildung 18: Kartographische Darstellung aller Photovoltaik-Aufdachpotentiale

Auch hier konzentrieren sich die Potentiale für Großanlagen ähnlich wie bei Solarthermie im Wesentlichen im Innenstadtbereich sowie den Industrie- und Gewerbegebieten, insbesondere im Süden und Osten. Aus den Flächen in Abbildung 18 ergeben sich die theoretischen Leistungs- und Ertragswerte für Photovoltaik-Aufdachanlagen getrennt nach Groß- und Kleinanlagen in Tabelle 12.

Tabelle 12: Solarenergiepotentiale von Aufdachanlagen im Stadtgebiet Gießen

Anlagentyp	Anzahl nutzbare Gebäude	Potentielle Brutto-Kollektorfläche	Summe installierte Leistung	Summe jährliche Globalstrahlung	Summe jährlicher Ertrag
[-]	[-]	[Tsd. m <sup>2</sup> ]	[MW]	[GWh/a]	[GWh/a]
Großanlagen	424	674,0	134,5	713,8	119,9
Kleinanlagen	17.828	938,7	187,3	1.038,5	174,5
<b>Gesamt</b>	<b>18.252</b>	<b>1.612,7</b>	<b>321,7</b>	<b>1.752,3</b>	<b>294,4</b>

Das ermittelte Gesamtpotential an Brutto-Kollektorfläche von rund 161 ha liefert einen theoretischen, elektrischen Gesamtertrag von 294 GWh/a. Im Gegensatz zur Solarthermie sind die Anlagenanteile gleichmäßiger verteilt, sodass knapp 59 % des Potentials aus Kleinanlagen und 41 % aus Großanlagen resultiert.

Wie bereits erwähnt konkurrieren Solarthermie- und Photovoltaik-Aufdachanlagen häufig um dieselben Dachflächen. In der Praxis macht die maximale Belegung eines Daches mit Solarthermie-Modulen nur in Ausnahmefällen Sinn, weshalb das ausgewiesene Gesamtpotential zum Großteil für Photovoltaik vorbehalten werden kann.

## 6.11 Windkraft

Im Jahr 2020 betragen in Deutschland die Volllaststunden im Bestand der Onshore-Windenergieanlagen (WEA) 1920 h. Neuere Anlagen erreichen allgemein mit denselben Standortbedingungen höhere Vollbenutzungsstunden und sind somit effizienter als Anlagen älteren Baujahrs. Mit den aktuellen Ausbauzielen und der begrenzten Verfügbarkeit von offshore-Standorten werden zukünftig mehr Flächen für Windkraftanlagen an Land ausgeschrieben werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt sind keine WEA im Untersuchungsgebiet vorhanden. In unmittelbarer Nachbarschaft konkretisiert sich allerdings seit 2023 das Vorhaben, die Vorrangfläche 4114a der „Vorranggebiete für Windenergienutzung“ [30] des Teilregionalplan Energie Mittelhessen 2016/2020 [29] zu entwickeln.

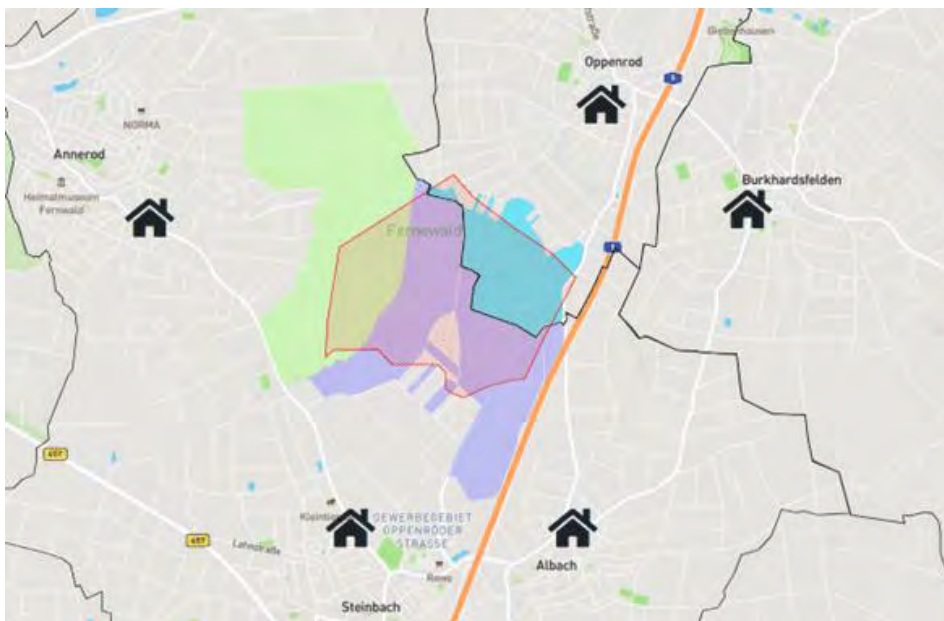


Abbildung 19: Interkommunale Windparkplanung Fernwald/ Buseck/ Gießen [30]

Abbildung 19 zeigt das rot schraffierte Gebiet der Vorrangfläche zwischen Steinbach, Annerod und Oppenrod. An der insgesamt rund 153 Hektar umfassenden Fläche besitzen die Kommunen Gießen (hellgrün), Fernwald (lila) und Buseck (türkis) die jeweils farblich abgegrenzten Flächenanteile.

Im o.g. Teilregionalplan Energie Mittelhessen sind auf dem Gebiet der Stadt Gießen (Untersuchungsgebiet) keine „Vorranggebiete für Windenergienutzung“ [30] dargestellt. Im Rahmen der KWP soll durch eine eigene Freiflächenanalyse eine Ermittlung weiterer, möglicher



Standorte für WEA im Untersuchungsgebiet selbst erfolgen. Aufgrund der sehr starken Umweltauswirkungen, vor allem durch die Größe und Betriebseigenschaften von WEA, sind die Anforderungen an potentielle Standorte im Vergleich zu anderen EE-Anlagen sehr hoch und die Kriterienkataloge zur Bestimmung der Potentialflächen in Anhang 4 entsprechend umfangreich. Schallemissionen der Rotoren, Schattenwurf der Rotorblätter sowie die optisch bedrängende Wirkung der Anlagenhöhe erfordern in der Regel erhöhte Abstandsbedingungen zu Siedlungs- oder anderen schutzwürdigen Landschaftsbereichen und schränken den verfügbaren Flächenpool der Technologie somit stark ein. Darüber hinaus sind auch artenschutzrechtliche Belange, insbesondere in Natura2000- oder Vogelschutzgebieten, aufgrund der Rotoren von WEA unter besonderen Gesichtspunkten zu prüfen.

Die Karte in Abbildung 20 zeigt die ermittelten Potentialflächen zur Errichtung von WEA in kartografischer Form.

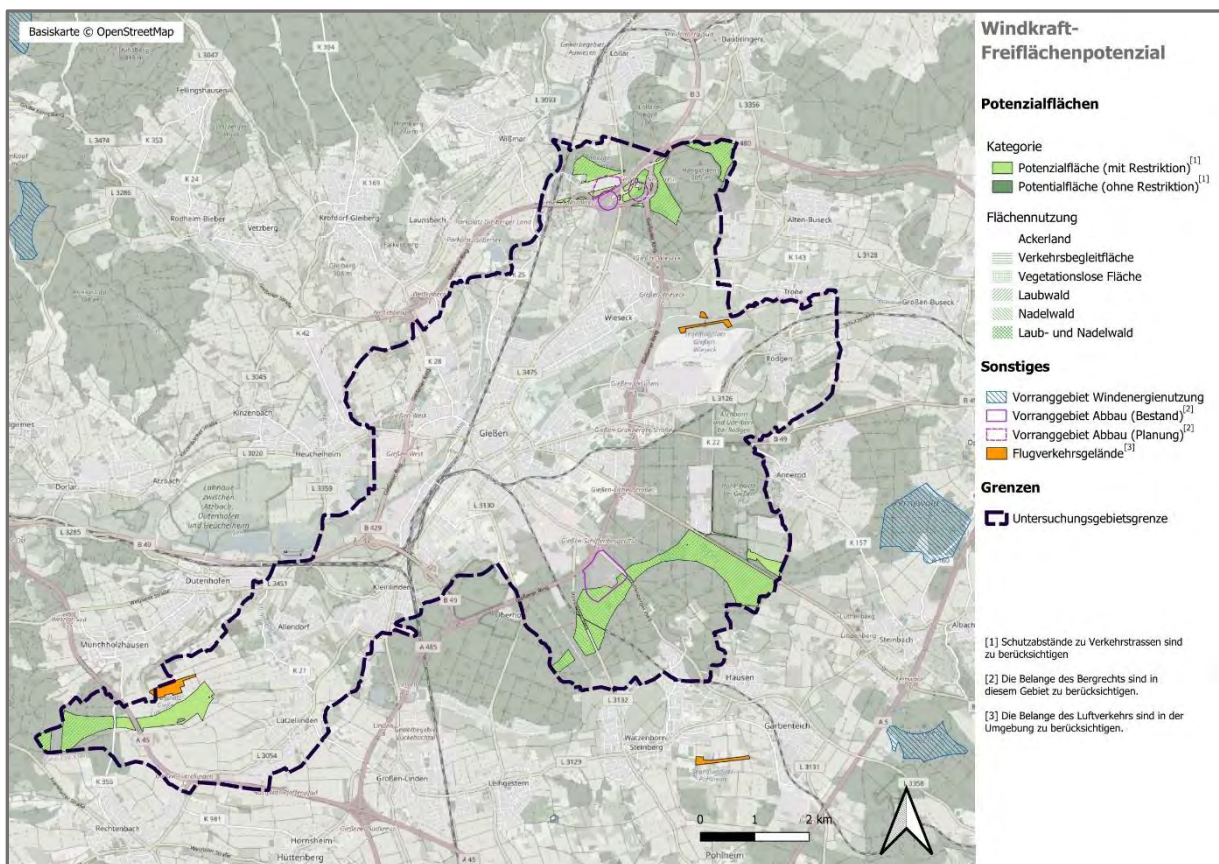


Abbildung 20: Kartographische Darstellung potentieller Gebiete zur Windenergienutzung

Aus den hohen Anforderungen bzw. strengen Kriterien für WEA-Standorte ergibt sich, dass die Flächenauswahl vollständig durch Restriktionskriterien eingeschränkt ist. Das bedeutet gleichzeitig, dass aufgrund der Fülle an Restriktionskriterien im Rahmen der GIS-gestützten Flächenanalyse eine detaillierte Einzelfallprüfung von Potentialflächen für konkrete Vorhaben in jedem Fall notwendig ist.

Wichtige Beispiele solcher im Einzelfall zu prüfenden Restriktionen sind in der Karte als zusätzliche Flächen aufgeführt. In den „Vorranggebieten für den Abbau oberflächennahe Lagerstätten“ des Regionalplan Mittelhessen 2010 [31] kann die Nutzung der Fläche durch WEA nicht kategorisch ausgeschlossen werden. Hier ist zu prüfen, ob der Vorrangstatus des Abbaus noch relevant ist und somit einer anderweitigen Nutzung durch Windkraft entgegensteht. Im Falle eines beispielsweise bereits vollständig erschöpften Abbaugebietes kann die anderweitige Nutzung der Fläche durchaus mit dem Vorrangstatus vereinbar sein.

Auch an Flugverkehrsgeländen ergeben sich ebenfalls komplexe Zusammenhänge in Bezug auf die Nutzbarkeit der Freiflächen in ihrer Umgebung. Hier ist unter anderem die genaue Dimensionierung sowie die geografische Lage einer potentiellen WEA zu Start- und Landebahnen und deren spezifischer Flugsektoren entscheidend für die Standortbewertung. Eine derart detaillierte und individuelle Prüfung von Kriterien kann im Rahmen einer großflächigen Analyse nicht geleistet werden, weshalb das ausgewiesene Freiflächenpotential als ein theoretisches Maximum zu betrachten ist.

Weiterhin sind landschaftsbestimmende Gesamtanlagen nach Landesamt für Denkmalpflege in Hessen (LfDH) in der Analyse mit einem Abstand von 1.000 m als Restriktionskriterium berücksichtigt. Bei der Beurteilung möglicher Konfliktlagen spielen Faktoren wie die generellen Sichtverhältnisse, die geografische Lage einer potentiellen WEA zum entsprechenden Standort sowie auch die regionale oder gar überregionale Bedeutung von Gesamtanlagen eine entscheidende Rolle. Aufgrund der hohen regionalen Bedeutung wurde daher die Gesamtanlage des „Kloster Schiffenberg“ mit einem Abstand von 1.000 m über den Kriterienkatalog hinaus als Potentialfläche für WEA ausgeschlossen.

Aus den ermittelten Flächenpotentialen lässt sich auch für WEA ein theoretische Leistungs- sowie Ertragspotential ermitteln. Die Berechnung der installierbaren Leistung kann anhand der maximalen Anzahl an installierbaren WEA innerhalb der Potentialflächen auf Grundlage einer theoretischen Anlagenaufstellung unter Berücksichtigung von Mindestabständen bestimmt werden. Die Festlegung einer theoretischen Anlagenaufstellung erfolgt nach Definition der erforderlichen Mindestabstände anhand einer theoretischen Referenzanlage. Als Referenz wird eine Anlage des Typs Enercon E-175 EP5 mit folgenden Parametern verwendet:

▪ Rotordurchmesser	175 m	[32]
▪ Nennleistung	6 MW	[32]
▪ Abstand zu nächster WEA	4 x Rotordurchmesser (radial)	[33]

Tabelle 13 fasst die Flächenpotentiale sowie die aus den Anlagenparametern resultierenden Leistungs- und Ertragspotentiale zusammen.

Tabelle 13: Ergebnisse der Potentialanalyse zu Windenergieanlagen in Gießen

Flächentyp	Fläche	Anzahl Anlagen	Leistung	Ertrag
[-]	[ha]	[-]	[MW]	[GWh/a]
<b>Freifläche (mit Restriktion)</b>	407,81	13,00	78,00	140,40
<b>Freifläche (ohne Restriktion)</b>	0,02	0,00	0,00	0,00
<b>Freifläche (Gesamt)</b>	407,83	13,00	78,00	140,40

Im Betrachtungsgebiet ergibt sich ein Freiflächenpotential zur Nutzung durch WEA von knapp 408 ha, wovon bis auf einen sehr geringen Anteil von ca. 200 m<sup>2</sup> alle Flächen aufgrund von vorherrschenden Restriktionskriterien nur unter Vorbehalt nutzbar sind.

Mit einer Betrachtung nach Maßgabe der festgelegten Anlagenparameter lassen sich etwa 13 Referenzanlagen auf der ermittelten Potentialfläche platzieren. Daraus resultiert eine theoretisch installierbare Leistung von 78 MW<sub>el</sub> mit einem jährlichen Ertrag von 140 GWh/a. Unter Verwendung alternativer Referenzanlagen mit anderen Rotordurchmessern und Nennleistungen könnte sich die Anlagenanzahl und Leistungsausbeute theoretisch noch verbessern lassen. Das Optimum aller mit dieser Betrachtung verknüpften Parameter zu finden ist jedoch sehr aufwendig und für eine erste Abschätzung des Potentials nicht zweckdienlich.

## 6.12 Wasserkraft

Im Folgenden wird das Potential für die Erzeugung von elektrischer Energie durch Wasserkraft im Untersuchungsgebiet der Stadt Gießen dargelegt. Neben dem bereits bestehenden 87 kW Wasserkraftwerk (Klinkel'sche Mühle) und einem 3 kW Wasserrad (Wasserrad an der Struppmühle) weist das Gebiet einen weiteren potentiell geeigneten Standort am „Stadtwerke-Lahnwehr“ im Bereich der Kernstadt auf. Die technische und wirtschaftliche Untersuchung dieses Standorts basiert auf den Ergebnissen der Masterarbeit "Standortuntersuchung, Planung und wirtschaftliche Betrachtung einer Wasserkraftanlage am Stadtwerke-Lahnwehr in Gießen" [34].

Das Stadtwerke-Lahnwehr stellt derzeit einen ungenutzten Standort für eine potentielle Wasserkraftanlage dar. Darüber hinaus wird auch die Möglichkeit einer stehenden Surfwelle an diesem Standort diskutiert. Die Ermittlung des theoretischen Leistungspotentials des Standorts erfolgt durch eine Berechnung auf der Grundlage von Abflussdaten aus dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch der Pegelmessstelle Marburg sowie durch Fallhöhenmessungen am Lahnwehr.

An dem untersuchten Standort sind verschiedene Bauweisen zur Stromerzeugung möglich. Im Rahmen der Untersuchungen wurden zwei Bauweisen analysiert, die Blockbauweise und die Bauweise des Buchtenkraftwerks. In beiden Varianten werden eine doppelt geregelte Kaplan-Turbine sowie mehrere Streamdiver-Turbinen eingesetzt. Die jährlich erzeugte Strommenge variiert zwischen 445.029 kWh/a in der Blockbauweise mit zwei Streamdiver-Turbinen und 755.673 kWh/a im Buchtenkraftwerk mit doppelt geregelter Kaplan-Turbine bei einem Leistungsbereich um 150 kW.



Insgesamt wird das Potential der Stromerzeugung aus Wasserkraft im Untersuchungsgebiet wegen der kleinen Leistung sowie Jahresarbeit als nicht relevant für die Wärmeversorgung eingeschätzt.

## 7 Analyse der Nutzungspotenziale erneuerbarer Gase

Dieser Abschnitt dient der Analyse der Nutzungspotenziale erneuerbarer Gase im Untersuchungsgebiet unter den Gesichtspunkten der Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit.

Die Begrifflichkeit „erneuerbare Gase“ war bis in den November 2023 gesetzgeberseitig nicht definiert und wurde bislang von unterschiedlichen Akteuren, auch in der Wissenschaft, uneinheitlich genutzt. Selbst mit den EnWG-Novellen, dem GEG und WPG hat sich das nicht explizit geändert. In gleicher Weise stellen die vorliegenden KWP-Leitfäden der Landesbehörden [35] die Begrifflichkeit nicht klar. Insofern ist zunächst eine Begriffsdefinition erforderlich, welche in Einklang mit dem EnWG, dem WPG und GEG steht. Als erneuerbare Gase gelten nach [36]:

- Biomethan
- Wasserstoff aus erneuerbaren Energien (grüner Wasserstoff)
- methanisierter Wasserstoff aus erneuerbaren Energien

Ausdrücklich nicht Teil der Liste von „Wärme aus erneuerbaren Energien“ ist blauer, türkiser oder orangener Wasserstoff. [37]

### 7.1 Verfügbarkeit

Für eine rohrlingsgebundene Versorgung mit erneuerbaren Gasen sind zunächst die grundlegenden Unterschiede zwischen Wasserstoff und Biomethan festzuhalten:

- Wasserstoff unterscheidet sich in grundlegenden physikalischen Eigenschaften, wie Energiegehalt und Dichte, von Erdgas. Das erfordert technisch eine spezifische Infrastruktur.
- Biomethan hingegen wird bislang lokal als Biogas erzeugt, auf die sog. Gasqualität von Erdgas aufbereitet und in Verteilnetze eingespeist, also dem Erdgas in den bestehenden Gasnetzen zugemischt [39], [40]. Das kann technisch und praktisch unbegrenzt passieren. Das gleiche würde für methanisierten Wasserstoff gelten. Ökonomisch gesehen kann Biomethan in Deutschland als ein etablierter Energieträger angesehen werden. Das Ausbaupotenzial ist aufgrund der endlichen Ressourcen für Biomethan begrenzt und wurde Stand 2019 auf etwa 20 % quantifiziert [41].

Aufgrund dieser technischen und Marktreife-Unterschiede bietet sich an, für Wasserstoff vorab einige spezifische Überlegungen anzustellen.

Weder der Energiemarkt noch die Infrastruktur sind für Wasserstoff Stand heute vorhanden. Daher wird das Vorhandensein der beiden Voraussetzungen zu den jeweiligen Stützjahren nachfolgend abgeschätzt.

## Voraussetzung Wasserstoff-Markt

Für den Energiemarkt bzw. die über die Stützjahre 2030 und 2035 dort gehandelten Mengen an grünem Wasserstoff werden Studien ausgewertet, ein Szenario begründet ausgewählt und schließlich auf das Untersuchungsgebiet übertragen.

Grundsätzlich gibt es eine Vielfalt an unterschiedlichen Studien zum deutschen Energiesystem bzw. zu Energieversorgungsszenarien. Eine Vorauswahl von fünf prominenten Szenarien, den sogenannten „Big 5“, wird im Szenarienreport innerhalb des Kopernikus-Projekts Ariadne in [42] getroffen und ausgewertet. Abbildung 21 veranschaulicht das jeweils prognostizierte Wasserstoff-Angebot in Deutschland.

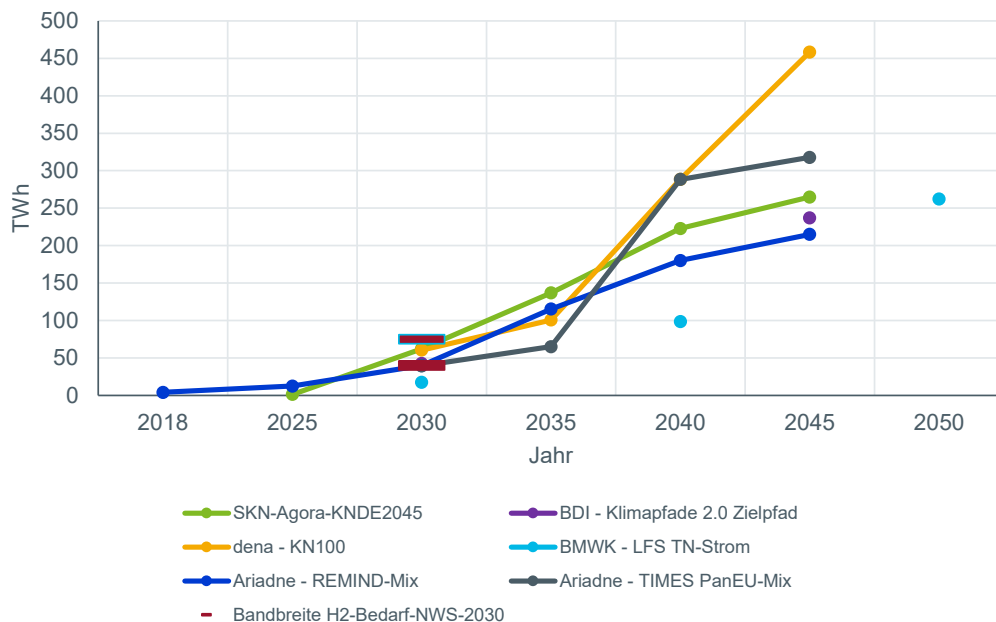


Abbildung 21: Wasserstoff-Angebot in Deutschland für alle Sektoren der BIG FIVE im Vergleich (inländisch & Import) (eigene Darstellung nach [42])

Von den Szenarien sieht nur eines, nämlich „dena – KN100“ einen nennenswerten Wasserstoff-Endenergieverbrauch durch den Gebäudesektor vor, welcher einem „Wasserstoffnetzgebiet“ nach KWP entsprechen würde. Außerdem stellt es für 2030 ein mittleres Szenario dar und unterscheidet – wie nach WPG für erneuerbare Gase gefordert – grünen und blauen Wasserstoff. Insofern erscheint dieses Szenario besonders geeignet und wird im Folgenden zur Prognose der zu den Stützjahren im Untersuchungsgebiet zur Verfügung stehenden erneuerbaren Gase verwendet.

## **Abschätzung Potentiale für Biomethan und Wasserstoff**

In diesem Abschnitt werden die Potentiale für erneuerbare Gase, lokal im Untersuchungsgebiet und für überregionalen Import gemäß dem gewählten Szenario „dena – KN100“, abgeschätzt.

Eine Befragung des betreffenden Gas-Verteilnetzbetreibers MIT.N ergibt, dass derzeit keine Biomethan- und Wasserstoff-Einspeisung im Untersuchungsgebiet stattfindet. Insofern ist Stand Ende 2024 davon auszugehen, dass die in Frage kommenden erneuerbaren Gase in das Untersuchungsgebiet importiert werden müssen.

Wie bei anderen deutschlandweiten Energiesystemstudien werden in der Leitstudie „Aufbruch Klimaneutralität“ aus 2022 [44] zunächst für die einzelnen „Verbrauchssektoren“ Gebäude, Verkehr und Industrie die Bedarfe nach Endenergiemengen und -trägern für unterschiedliche Stützjahre ermittelt. Für die ermittelten Endenergiebedarfe wird anschließend im verwendeten Energiesystemmodell eine "kostenminimale Bereitstellung" durch den Sektor Energie bestimmt. Somit wird impliziert, dass den ausgewiesenen Bedarfen bzw. Nachfragen zum jeweiligen Zeitpunkt Angebote gegenüberstehen werden. Kosten bzw. Preise werden nicht spezifiziert.

Zur Abschätzung der Importpotentiale in das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit wird das Szenario „Klimaneutralität 100 (KN100)“ zugrunde gelegt und mithilfe eines aus [33] adaptierten Pro-Kopf-Schlüssels von Deutschland auf das Untersuchungsgebiet heruntergerechnet.

Abbildung 22 zeigt die abgeschätzten Importpotentiale ins Untersuchungsgebiet für erneuerbare Gase in einer min-max-Bandbreite für 2030 und 2045. Die Bandbreite ergibt sich für „min“ durch die ermittelten Bedarfe des gesamten Gebäudesektors und für „max“ durch die gesamte Nachfrage nach Wasserstoff und Folgeprodukten über alle Sektoren hinweg. Das bedeutet, dass für „min“ Endenergie abgetragen wird, während „max“ auch Sekundärenergie (z.B. zur Stromerzeugung) oder Nachfrage für stoffliche Nutzung enthält. Dies geschieht unter der Annahme, dass sowohl die Nachfrage nach Endenergie als auch die Nachfrage nach Sekundärenergie und stofflicher Nutzung mittelbar auf dem gleichen Energiemarkt bedient werden. Außerdem ist die Gesamtnachfrage für biogene Gase (methanbasiert) in der Studie nicht analog zu Wasserstoff separat ausgewiesen, weshalb hier in erster Näherung nur die Bedarfe des gesamten Gebäudesektors abgetragen werden können.

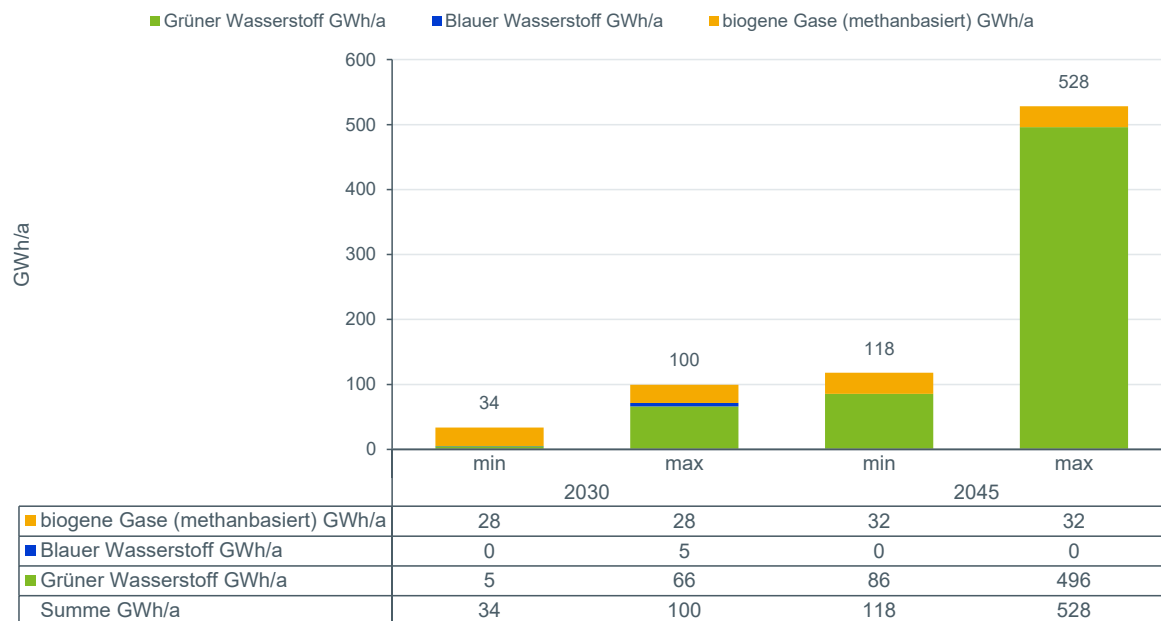


Abbildung 22: Jährliche Importpotentiale ins Untersuchungsgebiet für erneuerbare Gase auf Basis von (Szenario „KN100“) [44]

Wie zu sehen ist, kann im Jahr 2030 also von einem Importpotential pro Jahr zwischen 34 (mit vorrangig methanbasierten Gasen) und 100 GWh ausgegangen werden. Im Jahr 2045 stehen dann mindestens 118 und höchstens 528 GWh jährlich zur Verfügung. Dabei ist das Potential von Biomethan bereits 2030 nahezu ausgeschöpft. Blauer Wasserstoff spielt nur zwischenzeitlich eine Nebenrolle.

## Voraussetzung Wasserstoff-Netzinfrastruktur

Wie oben beschrieben, wird die Verfügbarkeit von erneuerbaren Gasen maßgeblich auch von der Verfügbarkeit einer Transportinfrastruktur abhängen, welche den Wasserstoff in die Verbrauchsregionen transportiert. Dies wird von der veröffentlichten nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung [45] sowie deren Fortschreibung aus dem Jahr 2023 [46] berücksichtigt. Am 15.11.2023 wurde ein „Gesetz zur Wasserstoff-Netzplanung“ beschlossen [47]. Parallel hat der FNB Gas dem BMWK und der BNetzA einen Antragsentwurf für ein 9.700 km langes „Wasserstoff-Kernnetz“ (auch H<sub>2</sub>-Backbone genannt) vorgelegt, welches bis zum Zieljahr 2032 realisiert werden soll [48]. Abbildung 23 zeigt eine Karte des anvisierten Wasserstoffnetzes.

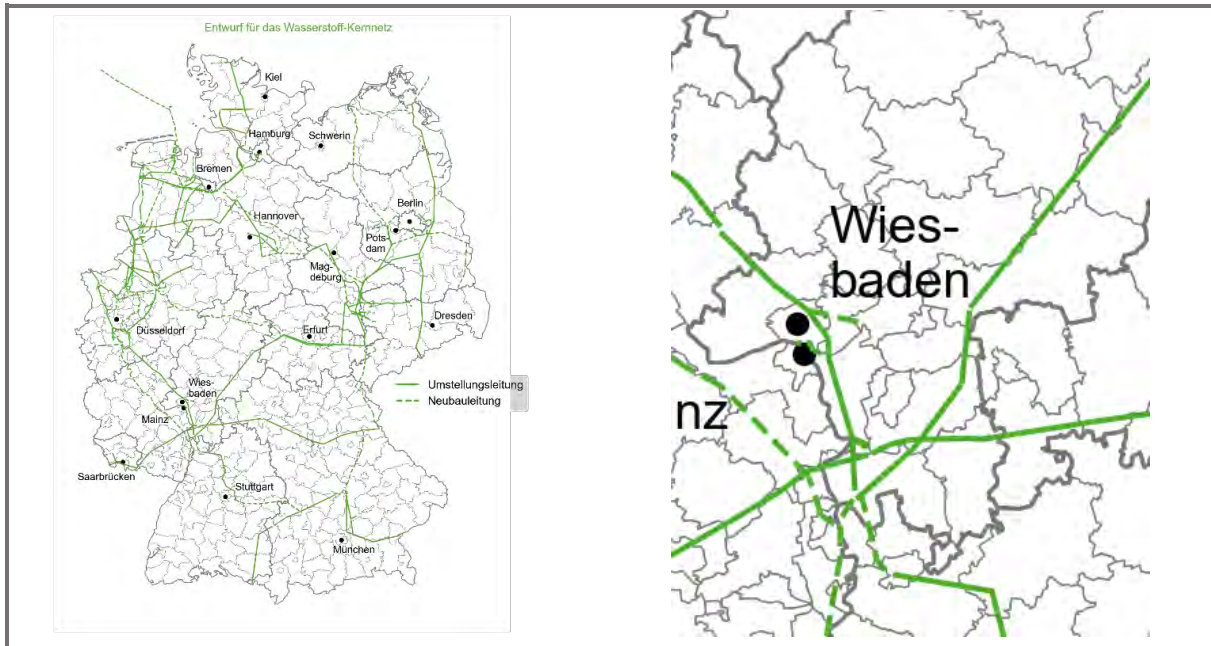


Abbildung 23: Wasserstoff-Kernetz gem. Antragsentwurf der FNB Gas vom 15.11.2023 (Gesamtdeutschland links, Mittelhessen vergrößert rechts) [48]

Aus der Karte geht hervor, dass weder der Landkreis Gießen noch das Untersuchungsgebiet vom derzeitigen Planungsstand des Wasserstoff-Kernetzes erschlossen wird. Die LandesEnergieAgentur Hessen hat eine "Technische Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen" [49] im Januar 2025 veröffentlicht, welche eine erste Skizzierung der regionalen Gasverteilnetzbetreiber und Gasfernleitungsnetzbetreiber darstellt.

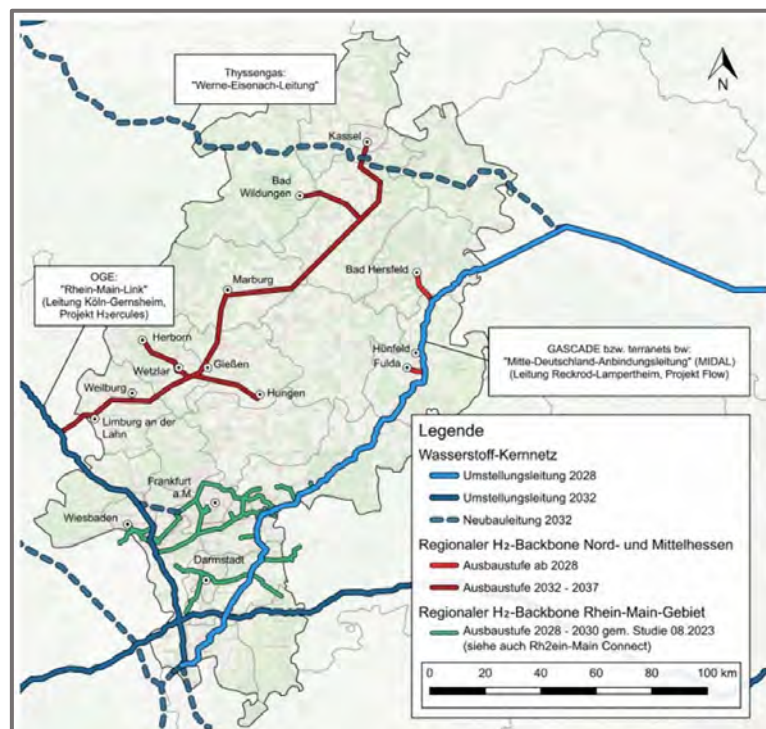


Abbildung 24: Schematische Darstellung des regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen



Das regionale Netz mit der Ausbaustufe ab 2032 führt gemäß Abbildung 24 westlich an der Stadt Gießen vorbei. Laut der Machbarkeitsstudie sollen in erster Linie Unternehmen an das Wasserstoffnetz angeschlossen werden. Hierzu soll im nächsten Schritt die Nachfrage der regionalen Unternehmen nach Wasserstoff geklärt werden.

## 7.2 Wirtschaftlichkeit

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Nutzung von erneuerbaren Gasen im Gebäudesektor über die Stützjahre 2030, 2035 und 2045 lässt sich ex ante nur schwer beantworten und ist mit großer Unsicherheit behaftet. Klassischerweise wird aus Betreibersicht bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit zur Deckung des Nutzenergiebedarfs ein Kostenvergleich verschiedener Technologien, etwa nach VDI 2067, verwendet. Ein solcher Kostenvergleich bezieht alle absehbar anfallenden Kosten für die Besitzer\*innen über die gesamte Lebensdauer, also Investitionskosten sowie fixe und variable Betriebskosten, mit ein. Für die variablen Betriebskosten und die Investitionsentscheidung spielen die Brennstoffkosten, also etwa der Preis für den Wasserstoffbezug, eine entscheidende Rolle. Brennstoffpreise ergeben sich in der Regel an Energiemärkten aus Angebot und Nachfrage. Im Folgenden werden daher Projektionen für die Bezugspreise von den beiden erneuerbaren Gasen Wasserstoff und Biomethan vorgestellt.

### **Wasserstoff**

Der Handel mit (erneuerbarem) Wasserstoff befindet sich, wie oben beschrieben, derzeit erst im Aufbau. Dem Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung der KEA-BW können Preisentwicklungen für verschiedene Energieträger, u.a. Wasserstoff, entnommen werden [50]. Darüber hinaus wird die Bottom-Up-Studie [51] hinzugezogen, da diese aktueller ist, ihr Forschungsschwerpunkt ausdrücklich auf dem Gebäudesektor liegt und die Annahmen von einem breiteren Konsortium aus Forschung und Industrie getroffen und abgestimmt wurden.

Abbildung 25 stellt die Wasserstoffbezugspreise aus den beiden Quellen, dem KEA-BW-Technikkatalog und der Bottom-Up-Studie, jeweils als Bandbreiten dar. Im Falle des KEA-BW-Technikkatalog ergibt sich die Bandbreite für „grünen Wasserstoff“ durch die Auswahl von zwei unterschiedlichen zugrunde liegenden Szenarien [50]. In der Bottom-Up-Studie stellt das obere Ende der Bandbreite vereinfacht gesprochen 100 % grünen Wasserstoff dar, während das untere Ende einen Anteil günstigeren blauen Wasserstoff enthält und CO<sub>2</sub>-emissionsbehaftet ist [51].

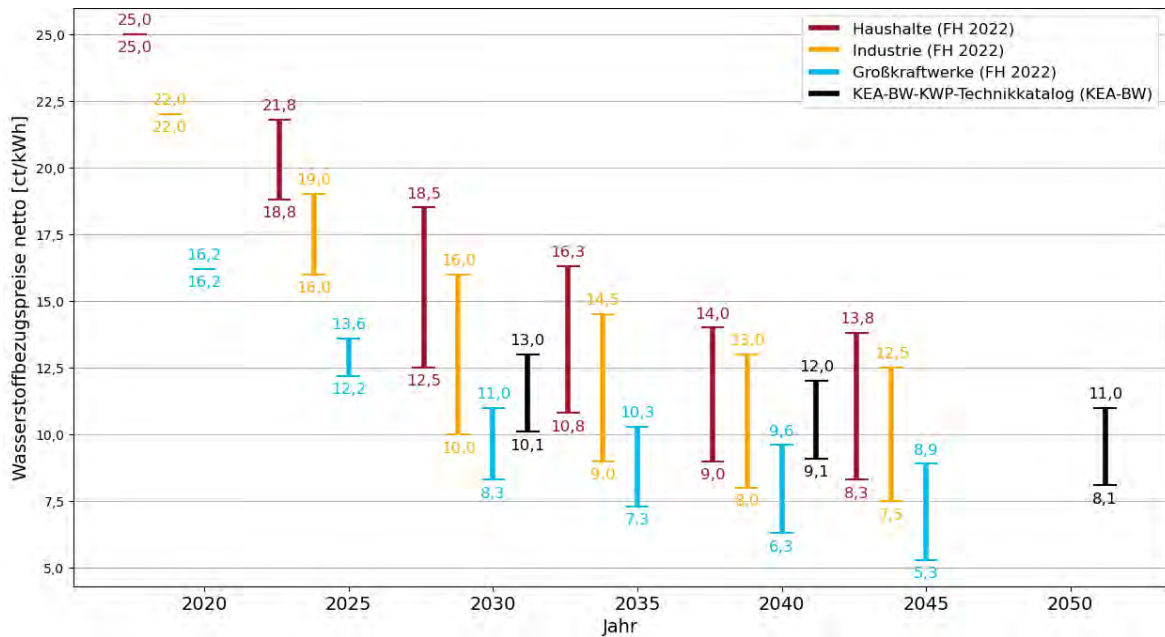


Abbildung 25: Wasserstoffbezugspreise netto in ct/kWh nach Verbraucherguppe (eigene Darstellung nach [50] und [51])

In der Abbildung lässt sich grundsätzlich ein sinkender Preistrend erkennen. Außerdem wird deutlich, dass unterschiedliche Kundengruppen, Haushalte und Industrie voraussichtlich unterschiedliche Preise – wie heute auch beispielsweise für Strom üblich – zahlen werden.

## Biomethan

Im Gegensatz zu Wasserstoff ist Biomethan, wie oben beschrieben, ein etablierter Energieträger. Die wirtschaftlich und nachhaltig nutzbaren Potentiale in Deutschland sind weitgehend ausgeschöpft und „die Zuwachsmöglichkeiten sehr begrenzt“ [41]. In Abbildung 26 werden die deshalb tendenziell steigenden Netto-Bezugspreise für Biomethan dargestellt.

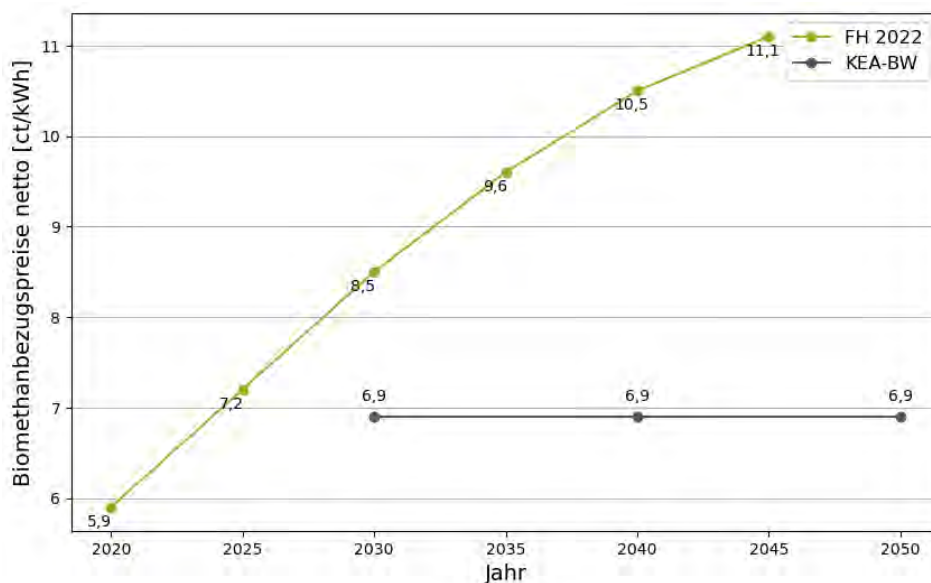


Abbildung 26: Biomethanbezugspreise netto in ct/kWh nach Verbraucherguppe (eigene Darstellung nach [50] und [51])

Beide Projektionen stammen aus der Zeit vor dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine und erscheinen mit Blick auf die tatsächliche Entwicklung bis heute sehr niedrig. Sie sind vor allem vor dem Hintergrund des äußerst begrenzten Handelsvolumens zu sehen. Derzeitige Bezugspreise für Biomethan liegen laut [52] zwischen 11 und 56 ct/kWh je nach Haupteinsatzstoff und fangen am oberen Ende der dargestellten Projektionen an.

### 7.3 Zusammenfassung

Das Potential von erneuerbarem Wasserstoff für das Untersuchungsgebiet unterliegt einer hohen Unsicherheit und kann für das Jahr 2030 mit einer Bandbreite zwischen 5 und 66 GWh/a (für 2045 zwischen 118 und 528 GWh/a) abgeschätzt werden.

Wasserstoffbezugspreise werden aufgrund hoher Unsicherheit für 2030 mit Bandbreiten zwischen 12,5 und 18,5 ct/kWh für Privathaushalte bzw. 10 und 16 ct/kWh für die Industrie prognostiziert und ein fallender Trend wird vorhergesagt. Die für den Import ins Untersuchungsgebiet erforderliche Infrastruktur wird gemäß der "Technische Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen" [49] der LandesEnergieAgentur Hessen ab 2032 vorgesehen. Eine erste Betrachtung des nachgelagerten Gasverteilnetzes und ihrer Bestandteile in Gießen ergab, dass ein Großteil der Leitungen wasserstofftauglich ist, aber dennoch voraussichtlich kostenintensive Anpassungen am Gasnetz vorzunehmen wären.

Für Biomethan als etablierten Energieträger ist das Potential heute nahezu ausgeschöpft und wird für das Untersuchungsgebiet mit 28 GWh/a für 2030 und mit 32 GWh/a für 2045 quantifiziert. Biomethan-Bezugspreise werden für 2030 zwischen 6,9 und 8,5 ct/kWh prognostiziert. Biomethan, wie auch methanisierter Wasserstoff, haben nahezu Erdgas-Beschaffenheit und können netzseitig unbegrenzt eingespeist werden. Eine Nutzung von methanisiertem erneuerbarem Wasserstoff im Gebäudesektor ist aus den Studien nicht abzuleiten.

Das gesamte ausgewiesene Potential an erneuerbaren Gasen ist in das Untersuchungsgebiet zu importieren. Ein nennenswertes Angebot innerhalb des Untersuchungsgebiets ist nicht absehbar.

## Zielszenario

Die treibhausgasneutrale Wärmeversorgung bis 2045 ist das zentrale Ziel der kommunalen Wärmeplanung gemäß der gesetzlichen Bestimmungen. Dieses ambitionierte Vorhaben erfordert eine duale Strategie: Die kontinuierliche Reduzierung des gesamten Wärmeverbrauchs und die Umstellung von fossilen auf regenerative Energiequellen. Im Zielszenario werden, aufbauend auf den Ergebnissen der Bestands- und Potentialanalyse, konkrete Zukunftspfade aufgezeigt, wie die Wärmeversorgung der Stadt Gießen zentral sowie dezentral durch erneuerbare Energien sichergestellt werden kann. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Einteilung des Stadtgebiets in Wärmeversorgungsgebiete, wodurch die Rahmenbedingungen für eine optimierte Transformation der zukünftigen Wärmeversorgungsinfrastruktur definiert werden.

Das Zielszenario bildet die Grundlage zur Entwicklung einer Wärmewendestrategie und stellt die wesentliche Schnittstelle zur Ausarbeitung effektiver Umsetzungsmaßnahmen dar. Es wurde unter Berücksichtigung der Klimaschutzziele von Bund und Ländern bis 2045 entwickelt und orientiert sich an den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes, das bundesweit eine Verpflichtung zur Erstellung von Wärmeplanungen festlegt. Das Ziel bis 2045 kann um zehn Jahre verkürzt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass einige Faktoren, wie der Emissionsfaktor für Strom, der auch 2035 noch nicht klimaneutral sein wird, nicht von der Stadt beeinflusst werden können und somit Auswirkungen auf die THG-Emissionen haben. Eine Verkürzung des Szenarios ist zudem mit erheblichen finanziellen Aufwendungen verbunden. Ein Ausbau des bestehenden Wärmenetzes sowie die Dekarbonisierung, wie sie im folgenden Kapitel aufgezeigt wird, geht voraussichtlich mit Kosten in Höhe von rund 350 Millionen Euro einher. Hinzu kommt, dass die Verfügbarkeit von Personal für Planung, Genehmigung und Bau sowie der notwendigen technischen Anlagen gegeben sein muss. Das Szenario bis 2045 zeigt daher im Folgenden einen sehr ambitionierten, aber realistischen Weg zur Reduzierung der THG-Emissionen auf – für das Jahr 2035 ist ein Anteil von ca. 75 % an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme im Wärmenetz vorgesehen, wodurch die gesetzlichen Vorgaben deutlich überschritten werden.

## 8 Entwicklung des Zielszenarios

Die Wärmebedarfsentwicklung bildet einen der beiden zentralen Bausteine des Zielszenarios. Dabei wird der Wärmebedarf in Gießen zum Status Quo im Betrachtungsjahr 2022 unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren bis zum Zieljahr 2045 entwickelt. Zu den berücksichtigten Faktoren zählen Sanierungseffekte, demografische Entwicklungen der Stadt, klimatische Veränderungen sowie Neu- oder Umbauten im Rahmen von Stadtentwicklungsprojekten. Auf Grundlage der daraus resultierenden, zukünftigen Energiebilanzen können Erzeugertechnologien effizient und nachhaltig festgelegt werden.

### 8.1 Reduzierung des Wärmebedarfs

Grundlage für die Ermittlung der Wärmebedarfsentwicklung bildet das bereinigte Gebäudewärmemodell (GWM) sowie die daraus abgeleitete Energiebilanz der

Bestandsanalyse. Aus der Energiebilanz sind die Wärmebedarfe aller Gebäude sowie die zur Bedarfsdeckung eingesetzten Energieträger im Betrachtungsgebiet im Jahr 2022 bekannt.

Bis zum Zieljahr 2045 nehmen eine Vielzahl von Faktoren unterschiedlichen Einfluss auf den Wärmebedarf. Veränderungen folgen hierbei unter anderem aus den Sanierungspotentialen des 1,5 %-Sanierungsszenarios sowie den Stadtentwicklungsprojekten. Zusätzlich wird die künftige Entwicklung der Bevölkerung in Gießen auf Basis statistischer Prognosen sowie eine stetige Erwärmung des Klimas als variable Skalierungsfaktoren des Wärmebedarfs über die Jahre betrachtet.

Unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren lassen sich die gebäudescharfen Bedarfe des GWM bis zum Zieljahr entwickeln. Abbildung 27 zeigt die daraus resultierenden jährlichen Gesamtendenergiebedarfe für Gießen differenziert nach Energieträgern.

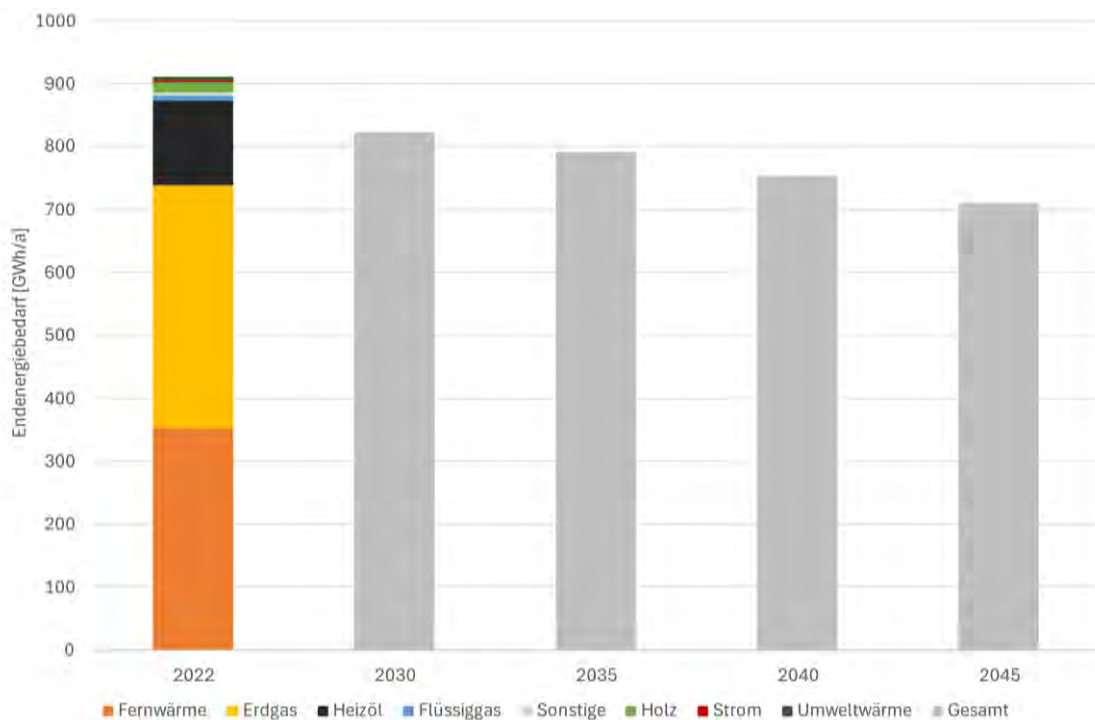


Abbildung 27: Endenergiebedarf in Gießen bis 2045 auf Basis von Klima-, Demographie- und Sanierungseffekten (1,5 %-Sanierung)

Aus den unterschiedlichen Skalierungsfaktoren ergibt sich eine kontinuierliche Reduzierung des Gesamtwärmebedarfs in Gießen. Bis zum Zieljahr 2045 sinkt der Bedarf um insgesamt etwa 22 %. Die Stützjahre verzeichnen eine Reduzierung von 10 % bis 2030, 13 % bis 2035 sowie 17 % bis 2040.



## 8.2 Treibhausgasneutrale Versorgungsstruktur

Neben der Reduzierung des Wärmebedarfs bildet die Umstellung der Wärmeversorgungsstruktur auf treibhausgasneutrale Versorgungstechnologien den zweiten zentralen Baustein des Zielszenarios. Im Folgenden wird der Verlauf dieses Transformationsprozesses und die daraus resultierende, zukünftige Wärmeversorgungsstruktur der Gebäude in Gießen bis zum Zieljahr 2045 projiziert.

### **Fernwärmenetzausbau**

Fernwärme zählt durch das bereits großflächig vorhandene Bestandsnetz und den hohen Versorgungsanteil derzeit zu den wichtigsten Versorgungslösungen in Gießen und stellt darüber hinaus aufgrund der guten Regulierbarkeit des Energieeinsatzes eine der Schlüsseltechnologien zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung dar. Um nicht nur bestehende Fernwärmegebiete zu verdichten, sondern auch neue Gebiete mit dieser Versorgungsoption zu erschließen, ist ein gezielter Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes sinnvoll, sofern er eine wirtschaftlich und ökologisch vorteilhafte Option darstellt.

Als Basis für die Ermittlung neuer Erschließungsgebiete dient die aktuelle Netzausbauplanung aus einem Vorschlag gemäß dem Vorschlagsrecht für Wärmenetzbetreiber nach Maßgabe des WPG der SWG, welche alle relevanten strategischen, wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Parameter berücksichtigt. Durch die Berücksichtigung des Vorschlages wird der fundierte Aufbau des Versorgungsszenarios für Fernwärmenetzausbaugebiete in Gießen auf Basis einer realistischen Strategie- und Kostenplanung sichergestellt.

Die SWG beabsichtigt den Baubeginn von insgesamt 15 neuen Netzabschnitten im Stadtgebiet Gießen bis 2045. Alle Netzabschnitte stellen Erweiterungen des bereits bestehenden Warmwasser-Verbundnetzes oder des Heißwassernetzes dar. Einzelne Ausbaugebiete gehen mit ihrer Bauzeit über den Zeitraum bis 2045 hinaus und stellen somit Sonderfälle dar. Sie werden im Rahmen der Wärmeplanung durch zeitlich getrennte Bauabschnitte der Netztrassen anteilig bis 2045 berücksichtigt.

Die Festlegung und Ausbaupriorisierung der Gebiete erfolgt grundsätzlich auf Basis räumlich aufgelöster Linienwärmedichten und unter Berücksichtigung weiterer energetischer, technischer, wirtschaftlicher sowie strategischer Bewertungsparameter. Darüber hinaus steht die Ausbauplanung im Einklang mit den dargelegten Dekarbonisierungsmaßnahmen.

Abbildung 28 zeigt die geplanten Netzausbaugebiete anhand der vorläufigen Netztrassenverläufe und den umliegenden Gebäuden mit Netzanschlusspotential in räumlich aufgelöster Form.

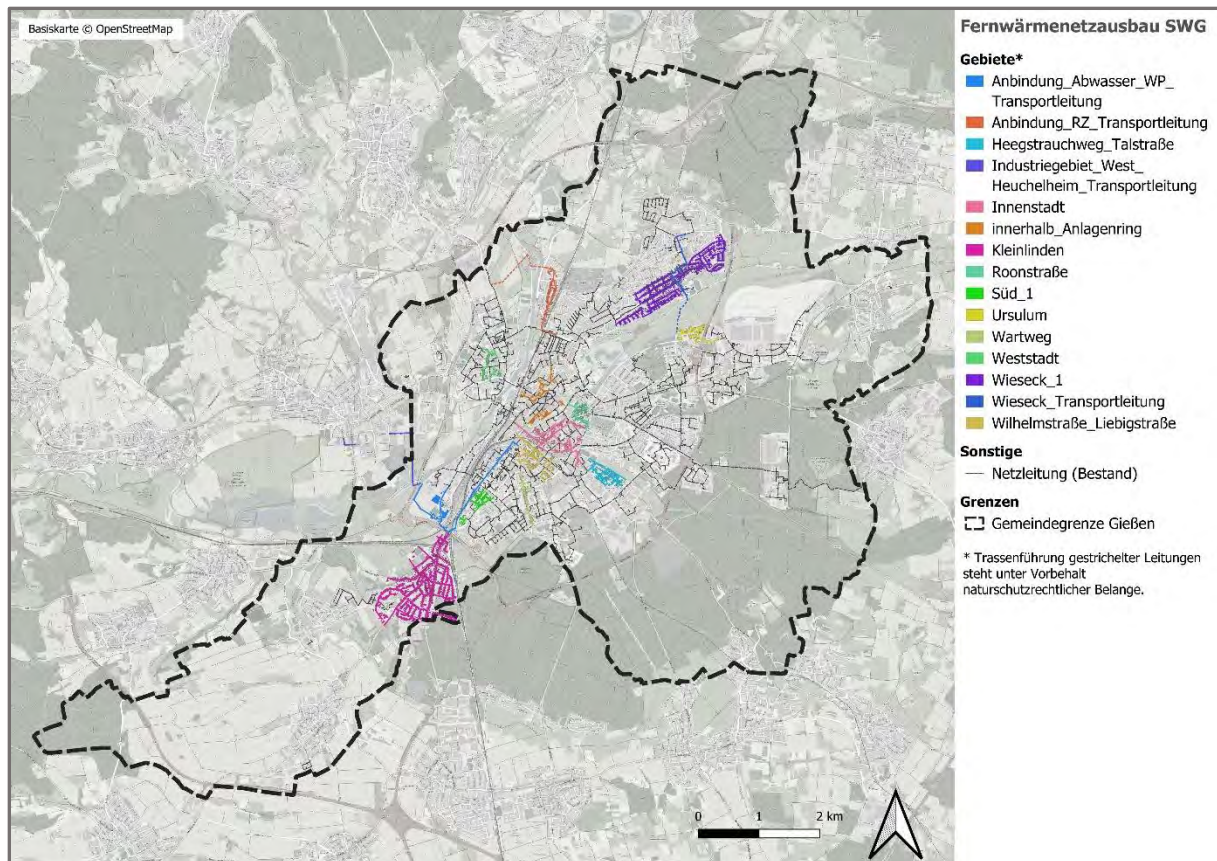


Abbildung 28: geplante Netzausbaugebiete der SWG in Gießen bis 2045

Die dargestellten Trassenverläufe, insbesondere im baurechtlichen Außenbereich, stellen einen ersten Planungsentwurf dar und sind unter Vorbehalt einer Detailprüfung aller relevanten standortspezifischen Umstände eingezeichnet.

## Wärmeversorgungsgebiete

Um eine Grundlage zur Projizierung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur in Gießen im Zieljahr 2045 zu schaffen, erfolgt die Einteilung des Stadtgebiets in Wärmeversorgungsgebiete. Wärmeversorgungsgebiete definieren die am besten geeignete Versorgungsart von Gebäuden innerhalb der jeweiligen Gebietsfläche. Die Eignungsprüfung erfolgt in der Regel anhand verschiedener Indikatoren wie der Technologieverfügbarkeit, den Wärmegestehungskosten, dem Realisierungsrisiko, der Versorgungssicherheit und den kumulierten Treibhausgasemissionen. Gemäß WPG stehen folgende Wärmeversorgungsgebietskategorien zur Prüfung [53]:

- Wärmenetzgebiet
  - Wärmenetzverdichtungsgebiet
  - Wärmenetzausbaugebiet
  - Wärmenetzneubaugebiet
- Wasserstoffnetzgebiet
- Gebiet für dezentrale Wärmeversorgung
- Prüfgebiet

Wärmenetzgebiete umfassen dabei alle Bereiche, die künftig durch bestehende oder geplante Wärmenetze versorgt werden können. Gebiete, in denen die Versorgung künftig über bestehende oder geplante Gasnetze mit Wasserstoff erfolgen soll, werden als Wasserstoffnetzgebiet definiert. Erfolgt die Versorgung über ein bestehendes oder geplantes Gasnetz durch ein alternatives erneuerbares Gas oder kann die künftige Versorgungsart aufgrund der aktuellen Umstände noch nicht abschließend festgelegt werden, erfolgt die Einteilung als Prüfgebiet. Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung enthalten alle Bereiche, in denen langfristig keine wirtschaftlich sinnvolle Versorgung durch ein bestehendes oder geplantes Wärme- oder Gasnetz möglich ist. Die Wärmeversorgung wird hier durch dezentrale Erzeugertechnologien erfolgen [53].

Die Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete für Gießen erfolgt räumlich aufgelöst im Rahmen einer GIS-gestützten Auswertung. Dabei wird das Stadtgebiet auf Basis der bestehenden sowie der zukünftig geplanten Versorgungsnetzinfrastruktur in die verschiedenen Versorgungsgebietskategorien gegliedert.

Wärmenetzgebiete umfassen dabei alle bereits an das bestehende Fernwärmenetz angeschlossenen sowie alle für einen Anschluss an das bestehende oder ein definiertes Ausbaunetz geeigneten Gebäude und Bereiche. Die Eignungsprüfung erfolgt primär anhand von Wärmedichten aus einer kombinierten Analyse der Netzabstände und Gebäudewärmebedarfe. Wärmenetzausbauggebiete werden ausgehend vom Baubeginn der einzelnen Netzabschnitte in den Zeiträumen zwischen den Stützjahren zusammengefasst.

Zusätzlich zu den Netzausbaugebieten mit Baubeginn vor 2045 werden auch strategisch geplante Ausbauggebiete der SWG mit voraussichtlichem Ausbaustart nach 2045 berücksichtigt. Da diese Gebiete nicht in den Betrachtungszeitraum des Zielszenarios fallen, werden sie über die definierten Wärmeversorgungsgebietskategorien des WPG hinaus unter „Wärmenetzpotentialgebiete“ als zusätzliche Kategorie in die Gebietseinteilung aufgenommen.

Aufgrund der ungewissen und eher vagen Prognosen zur zukünftigen Verfügbarkeit und Preisgestaltung von Wasserstoff (siehe Kapitel 7) wird die Umstellung des Gießener Erdgasnetzes auf Wasserstoff unter den Aspekten der Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit nicht als zukünftige Option zur Gebäudewärmeversorgung betrachtet. Auch der Einsatz von Biomethan als Erdgasersatz stellt trotz der guten technischen Kompatibilität mit der vorhandenen Gasnetzinfrastruktur aufgrund der genannten, heute schon nahezu ausgeschöpften nutzbaren Potentiale keine Alternative dar. Daraus folgt, dass die großflächig ausgebaute Erdgasnetzinfrastruktur im Zielszenario für Gießen nicht als Versorgungslösung im Gebäudesektor bestehen bleibt und somit keine Wasserstoffnetz- oder Prüfgebiete zur leitungsgebundenen Gebäudeversorgung durch erneuerbare Gase definiert werden. Eine künftige Nutzung der Gasnetzinfrastruktur zur Bereitstellung erneuerbarer Gase für die Prozess- oder Fernwärmeerzeugung bleibt weiterhin vorbehalten.



Die ausgewiesenen Prüfgebiete markieren im Einklang mit der Definition des WPG daher lediglich Bereiche, in denen die künftige Versorgungsart anhand der aktuellen Rahmenbedingungen nicht abschließend festgelegt werden kann. Konkret handelt es sich dabei um Gebiete, die auf Basis der vorhandenen Wärmedichten für die Versorgung durch ein Wärmenetz geeignet sind, jedoch nicht Bestandteil der Netzausbauplanung im Rahmen des Vorschlags der SWG sind.

Abbildung 29 zeigt die daraus resultierende Wärmeversorgungsgebietseinteilung für Gießen. Alle Bereiche, die keiner der genannten Kategorien zugeordnet sind, gelten als Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung und werden nicht gesondert ausgewiesen.

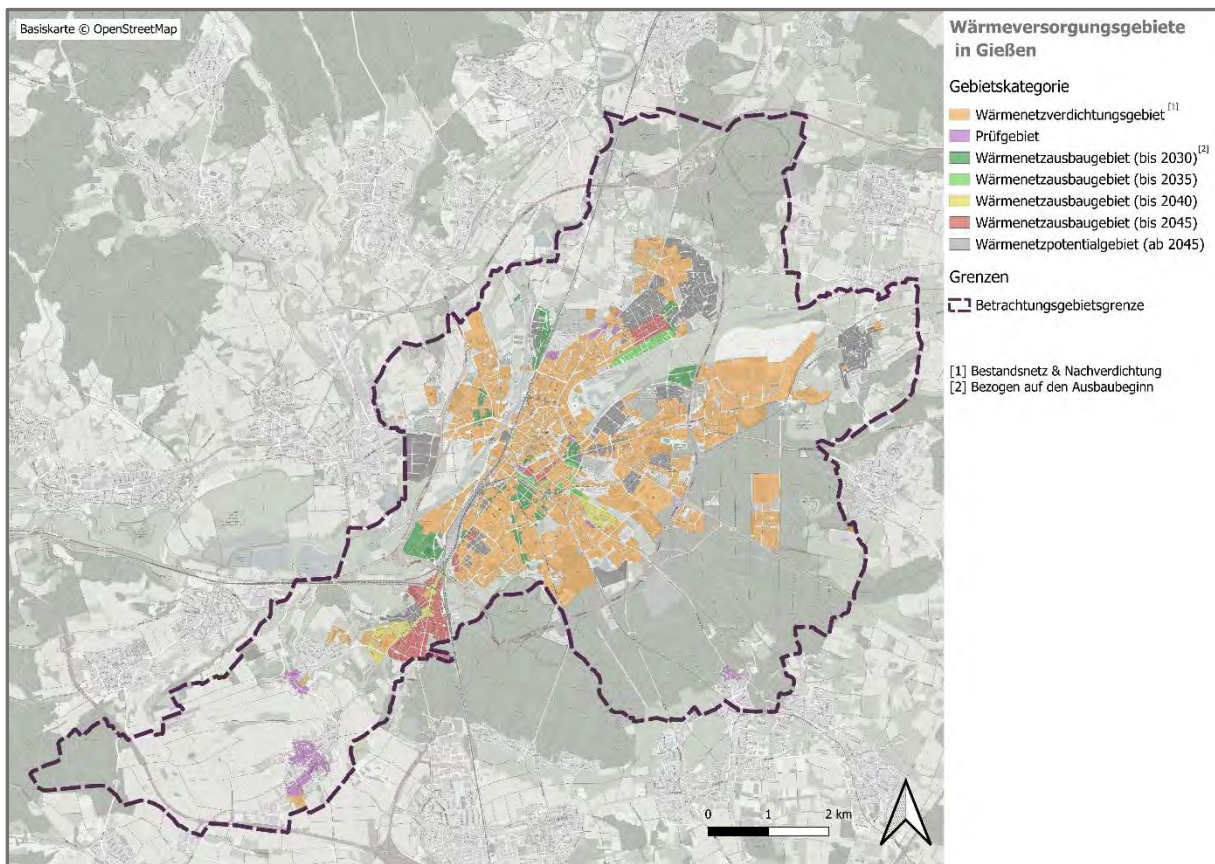


Abbildung 29: Wärmeversorgungsgebiete im Jahr 2045 in Gießen

Die Kernstadt von Gießen zeigt nach Abbildung 29 im Bereich des Bestandsnetzes großflächige Wärmenetzgebiete. Während sich hier neben Wärmenetzverdichtungsgebieten auch einige kurz- bis mittelfristige Wärmenetzausbaubereiche befinden, sind die umliegenden Ortsteile eher durch mittel- bis langfristige Ausbaubereiche sowie Wärmenetzpotezialgebiete geprägt. Gebiete zur dezentralen Wärmeversorgung finden sich in den Randgebieten der Stadtteile. Lediglich die Ortsteile Allendorf an der Lahn, Lützellinden und die Siedlung Petersweiher weisen derzeit keinen geplanten Wärmenetzausbau der SWG auf. Hier existieren neben den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung jedoch Prüfgebiete, die unter Vorbehalt, dass sich eine Betreiberorganisation findet, potentiell für die Versorgung durch ein Wärmenetz geeignet sind.

### 8.3 Technologiewechseloptionen

Um die Anforderungen der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu erfüllen, stehen Verbraucher\*innen verschiedene Technologieoptionen für den Umstieg von fossile auf erneuerbare Energien zur Verfügung. Die rechtlichen Rahmenbedingungen hierfür werden durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) definiert. Demnach muss die Wärmeversorgung von Gebäuden bei einem Heizungstausch ab 2024 unter Vorbehalt verschiedener Sonderfallregelungen und Übergangsfristen zu mindestens 65 % und ab 2045 in jedem Fall zu 100 % aus erneuerbaren Energien durch den Einsatz folgender Technologien und Energieträger entweder als alleinige oder kombinierte Heizungslösung erfolgen [2]:

- Anschluss an ein Wärmenetz
- Elektrische Wärmepumpe
- Stromdirektheizungen (mit Einschränkungen)
- Solarthermie
- Biomasse (fest, flüssig oder gasförmig)
- Wasserstoff (grün oder blau)
- Hybridheizungen (Kombinationen aus erneuerbaren und konventionellen Systemen)

Die grundsätzlich zur Verfügung stehenden Technologieoptionen des GEG werden im Rahmen des Zielszenarios für Gießen aufgrund lokaler Gegebenheiten und weiterer planerischer Rahmenbedingungen eingeschränkt. Das bedeutet, dass nicht alle der hier angegebenen Heizungslösungen in der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur für Gießen berücksichtigt werden.

Neben der zentralen Wärmeversorgung durch Fernwärme werden im Zieljahr ausschließlich elektrische Wärmepumpen sowie feste Biomasse in Form von Holz als dezentrale Versorgungsoptionen betrachtet. Technologien zur Verbrennung von Scheitholz, Pellets und Hackschnitzeln sind etablierte und praxisbewährte Lösungen, die im Bereich der dezentralen Wärmeversorgung von Gebäuden eine zentrale Rolle gegenüber anderer Nutzungsformen von Biomasse spielen.

Der Einsatz von Wasserstoff wird aufgrund der genannten Gründe ebenso wie Stromdirektheizungen und Solarthermie nicht als Versorgungsoption im Zieljahr berücksichtigt. Stromdirektheizungen sollten aufgrund ihrer höheren Belastung des Stromnetzes, des erhöhten Stromverbrauchs und den damit verbundenen Kosten im Vergleich zu Wärmepumpen nur in Ausnahmefällen als Heizungslösung in Erwägung gezogen werden [54]. Solarthermie eignet sich aufgrund der schwankenden Verfügbarkeit von Sonnenenergie nicht als alleinige Gebäudeheizung und wird üblicherweise zur Unterstützung primärer Heizsysteme eingesetzt. Der Einsatz ist von einer Vielzahl spezifischer Faktoren abhängig und eine präzise Quantifizierung des genutzten Potentials ist ohne detaillierte Analyse nicht möglich, zumal der zukünftige Versorgungsanteil der Technologie im dezentralen Bereich angesichts aktueller Entwicklungen und Prognosen insgesamt als sehr gering einzuschätzen ist [55]. Mit Blick auf das



ermittelte Potential für Aufdach-Solarthermie ist die Technologie in der Praxis jedoch weiterhin als sinnvolle Ergänzung zu betrachten.

Dabei steht den Verbraucher\*innen grundsätzlich die Nutzung aller im jeweiligen Gebiet verfügbaren Technologieoptionen für den Umstieg auf erneuerbare Energien offen. Dies bedeutet, dass auch in Wärmenetzgebieten der Einsatz nicht leitungsgebundener Versorgungsarten berücksichtigt werden muss. Für Gebäude mit bestehendem Fernwärmenetzanschluss sowie bestehender Wärmepumpen- oder Holzheizung wird im Rahmen des Zielszenarios kein Technologiewechsel angenommen.

## 8.4 Energieträgerverteilung

Auf Basis der Versorgungsgebietseinteilung lässt sich mit Hilfe der verfügbaren Technologieoptionen und prognostizierten Wechselszenarien der jährliche Endenergiebedarf im Betrachtungsgebiet unter Berücksichtigung der erfolgten Technologiewechsel differenziert nach Energieträgern entwickeln. Aufbauend auf der Bedarfsreduzierung in Abbildung 27 ergeben sich daraus die jährlichen Endenergiebedarfe zur Deckung des künftigen Wärmebedarfs in Gießen aufgeschlüsselt nach Energieträgern in Abbildung 30.

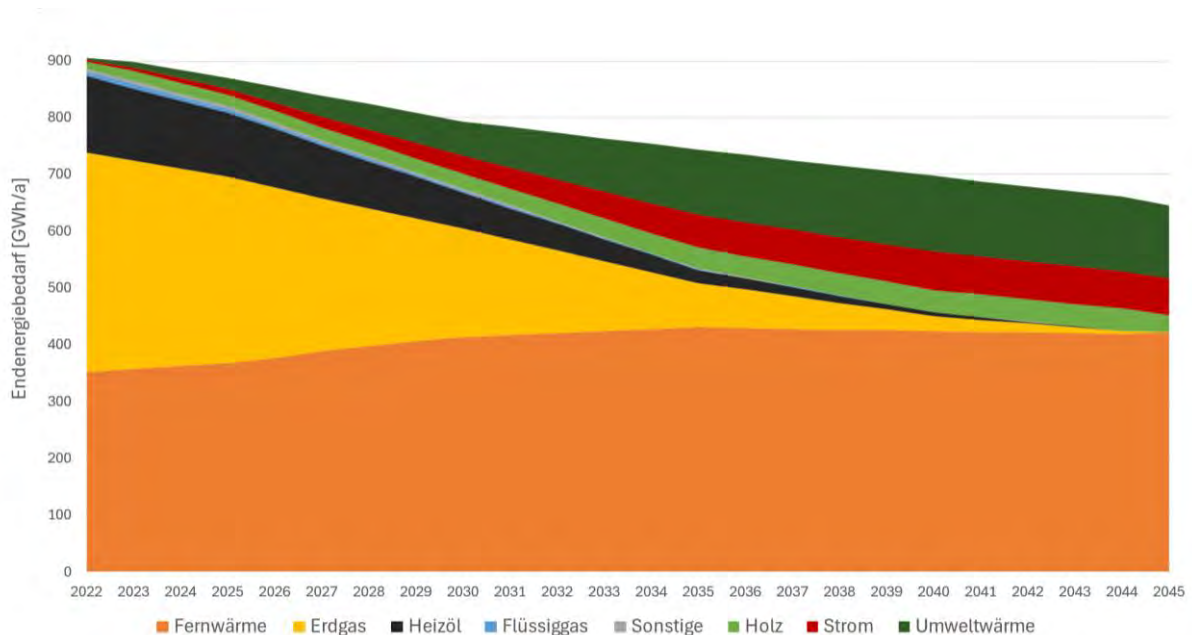


Abbildung 30: Jährlicher Endenergiebedarf nach Energieträger unter Berücksichtigung von Technologiewechsels in Gießen bis 2045 (Zielszenario)

Durch die vollständige Umstellung fossiler Versorgungsoptionen zeigt sich die entsprechende, vollständige Reduzierung des Versorgungsanteils von kombiniert etwa 56,9 % in 2022 durch Erdgas, Heizöl, Flüssiggas und sonstige unbestimmte fossile Energieträger bis zum Zieljahr. Dabei ist zu beachten, dass der Umstieg erdgasversorgter Verbraucher im Rahmen des Zielszenarios bis zur vollständigen Umstellung als kontinuierlich sinkend angenommen wurde. Negative Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Erdgasnetzes durch stark sinkende Anschlusszahlen könnten jedoch eine terminierte Teil- oder Gesamtabschaltung, zumindest im

Bereich der Gebäudeversorgung, erforderlich machen, sodass die Reduzierung der Versorgungsanteile von Erdgas in der Praxis sprunghaft ausklingen könnten.

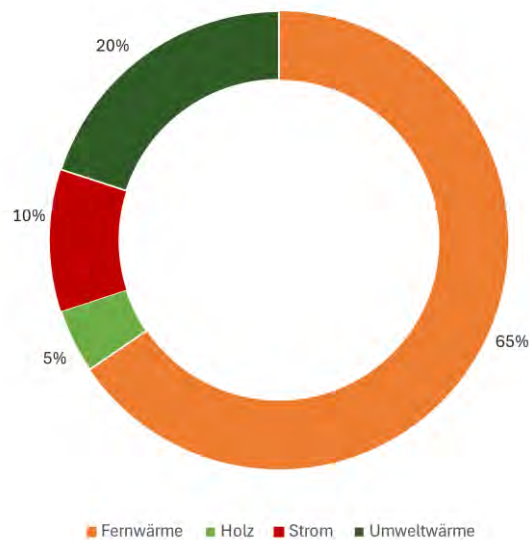


Abbildung 31: Energieträgeraufteilung zur Gesamtwärmebedarfsdeckung von Gebäuden in Gießen im Jahr 2045

Gemäß Abbildung 31 steigt der Versorgungsanteil der Gießener Fernwärme am Gesamtwärmebedarf durch Nachverdichtung und Netzausbau auf knapp 65 % im Zieljahr. Der Anteil von Strom für Wärmepumpen steigt auf etwa 10 %, bei einem Anteil von 20 % durch Umweltwärme. Die Wärmebedarfsdeckung durch Holz beträgt im Zieljahr knapp 5 %.

## 8.5 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Die Bemessung der Treibhausgasemissionen zur Deckung des Wärmebedarfs im Zielszenario erfolgt anhand der spezifischen Emissionsfaktoren der eingesetzten Energieträger aus Anlage 9 des GEG [2].

Während die Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger wie Erdgas oder Heizöl konstant sind, setzen sich die Faktoren für Fernwärme und Netzstrom dynamisch in Abhängigkeit des eingesetzten Erzeugermixes zusammen. Um bei den hohen Deckungsanteilen von Strom und Fernwärme im Zieljahr nach Abbildung 31 eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu gewährleisten, muss die Erzeugung daher vollständig regenerativ erfolgen.

### **Dekarbonisierung der Fernwärme (Vorschlag SWG)**

Die Umstellung der Fernwärmeerzeugung auf erneuerbare Energien erfolgt im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Gießen wie bei den Netzausbaugebieten auf Grundlage des Vorschlagsrechts der SWG nach Maßgabe des WPG.

Tabelle 14 zeigt die zeitlich differenzierte Übersicht der konkreten Maßnahmen zur Umstellung des Erzeugerparks der Gießener Fernwärme nach Planungsgrundlage der SWG.

Tabelle 14: Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Fernwärmeerzeugerparcs in Gießen bis 2045

Zeitraum	Maßnahme	Nennleistung	Energieträger
[-]	[-]	[MW]	
2025 - 2030	Flusswasser-WP („PowerLahn“, „iKWK“)	5,4	Erneuerbar
2025 - 2030	Motor-BHKW („iKWK“)	2 x 4,7	Fossil (H2-ready)
2025 - 2030	Power-to-Heat („iKWK“)	2,7	Strom
2025 - 2030	Klärschlammverbrennung	3,2	Abwärme
2030 - 2035	Abwasser-WP (Klärwerk)	22	Erneuerbar
2030 - 2035	Abwärme-WP (Rechenzentrum)	22	Erneuerbar
2035 - 2045	Holzheizwerk	2 x 2,5	Erneuerbar
2035 - 2045	H <sub>2</sub> -Umstellung Kessel & BHKW (Bestand)	100	Erneuerbar
2040 - 2045	Umrüstung CCS & H <sub>2</sub> (TREA I & II)	2 x 10	Abwärme
2025 - 2040	18 x Nachrüstung Abgas-Wärmepumpen	12,2	Erneuerbar

Im Zeitraum bis 2030 umfasst die Erzeugerparkplanung zwei konkrete Einzelmaßnahmen. Das iKWK-Projekt umfasst drei verschiedene Erzeugertechnologien an zwei Standorten. Bis 2026 sollen zwei zunächst mit Erdgas betriebene, effiziente, H2 Ready® Motor-BHKW, ein Power-to-Heat-Heizstab sowie eine Flusswasser-Großwärmepumpe ("PowerLahn") mit Warmwasser-Speicher in Betrieb genommen werden. Auf dem Gelände der Mittelhessischen Wasserbetriebe (MWB) planen diese darüber hinaus die Errichtung einer Anlage zur Klärschlammverbrennung mit Inbetriebnahme im Jahr 2029.

Der Zeitraum von 2030 bis 2035 umfasst nach jetzigem Planungsstand die Errichtung und Inbetriebnahme einer Großwärmepumpe zur Nutzung des Klarwassers im Klärwerk sowie eine Großwärmepumpe zur Nutzung der Rechenzentrums-Abwärme im „Katzenfeld“.

Im Zeitraum von 2035 bis 2045 sind weiterhin der Zubau von zwei Holzheizwerken sowie die Umstellung der erdgasbasierten Wärmeerzeuger im östlichen Teil Gießens auf erneuerbaren Wasserstoff, mit Zubau von wasserstoffbasierten Spitzenlastkapazitäten geplant. Die beiden Müllverbrennungsanlagen TREA I und TREA II werden bis 2045 mit CCS-Technologie ausgestattet, sowie deren Stützfeuerung von Erdgas auf Wasserstoff umgestellt.

Zusätzlich zu den Einzelmaßnahmen sollen zwischen 2025 und 2040 an 18 verschiedenen Wärmeerzeugungsanlagen Abgas-Wärmepumpen nachgerüstet werden, die die thermische Restenergie der feuchten Rauchgase nutzbar machen. An den 18 verschiedenen Anlagen sollen insgesamt ca. 12,2 MW<sub>th</sub> zusätzlicher Erzeugerleistung aufgebaut werden, die jährlich bis zu 42 GWh zusätzlicher Wärmeerzeugung liefern.

Durch die zusätzliche Wärmeeinspeisung können an anderer Stelle fossile Brennstoffe eingespart werden. Abhängig von Anlagentyp und Netzeinbindung können folgende Leistungssteigerungen erzielt werden:

- Motor-BHKW: ca. 20 % Steigerung der thermischen Leistung
- Holzheizwerke: ca. 11 % Steigerung der thermischen Leistung
- TREA I & II: ca. 13 % Steigerung der thermischen Leistung

Wird der Betriebsstrom einer Abgas-Wärmepumpe bilanziell aus der Stromerzeugung des abgasseitig gekoppelten BHKW bereitgestellt, so ergibt sich für den Anlagenverbund eine Gesamt-Wirkungsgradsteigerung der Erdgasnutzung von mindestens 10 %. Zudem wird eine Absenkung der wärmespezifischen Emissionen um mindestens 10,8 % (Carnot-Methode) bzw. mindestens 6,7 % (Finnische Methode) erzielt.

Aus den beschriebenen Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes und dem Endenergiebedarf an Fernwärme in Folge von Nachverdichtung und Netzausbau lassen sich unter Berücksichtigung eines priorisierten Erzeugereinsatzes die zukünftigen Primärenergieeinsätze differenziert nach Energieträgern in Abbildung 32 bestimmen. Um den Endenergiebedarf auch im Falle maximaler Anschlussgrade klimaneutral decken zu können, wurde die Erzeugerparkplanung auf dieser Basis durchgeführt.

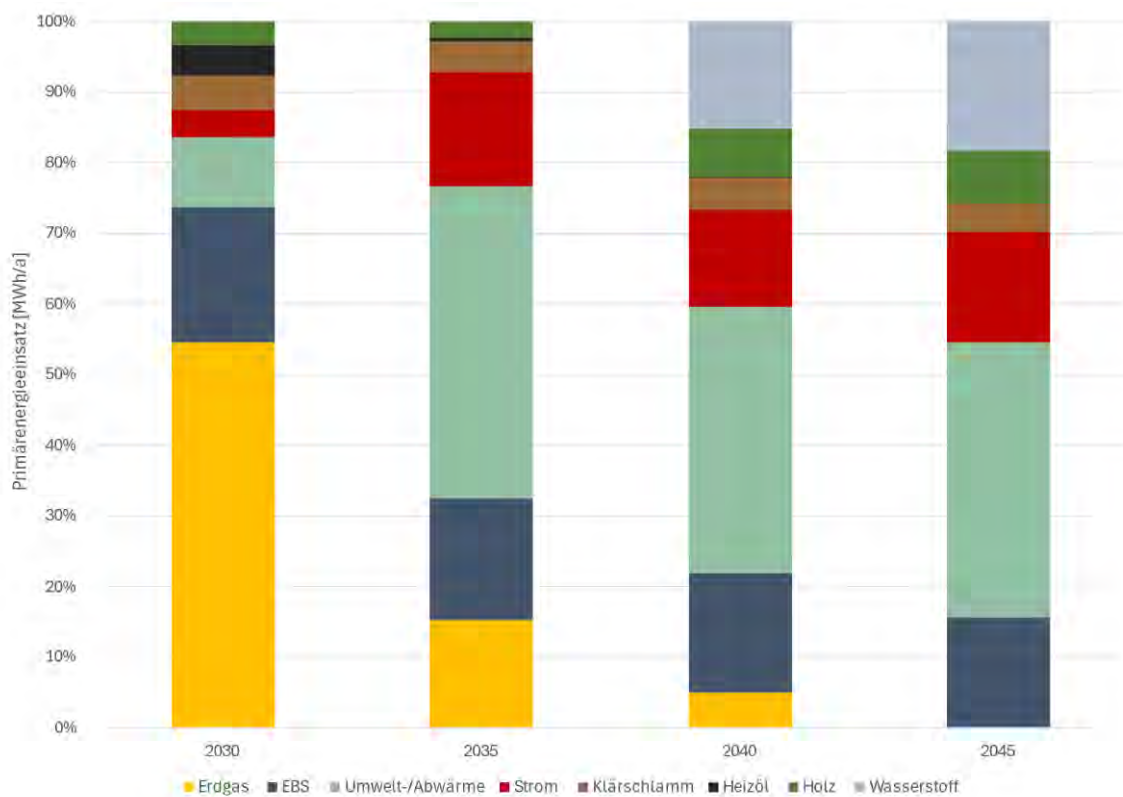


Abbildung 32: Energieträgermix der Gießener Fernwärme bis 2045

Der resultierende Energieträgermix im Zieljahr 2045 besteht ausschließlich aus elektrischer Energie, Umweltwärme, unvermeidbarer Abwärme, Biomasse, erneuerbaren Gasen sowie Abfallverwertung mit CCS, so dass die Anforderungen an die Treibhausgasneutralität erfüllt wären.

Die Verfügbarkeit erneuerbarer Gase ist aus heutiger Sicht nur mit größerer Unsicherheit bezifferbar. Bei nur etwa 18 % Anteil ist dieses Risiko jedoch begrenzt. Darüber hinaus bietet der Zeitraum bis 2045 viel Raum für zwischenzeitliche Entwicklungen und Änderungen im Vergleich zur heutigen Situation.

Die Aufschlüsselung aller eingespeisten Wärmemengen über die jeweils aufgewendeten Energieträger und -technologien erfolgt gemäß WPG über die drei Kategorien „Fossil“, „Erneuerbar“ sowie „unvermeidbare Abwärme“ und leitet sich direkt aus dem Erzeugermix ab. Bezogen auf die jeweils eingespeiste Gesamtwärmemenge ergeben sich die Anteile erneuerbarer Energien an der Fernwärmeerzeugung in Gießen über die Stützjahre in Abbildung 33.

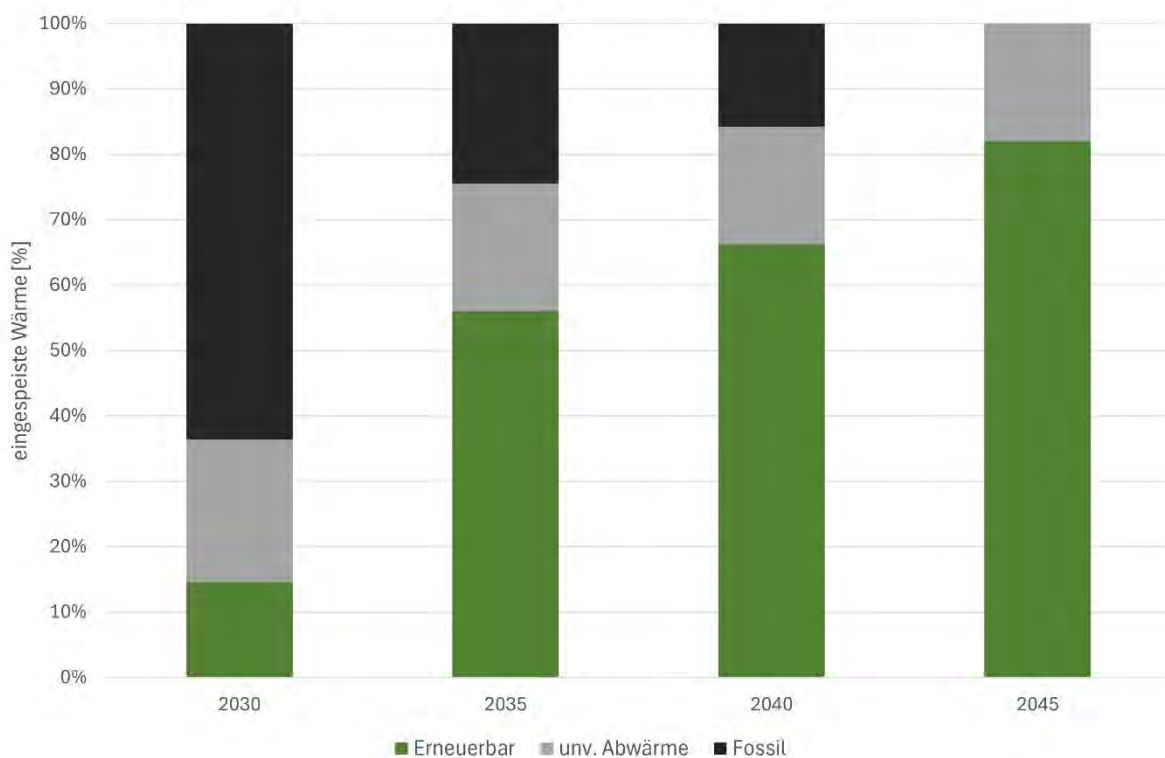


Abbildung 33: Energieträgeranteile der eingespeisten Fernwärme in Gießen bis 2045

Nach dem WPG ist für 2030 ein Anteil von 30 % und für 2040 ein Anteil von 80 % an erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme gesetzlich vorgeschrieben. Mit kombinierten Anteilen von etwa 75 % im Jahr 2035 und 100 % im Jahr 2045 ist die langfristig vollständig erneuerbare Erzeugung von Fernwärme der SWG sichergestellt.



Zur Erreichung der prognostizierten Versorgungsgrade durch Fernwärme ist ohne bestehenden Anschluss- und Benutzungszwang vor allem auch die Wirtschaftlichkeit ein entscheidender Faktor, wobei zukünftig bei Heizungswechsel im Gebäudebestand verstärkt die Wärmepumpe als preislicher Vergleichsmaßstab gilt.

Aus Endverbrauchersicht sind beim Vergleich konkurrierender Heizungstechnologien die Gesamtkosten über lange Zeiträume entscheidend. Die SWG nehmen deshalb jährliche Vollkostenvergleiche mit alternativen Heizungstechnologien vor, um die Fernwärme als wirtschaftlich attraktive Versorgungsoption zu gestalten. Bis zum Untersuchungsjahr 2022 schnitt die Fernwärme im Vergleich gut ab. Insgesamt soll durch die geplanten Maßnahmen zur Umstellung der Fernwärmeerzeugung nicht nur eine treibhausgasneutrale, sondern auch zukünftig wirtschaftlich attraktive Wärmeversorgung mit hoher Versorgungssicherheit und für den Verbraucher ohne Realisierungsrisiko gemäß WPG sichergestellt werden.

Insgesamt soll durch die geplanten Maßnahmen zur Umstellung der Fernwärmeerzeugung nicht nur eine treibhausgasneutrale, sondern auch zukünftig wirtschaftlich attraktive Wärmeversorgung mit hoher Versorgungssicherheit und für den Verbraucher ohne Realisierungsrisiko gemäß WPG sichergestellt werden.

### Emissionsentwicklung der Fernwärme

Der Emissionsfaktor für Fernwärme leitet sich direkt aus den Energieträgereinsätzen des Erzeugermixes im entsprechenden Betrachtungsjahr ab. Unter Berücksichtigung der zukünftig eingesetzten Energieträger über die Stützjahre in Abbildung 32 und unter Anwendung der Carnot-Methode zur Allokation von Emissionen aus Kraft-Wärme-Kopplung ergibt sich die Entwicklung der spezifischen Emissionen für die Gießener Fernwärme in Abbildung 34.

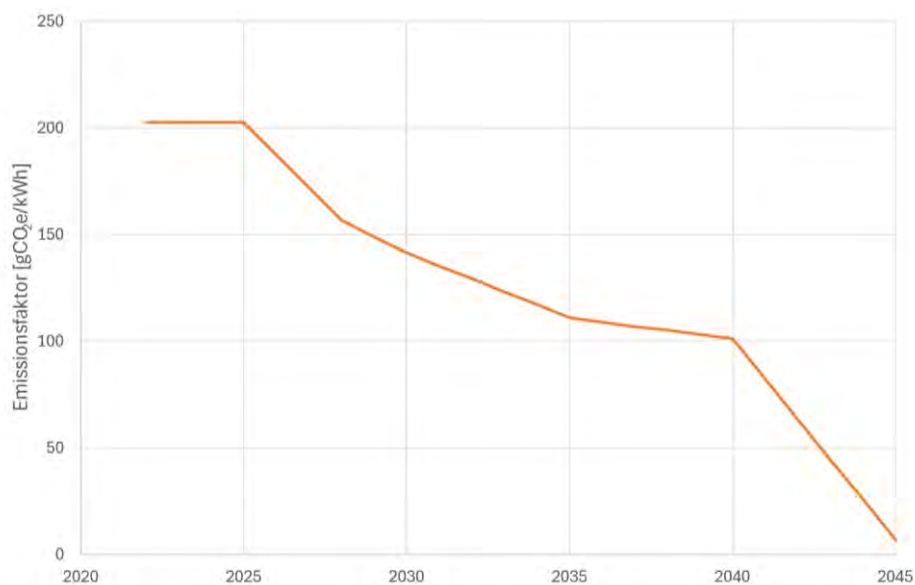


Abbildung 34: dynamischer Emissionsfaktor für die Gießener Fernwärme bis 2045

Auf Basis der konkreten Erzeugermaßnahmen aus Tabelle 14 fallen die spezifischen Emissionen der Fernwärme im Zeitraum von 2025 bis 2040 mit degressivem Verlauf um etwa 50 % auf 101 gCO<sub>2e</sub>/kWh. Im letzten 5-Jahres-Abschnitt sinkt die Kurve mit steilem Verlauf bis zur Treibhausgasneutralität im Zieljahr. Die in 2045 auftretenden Emissionen sind ausschließlich auf Biomasse und Wasserstoff zurückzuführen, welche weiterhin mit geringen Emissionsfaktoren bemessen wurden.

### Spezifischer Emissionsfaktor für Strom

Der spezifische Emissionsfaktor für Netzstrom wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung auf Grundlage von Prognosen zur Entwicklung der treibhausgasneutralen Anteile der Stromerzeugung für Deutschland bis 2045 bestimmt.

Aus den Studien zur Treibhausgasneutralität in Deutschland in [55] und [56] lassen sich die aktuelle sowie prognostizierte Stromerzeugung und gleichzeitig die Anteile erneuerbarer Stromquellen am Strommix im deutschen Stromnetz ableiten. Während der erneuerbare Anteil in 2022 hier noch knapp unter 50 % liegt, steigt er insbesondere unter Annahme eines verstärkten Kohleausstiegs in Deutschland bis 2030 und vollständigem Ausstieg bis spätestens 2038 auf über 90 % in 2040 und schließlich auf 100 % erneuerbare Energie im Zieljahr 2045 an. Die spezifischen Emissionsfaktoren in Abbildung 35 leiten sich direkt aus den fossilen Anteilen des projizierten Strommixes im jeweiligen Betrachtungsjahr ab.



Abbildung 35: dynamischer Emissionsfaktor für Strom aus Netzbezug bis 2045

Für den im Jahr 2022 noch durch Kohle und Erdgas dominierten Strommix ergibt sich ein spezifischer Emissionsfaktor von etwa 400 gCO<sub>2e</sub>/kWh. Durch den verstärkten Kohleausstieg sinkt der Emissionsfaktor aufgrund des gleichzeitig wachsenden Anteils erneuerbarer Energien um etwa 76 % auf nur noch 95 gCO<sub>2e</sub>/kWh in 2030. Von da aus flacht die Kurve bis zur vollständigen Treibhausgasneutralität im Zieljahr 2045 stark ab.

### Treibhausgasneutrales Zielszenario

Unter Berücksichtigung der statischen und dynamischen Emissionsfaktoren sowie der ermittelten Endenergiebedarfe des Zielszenarios in Abbildung 30 lassen sich abschließend die Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung in Gießen bis zum Zieljahr in Abbildung 36 bestimmen.

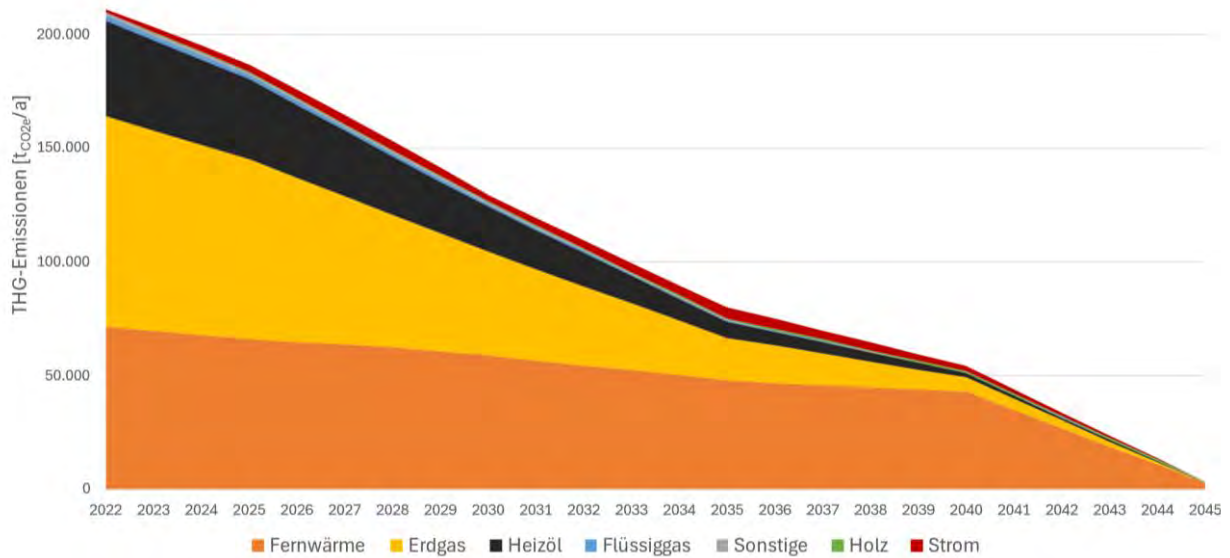


Abbildung 36: jährliche Treibhausgasemissionen zur Wärmeversorgung in Gießen bis 2045 (Zielszenario)

Die stetige Umstellung fossiler Heizungstechnologien zeigt sich auch im Verlauf der Treibhausgasemissionen durch den vollständigen Rückgang der Treibhausgasemissionen durch Heizöl, Flüssiggas und sonstige fossile Energieträger bis zum Zieljahr. Der dadurch stetig steigende Fernwärmebedarf kann im Zieljahr aufgrund der geplanten Dekarbonisierungsmaßnahmen treibhausgasneutral gedeckt werden. Gleiches gilt für den bezogenen Netzstrom für Wärmepumpen. Durch die Umstellung des Strommixes auf erneuerbare Energien kann der benötigte Strombedarf für die zunehmende Anzahl an Wärmepumpen im Zieljahr treibhausgasneutral gedeckt werden.

Durch die dargestellte Bedarfsentwicklung, der Umstellung von fossilen auf regenerative Heizungstechnologien sowie den Dekarbonisierungsmaßnahmen im Fernwärmeerzeugungsmix kann das Ziel der Treibhausgasneutralität im Rahmen des Zielszenarios für Gießen bis zum Jahre 2045 somit erreicht werden.

## Handlungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Die Handlungsstrategie stellt den Fahrplan zur Realisierung der lokalen Wärmewende der Universitätsstadt Gießen dar und bildet die Brücke zwischen theoretischer Planung und praktischer Umsetzung. Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestands- sowie Potentialanalyse und im Einklang mit dem Zielszenario wird eine Umsetzungsstrategie entwickelt, die konkrete Maßnahmen, Prioritäten und Zeitpläne definiert, um das Ziel der treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu erreichen.

Der Fahrplan zur Transformation der Versorgungsstrukturen umfasst sowohl kurzfristige als auch mittel- und langfristige Maßnahmen, die teils im Handlungs- und Entscheidungsspielraum der Stadt Gießen liegen und den gesamten Transformationspfad maßgeblich beeinflussen und lenken. Dabei werden alle relevanten Akteure zur Umsetzung von Maßnahmen berücksichtigt und Verantwortlichkeiten zugeordnet.

Die Transformation von Versorgungsstrukturen versteht sich als dynamischer und langfristig angelegter Prozess, der eine kontinuierliche Anpassung und Fortschreibung erfordert. Dadurch wird sichergestellt, dass die Kommune nicht nur gut vorbereitet in den Transformationsprozess startet, sondern auch in der Lage ist diesen langfristig erfolgreich zu gestalten.

### 9 Maßnahmenkatalog

Die Wärmewendestrategie wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung durch einzelne Maßnahmen beschrieben, deren Umsetzung individuell oder in Kombination schrittweise zur Umsetzung des Zielszenarios beitragen. Die Zusammenhänge zwischen Maßnahmen und Zielszenario ergeben sich dabei im Laufe der Wärmeplanung aus den ermittelten Ergebnissen und damit verbundenen, identifizierten Herausforderungen und Kernaufgaben zur lokalen Wärmewende. Übergeordnet lassen sich die identifizierten Herausforderungen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in folgende Strategiefelder kategorisiert zusammenfassen:

- Ausbau erneuerbarer Energien
- Bedarfsreduzierung
- Heizungsumstellung
- Wärmenetzausbau und -transformation
- Strom- und Gasnetzbau
- Steuerung und Mobilisierung

Innerhalb der Strategiefelder lassen sich somit thematisch verknüpfte Maßnahmenbündel bilden, deren Umsetzung die Lösung derselben Herausforderungen anstreben.

Im Rahmen der Wärmeplanung ergeben sich eine Vielzahl an relevanten Umsetzungsschritten, wobei nicht jeder dieser Schritte im Handlungsbereich der Stadt Gießen liegt. Daher wird für jede ermittelte Maßnahme auch gleichzeitig der Adressat beziehungsweise der hauptverantwortliche Akteur zur erfolgreichen Realisierung festgelegt. Nachfolgend werden die

thematischen Maßnahmenbündel für Gießen in Tabelle 15 bis Tabelle 20 als Maßnahmenkataloge der einzelnen Strategiefelder zusammengefasst.

*Tabelle 15: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Ausbau erneuerbarer Energien*

### **Ausbau erneuerbarer Energien**

<b>Maßnahme</b>	<b>Adressat</b>
Berücksichtigung der kommunalen Wärmeplanung im Rahmen der Aufstellung von Bebauungsplänen	Stadt Gießen
Nutzung der Bauleitplanung zur Potenzialsicherung für die Wärmewende	Stadt Gießen
Festsetzung der Heizungsart in Bebauungsplänen	Stadt Gießen
Detailprüfung von EE-Flächenpotentialen „ohne Restriktionen“	Stadt Gießen

*Tabelle 16: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Bedarfsreduzierung*

### **Bedarfsreduzierung**

<b>Maßnahme</b>	<b>Adressat</b>
Ausweisung von Gebieten mit hohem Energieeinsparpotential	Stadt Gießen
Beauftragung / Erarbeitung von individuellen Sanierungsfahrplänen für kommunale Liegenschaften	Stadt Gießen
Beauftragung / Erarbeitung von individuellen Sanierungsfahrplänen für Liegenschaften kommunaler Unternehmen	Kommunale Unternehmen
Förderprogramme für energetische Sanierung	Stadt Gießen
Umsetzung eines ambitionierten Effizienzstandards in Neubau und Sanierung (mit Prüfung und Beachtung nachhaltiger Sanierungsmöglichkeiten)	Gebäudeeigentümer *innen (GBE)
Inanspruchnahme von (technischen und fördermittelbezogenen) Energieberatungsangeboten	GBE / Unternehmen
Erstellung von individuellen Sanierungsfahrplänen für den Gebäudebestand (KfW)	GBE
Prüfung der minimal benötigten VL-Temperatur je Gebäude (gebäudebezogenes Temperaturabsenkungspotential)	GBE
Analyse des gegenwärtigen und zukünftigen Energiebedarfes für Gebäudewärme und Prozesswärme - Erarbeitung einer Klimaneutralitätsstrategie	GBE / Unternehmen
Einleitung von konkreten Maßnahmen zur Wärmeeinsparung und effizienten Wärmenutzung für Gebäude und Produktionsprozesse	GBE / Unternehmen



Tabelle 17: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Heizungsumstellung

### Heizungsumstellung

Maßnahme	Adressat
Förderprogramme für Heizungswechsel auf erneuerbare Energieträger	Stadt Gießen
Prüfung und ggf. Umsetzung von Beratungen in voraussichtlich dezentral versorgten Gebieten	Stadt Gießen
Angebot von dezentralen Heizungslösungen für Gebiete, die nicht als Wärmenetzgebiet ausgewiesen sind (Prioritär Wärmepumpen)	Stadtwerke Gießen
Umstellung der Wärmeversorgung (Prozess- und Heizwärme) auf erneuerbare Energien durch dezentrale Nutzung regenerativer Technologien, betriebsinterne Abwärmenutzung oder Anbindung an ein Wärmenetz	GBE / Unternehmen

Tabelle 18: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Wärmenetzausbau und -transformation

### Wärmenetzausbau und -transformation

Maßnahme	Adressat
Prüfung von genossenschaftlicher leitungsgebundener Wärmeversorgung in Prüfgebieten (bspw. Allendorf und Lützellinden)	Stadt Gießen
Nutzung von städtebaulichen Verträgen für die Erschließung von industrieller Abwärme	Stadt Gießen
Umsetzung des iKWK-Projekts „PowerLahn“	Stadtwerke Gießen
Angebot von Übergangsheizungen für Gebäude in ausgewiesenen Wärmenetzgebieten bis ein Anschluss an das Wärmenetz erfolgen kann	Stadtwerke Gießen
Weiterführende Untersuchung: Realisierung von Netztemperaturabsenkungen	Stadtwerke Gießen
Weiterführende Untersuchung: Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern im Fernwärmenetz	Stadtwerke Gießen
Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit zur Akzeptanzsteigerung/Ausräumung von Bedenken z.B. bzgl.: Planungssicherheit (auch bei Temperaturniveaus aus Sicht der Wohnungswirtschaft)	Stadtwerke Gießen
(Energie)beratung: „Brückentechnologie“ bzw. „Übergangsheizung“ (v.a. wichtig aus Unternehmenssicht)	Stadtwerke Gießen
Errichtung einer Großwärmepumpenanlage an der Kläranlage zur Nutzung der Abwasserwärme des gereinigten Abwassers	Stadtwerke Gießen

Errichtung einer Großwärmepumpenanlage am Rechenzentrum im Katzenfeld zur Nutzung der Rechenzentrums-Abwärme	Stadtwerke Gießen
Umstellung von Erdgas-BHKW auf Wasserstoff	Stadtwerke Gießen
Einbau einer Kohlenstoffabscheidung für die Müllverbrennungsanlagen TREA I und TREA II	Stadtwerke Gießen
Umstellung der Stützfeuerung beider Müllverbrennungsanlagen TREA I und TREA II von Erdgas auf Wasserstoff	Stadtwerke Gießen
Weiterführende Untersuchung: Optimierung und Maximierung der Einbindung von Rechenzentrums-Abwärme	Stadtwerke Gießen
Umsetzung (ggf. Anpassung) des Fernwärme-Transformationsplans im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)	Stadtwerke Gießen
Ausbau und Nachverdichtung des Gießener Fernwärmenetzes mit Ausbaugebieten gemäß Ausbauplanung	Stadtwerke Gießen

Tabelle 19: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Strom- und Wasserstoffnetzausbau

### Strom- und Gasnetzbau

Maßnahme	Adressat
Gasnetzgebiet-Transformationsplan (detaillierte Studie für H <sub>2</sub> -Verteilnetz)	Mittelhessen Netz
Prüfung von Teil-Stilllegungen des Erdgas-Verteilnetzes	Mittelhessen Netz
Ausbauplanung für Stromnetze (unter Einbeziehung von Ergebnissen der KWP)	Mittelhessen Netz

Tabelle 20: Maßnahmenkatalog - Strategiefeld: Steuerung und Mobilisierung

### Steuerung und Mobilisierung

Maßnahme	Adressat
Städtebauliche Verträge im Rahmen der Bauleitplanung: Energetische Standards, PV-Pflicht, Heizungsart und Nutzung von unvermeidbarer Abwärme für die künftige Wärmeversorgung vereinbaren.	Stadt Gießen
Abstimmungen mit SWG AG unter Berücksichtigung des Investitionsbedarfs im Zuge der Transformation der Wärmeerzeugung und des Netzausbaus	Stadt Gießen
Ausrichtung der Projekt- und Haushaltsplanungen aller mitwirkenden Fachämter auf kurz-, mittel-, und langfristige Bedarfe und Zeithorizonte der Wärmewende inklusive Budgetierung des erforderlichen Fachpersonals	Stadt Gießen
Informationskampagnen im Rahmen der Wärmewende	Stadt Gießen

Ausweisung von Wärmeversorgungsgebieten (GEG)	Stadt Gießen
Entwicklung „Monitoring- und Controllingkonzept“	Stadt Gießen
Abstimmungen mit benachbarten Kommunen zur Wärmeversorgung im Umland und dem Ausbaupfad der interkommunalen Wärmenetze der SWG AG	Stadt Gießen
Regelmäßige Fortschreibung des Wärmeplans	Stadt Gießen
Prüfung von (Energieeinspar-)Contracting als Option zur Realisierung von Investitionen	Alle Akteure
Organisation von bzw. Beteiligung an Energieeffizienzstammtischen oder -netzwerken	Stadt Gießen

Die umfangreichen Maßnahmenkataloge stellen eine Gesamtübersicht des Gestaltungsspielraums der Kommune dar. Durch die Vielzahl an Umsetzungsmaßnahmen mit variierendem Umsetzungsaufwand sowie Beitrag zur Erreichung der Zielvorgaben, bilden die Maßnahmen die Grundlage zur Entwicklung einer effizienten und nachhaltigen Wärmewendestrategie.

## 10 Maßnahmensteckbriefe

Um die Transformation der Wärmeversorgung möglichst effizient zu gestalten und eine konkrete Strategie zu entwickeln, muss der umfangreiche Maßnahmenkatalog priorisiert und auf die wichtigsten Schritte mit dem höchsten Beitrag zur Erreichung der Zielvorgaben reduziert werden. Hierbei soll der Fokus insbesondere auf Maßnahmen mit kurzfristigem Umsetzungsbeginn liegen. In diesem Rahmen wurden folgende Maßnahmen als priorisiert zu behandelnde Umsetzungsschritte festgelegt:

1. Festsetzung der Heizungsart in Bebauungsplänen
2. Nutzung von städtebaulichen Verträgen für die Erschließung von industrieller Abwärme
3. Nutzung von städtebaulichen Verträgen zur Festlegung von Standards im Gebäudeenergiemanagement
4. Ausrichtung der Projekt- und Haushaltsplanungen auf die Ansprüche der Wärmewende
5. Informationskampagnen im Rahmen der Wärmewende
6. Entwicklung „Monitoring- und Controllingkonzept“

Diese priorisierten Maßnahmen stellen die nächsten Schritte zur Realisierung der lokalen Wärmewende in Gießen dar und werden daher im Rahmen einer strategischen Planung weiter ausgearbeitet.

Die Planung erfolgt in detaillierten Maßnahmensteckbriefen, in denen neben der konkreten Beschreibung und den relevanten Meilensteinen auch die erwarteten Kosten für Planung und Umsetzung sowie die Übernahme der Kosten durch die beteiligten Akteure unter Berücksichtigung möglicher Finanzierungsmechanismen analysiert werden.

Die Kosten zur Umsetzung von Maßnahmen sind häufig an eine Vielzahl individueller Umstände gebunden und können je nach Projekt und Aufwand stark variieren. Daher erfolgt die

Einschätzung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Gießen nicht in Form von pauschalen Beträgen, sondern anhand von Kostenarten gemäß Tabelle 21.

Tabelle 21: Kostenarten im Rahmen der Wärmeplanung Gießen

<b>Kostenart</b>	<b>Beschreibung</b>
Verwaltungskosten	Allgemeine Verwaltungsausgaben, die für die Organisation und Koordination der Maßnahme erforderlich sind.
Planungskosten	Kosten für die Erstellung von Planungsdokumenten, Konzepten und Studien, die für die Umsetzung notwendig sind.
Infrastruktur- und Technologiekosten	Ausgaben für den Bau oder Ausbau der nötigen Infrastruktur, wie z. B. Fernwärmenetze oder Heizkraftwerke.
Kommunikations- und Öffentlichkeitskosten	Ausgaben für die Erstellung, Verteilung und Förderung von Informationsmaterialien, die Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit, Kampagnen und Informationsveranstaltungen.
Beratungskosten	Kosten für externe Beratungsleistungen, z. B. für Energieberater, technische Planungsbüros oder Rechtsberater.
Genehmigungskosten	Ausgaben für behördliche Genehmigungen und Prüfverfahren, die für die Realisierung von Bauprojekten erforderlich sind.
Schulungskosten	Kosten für die Fortbildung und Qualifizierung von Personal, um spezifische Kenntnisse zur Umsetzung der Wärmewende zu vermitteln.
Betriebskosten	Laufende Ausgaben für den Betrieb, die Wartung und Instandhaltung installierter Infrastruktur und Systeme.

Aus der Analyse aller genannten, relevanten Aspekte zur Planung und Umsetzung folgen die detaillierten Maßnahmensteckbriefe der priorisierten Maßnahmen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für Gießen in Tabelle 22 bis Tabelle 27.

Tabelle 22: Maßnahmensteckbrief 1 - Festsetzung der Heizungsart in Bebauungsplänen

<b>Maßnahme 1</b>	<b>Festsetzung der Heizungsart in Bebauungsplänen</b>
<b>Strategiefeld</b>	Ausbau erneuerbarer Energien
<b>Einfluss der Kommune</b>	Regulieren
<b>Beschreibung</b>	
<p>Durch die Festsetzung der Heizungsart in Bebauungsplänen, können zukünftige Versorgungsstrukturen mit Hilfe der kommunalen Handlungsmöglichkeiten im Rahmen der Bauleitplanung effizient und nachhaltig gestaltet werden. Ziel ist es hierbei, städtebauliche Projekte nach den Erkenntnissen der Wärmeplanung zu steuern und dadurch nachhaltige, standortoptimierte Versorgungsstrukturen zu schaffen, die mit der kommunalen Wärmeplanung im Einklang stehen.</p>	
<b>Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steuerung der Versorgungsarten von Gebäuden nach Erkenntnissen der Wärmeplanung</li> <li>▪ Reduzierung von Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung</li> <li>▪ Reduzierung der Kosten für die Nutzenden kollektiver Wärmeversorgungen</li> </ul>	
<b>Hauptverantwortliche Akteure</b>	Stadt Gießen
<b>Zeitliche Umsetzung</b>	Heute bis 2045
<b>Umsetzungsschritte und Meilensteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monitoring der Bauleitplanung in Bezug auf die Erkenntnisse und Ziele der Wärmeplanung, insbesondere der ermittelten Versorgungsstrukturen (Versorgungsgebiete)</li> <li>▪ Machbarkeitsprüfung (technisch und rechtlich) zur Festsetzung einer Heizungstechnologie im Bebauungsplan</li> <li>▪ Abstimmung und Koordination mit allen relevanten Akteuren</li> <li>▪ Erstellung Planvorlage/-entwurf</li> <li>▪ Durchführung Beteiligungsverfahren</li> <li>▪ Beschlussfassung</li> <li>▪ Monitoring und Evaluation der umgesetzten Festsetzung</li> <li>▪ Ggf. Anpassung der Vorgaben auf aktuelle Entwicklungen bei Zielabweichung</li> </ul>	
<b>Kosten im Rahmen der Umsetzung</b>	Verwaltungs-, Planungs-, Beratungs- und kosten
<b>Betroffene Akteure und (Teil-) Kostenübernahme</b>	Stadt Gießen, Investoren
<b>Flankierende Aktivitäten</b>	Wechselwirkungen mit Maßnahmen 3, 5, 6



Tabelle 23: Maßnahmensteckbrief 2 - Nutzung städtebaulicher Verträge für die Erschließung von industrieller Abwärme

<b>Maßnahme 2</b>	<b>Nutzung von städtebaulichen Verträgen für die Erschließung von industrieller Abwärme</b>
<b>Strategiefeld</b>	Wärmenetzausbau und -transformation
<b>Einfluss der Kommune</b>	Regulieren
<b>Beschreibung</b>	
Durch städtebauliche Verträge können zukünftige und bestehende Versorgungsstrukturen über die Bauleitplanung hinaus mit privaten Investoren vereinbart werden. Ziel ist es hierbei, nachhaltige Versorgungsstrukturen zu schaffen, die mit der kommunalen Wärmeplanung im Einklang stehen. Im Fokus der Maßnahme steht die großtechnische Erschließung industrieller Abwärme zur Senkung von Treibhausgasemissionen der zentralen Wärmeerzeugung im Fernwärmenetz.	
<b>Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steuerung der Fernwärmeerzeugung nach Erkenntnissen der Wärmeplanung</li> <li>▪ Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Erzeugermix der Fernwärme</li> </ul>	
<b>Hauptverantwortliche Akteure</b>	Stadt Gießen / SWG
<b>Zeitliche Umsetzung</b>	Heute bis 2045
<b>Umsetzungsschritte und Meilensteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vorprüfung von Standorten mit hohem Abwärmepotential (zur großtechnischen Nutzung)</li> <li>▪ Machbarkeitsprüfung (technisch und rechtlich) und Konzepterstellung zur Erschließung und Nutzung von Abwärmepotentialen</li> <li>▪ Abstimmung und Koordination mit allen relevanten Akteuren</li> <li>▪ Vertragsentwurf und -verhandlung (Rechte/Pflichten, Kostenübernahme, Risikoteilung, Ziele)</li> <li>▪ Beteiligungsverfahren (Behörden/Politik)</li> <li>▪ Beschlussfassung und Vertragsschluss (Politik)</li> <li>▪ Technische Detailplanung (Anlagen und vollumfängliches Erschließungskonzept)</li> <li>▪ Genehmigungsverfahren (Behörden)</li> <li>▪ Ausschreibung (falls erforderlich)</li> <li>▪ Bau der Infrastruktur/Erschließung der Abwärme</li> </ul>	
<b>Kosten im Rahmen der Umsetzung</b>	Verwaltungs-, Planungs-, Beratungs-, Genehmigungs-, Infrastruktur- und Technologiekosten
<b>Betroffene Akteure und (Teil-) Kostenübernahme</b>	Stadt Gießen, Investoren/Bauherren
<b>Flankierende Aktivitäten</b>	Wechselwirkungen mit Maßnahmen 5

Tabelle 24: Maßnahmensteckbrief 3 - Nutzung von städtebaulichen Verträgen zur Festlegung von energetischen Gebäudeparametern

<b>Maßnahme 3</b>	<b>Nutzung von städtebaulichen Verträgen zur Festlegung von energetischen Gebäudeparametern</b>
<b>Strategiefeld</b>	Steuerung und Mobilisierung
<b>Einfluss der Kommune</b>	Regulieren
<b>Beschreibung</b>	
<p>Durch städtebauliche Verträge können zukünftige und bestehende Versorgungsstrukturen über die Bauleitplanung hinaus mit privaten Investoren vereinbart werden. Ziel ist es hierbei, nachhaltige Versorgungsstrukturen zu schaffen, die mit der kommunalen Wärmeplanung im Einklang stehen. Im Fokus der Maßnahme steht neben dem Einsatz geeigneter Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden (beispielsweise Festlegung von Heizungstechnologien oder Nutzung von Aufdach-PV), auch die Festlegung energetischer Gebäudestandards sowie die objektbezogene Nutzung von unvermeidbarer Abwärme.</p>	
<b>Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduzierung des Wärmebedarfs durch Steigerung der Gebäudeeffizienz</li> <li>▪ Steuerung der Versorgungsarten von Gebäuden nach Erkenntnissen der Wärmeplanung</li> <li>▪ Reduzierung von Treibhausgasemissionen der Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden durch Einsatz erneuerbarer Energien</li> </ul>	
<b>Hauptverantwortliche Akteure</b>	Stadt Gießen
<b>Zeitliche Umsetzung</b>	Heute bis 2045
<b>Umsetzungsschritte und Meilensteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monitoring der Bauleitplanung in Bezug auf die Erkenntnisse und Ziele der Wärmeplanung, insbesondere der ermittelten Versorgungsstrukturen (Versorgungsgebiete)</li> <li>▪ Machbarkeitsprüfung (technisch und rechtlich) zur Festsetzung von Standards im Gebäudeenergiemanagement</li> <li>▪ Aufstellung Umsetzungs- und Finanzierungskonzept (Zielvereinbarung, Kosten, Träger, Förderung)</li> <li>▪ Absprache mit allen relevanten Akteuren</li> <li>▪ Vertragsentwurf und -verhandlung (Rechte/Pflichten, Kostenübernahme, Risikoteilung, Ziele)</li> <li>▪ Durchführung Beteiligungsverfahren (Bauleitplanung)</li> <li>▪ Beschlussfassung und Vertragsschluss</li> <li>▪ Genehmigungsverfahren (Behörden/Politik)</li> <li>▪ Monitoring und Evaluation der umgesetzten Festsetzung</li> <li>▪ Ggf. Anpassung der Vorgaben auf aktuelle Entwicklungen bei Zielabweichung</li> </ul>	
<b>Kosten im Rahmen der Umsetzung</b>	Verwaltungs-, Planungs-, Beratungs- und Genehmigungs- und Investitionskosten
<b>Betroffene Akteure und (Teil-) Kostenübernahme</b>	Stadt Gießen, Investoren/Bauherren
<b>Flankierende Aktivitäten</b>	Wechselwirkungen mit Maßnahmen 1, 5, 6

Tabelle 25: Maßnahmensteckbrief 4 - Ausrichtung der Projekt und Haushaltsplanungen auf Ansprüche der Wärmewende

<b>Maßnahme 4</b>	<b>Ausrichtung der Projekt- und Haushaltsplanungen auf Ansprüche der Wärmewende</b>
<b>Strategiefeld</b>	Steuerung und Mobilisierung
<b>Einfluss der Kommune</b>	Regulieren
<b>Beschreibung</b>	
Die Maßnahme umfasst die koordinierte Ausrichtung der Projekt- und Haushaltsplanungen aller beteiligten Fachämter auf die kurz-, mittel- und langfristigen Bedarfe der Wärmewende. Dies beinhaltet auch die systematische Budgetierung des erforderlichen Fachpersonals, um eine effiziente Umsetzung der Wärmewende zu gewährleisten.	
<b>Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erhöhung der Umsetzungssicherheit</li> <li>▪ Erhöhung der/Sicherung einer Planungs- und Umsetzungsqualität</li> <li>▪ Reduzierung der Planungs- und Umsetzungsdauer</li> </ul>	
<b>Hauptverantwortliche Akteure</b>	Stadt Gießen
<b>Zeitliche Umsetzung</b>	Heute bis 2045
<b>Umsetzungsschritte und Meilensteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abstimmung und Koordination aller relevanten Fachämter</li> <li>▪ Analyse Personal- und Budgetbedarf</li> <li>▪ Berücksichtigung in der Haushaltsplanung</li> <li>▪ Aufbau einer langfristigen Koordinations- und Steuerungsstruktur</li> <li>▪ Mittel- und langfristige Schulung und Qualifizierung des Fachpersonals</li> </ul>	
<b>Kosten im Rahmen der Umsetzung</b>	Verwaltungs- und Schulungskosten
<b>Betroffene Akteure und (Teil-) Kostenübernahme</b>	Stadt Gießen
<b>Flankierende Aktivitäten</b>	Wechselwirkungen mit Maßnahmen 1, 2, 3, 5, 6

Tabelle 26: Maßnahmensteckbrief 5 – Öffentlichkeitsarbeit zur Wärmewende

<b>Maßnahme 5</b>	<b>Öffentlichkeitsarbeit zur Wärmewende</b>
<b>Strategiefeld</b>	Steuerung und Mobilisierung
<b>Einfluss der Kommune</b>	Motivieren
<b>Beschreibung</b>	
<p>Mit der Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit zu wärmerrelevanten Themen soll die Akzeptanz und das Bewusstsein für die Notwendigkeit der Wärmewende gesteigert und gleichzeitig Möglichkeiten zur aktiven Beteiligung aufgezeigt werden. Die Öffentlichkeitsarbeit verfolgt damit neben dem Zweck der Information auch die Förderung von Motivation durch Beratung.</p>	
<b>Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigerung der Akzeptanz zur Durchführung von Maßnahmen</li> <li>▪ Reduzierung des Wärmebedarfs durch Energiesparen</li> <li>▪ Beeinflussung der Versorgungsarten von Gebäuden nach Erkenntnissen der Wärmeplanung</li> </ul>	
<b>Hauptverantwortliche Akteure</b>	Stadt Gießen
<b>Zeitliche Umsetzung</b>	Heute bis 2045
<b>Umsetzungsschritte und Meilensteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interaktive, öffentliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsgebiete</li> <li>▪ Bereitstellung von relevanten Informationen zur Wärmewende für die Öffentlichkeit</li> <li>▪ Weiterführung der Kampagne „Aufsuchende Energieberatung“</li> </ul>	
<b>Kosten im Rahmen der Umsetzung</b>	Verwaltungs-, Beratungs-, Kommunikationskosten
<b>Betroffene Akteure und (Teil-) Kostenübernahme</b>	Stadt Gießen
<b>Flankierende Aktivitäten</b>	Wechselwirkungen mit Maßnahmen 1, 2, 3

Tabelle 27: Maßnahmensteckbrief 6 - Entwicklung Monitoring- und Controllingkonzept

<b>Maßnahme 6</b>	<b>Entwicklung „Monitoring- und Controllingkonzept“</b>
<b>Strategiefeld</b>	Steuerung und Mobilisierung
<b>Einfluss der Kommune</b>	Regulieren
<b>Beschreibung</b>	
Nach § 25 des Wärmeplanungsgesetzes ist eine Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung alle 5 Jahre verpflichtend. Durch die Entwicklung eines Monitoring- und Controllingkonzepts soll die Kommunale Wärmeplanung nicht nur als aktueller Planungsstand bestehen bleiben, sondern fortlaufend überwacht, beurteilt und gegebenenfalls an auftretende Entwicklungen angepasst werden. Dadurch wird die Nachhaltigkeit der Planung gesichert und die Erreichung des Zielszenarios gefördert.	
<b>Beitrag zur Erreichung des Zielszenarios</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erhöhung der/Sicherung einer Planungs- und Umsetzungsqualität</li> <li>▪ Möglichkeit zur Anpassung an Entwicklungen</li> <li>▪ Aussagekräftige und aktuelle Entscheidungsgrundlage zur Durchführung von Maßnahmen</li> </ul>	
<b>Hauptverantwortliche Akteure</b>	Stadt Gießen
<b>Zeitliche Umsetzung</b>	Heute bis 2030
<b>Umsetzungsschritte und Meilensteine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definierung relevanter, zu überwachender Ziele des kommunalen Wärmeplans</li> <li>▪ Festlegung relevanter Parameter bzw. Indikatoren zur Überwachung der Ziele</li> <li>▪ Entwicklung geeigneter Methoden zur Überwachung der Indikatoren (Verfügbarkeit, Tools, Verarbeitung, Datenmanagement)</li> <li>▪ Abstimmung und Koordination mit allen relevanten Akteuren</li> <li>▪ Entwicklung von Handlungsstrategien/Mechanismen zur potentiellen Einflussnahme bei Zielabweichungen</li> <li>▪ Festlegung vollumfängliches Monitoring- und Controllingkonzept</li> </ul>	
<b>Kosten im Rahmen der Umsetzung</b>	Verwaltungs-, Planungs-, Beratungskosten
<b>Betroffene Akteure und (Teil-) Kostenübernahme</b>	Stadt Gießen
<b>Flankierende Aktivitäten</b>	Wechselwirkungen mit Maßnahme 1



## Fazit und Ausblick

Der Weg in eine klimaneutrale Zukunft stellt eine enorme Herausforderung dar, die nur durch entschlossenes Handeln und die Zusammenarbeit aller Akteure gemeistert werden kann. Besonders im Bereich der Wärmeversorgung sind die Aufgaben komplex und vielschichtig. Neben dem Verkehrssektor stellt die Wärmeversorgung in unserer Stadt eine der größten Emissionsquellen für Treibhausgase dar. Die Notwendigkeit einer Wärmewende, die sowohl die Klimaziele als auch die Versorgungssicherheit im Hinblick auf die Energiekrise berücksichtigt, ist daher drängender denn je. Die kommunale Wärmeplanung (KWP) stellt einen wichtigen Meilenstein auf diesem Weg dar und ist ein unverzichtbares strategisches Instrument, um die Transformation des Wärmesektors zielgerichtet und nachhaltig voranzutreiben.

Die Wärmeplanung bietet eine fundierte Grundlage, um nicht nur den Ausstoß von Treibhausgasen erheblich zu reduzieren, sondern auch die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und die Abhängigkeit von energiepolitisch unsicheren Ländern zu verringern. Gerade in Zeiten geopolitischer Spannungen und weltweiter Energiekrisen ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Wärmeversorgung langfristig stabil und resilient gestaltet wird. Der Ausbau erneuerbarer Wärmequellen und die Dekarbonisierung des Wärmesektors sind dabei wesentliche Bausteine für eine zukunftssichere und klimafreundliche Energieversorgung, die sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile mit sich bringt.

Die Vielzahl an Maßnahmen, die durch die KWP aufgezeigt werden, verdeutlicht, wie umfassend und vielfältig die Aufgaben sind, die durch die verschiedenen Akteure der Stadt angegangen werden müssen. Um die ambitionierten Ziele zu erreichen, ist ein hohes Maß an Engagement, Planung und enger Zusammenarbeit erforderlich. Dabei sind nicht nur die städtischen Verwaltungen gefragt, sondern auch Unternehmen, Bürger\*innen sowie die gesamte Wohnungswirtschaft. Die erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen kann gelingen, wenn diese verschiedenen Akteure zusammengebracht und ihre jeweiligen Interessen und finanziellen Möglichkeiten in den Planungsprozess einbezogen werden. Nur so können nachhaltige und tragfähige Lösungen entwickelt werden, die die Wärmewende auf breiter Basis vorantreiben.

Der erste Schritt, der mit der Umsetzung der prioritären Maßnahmen gemacht wird, ist nur der Beginn eines umfassenden, langfristigen Prozesses. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Wärmeplanung ist unerlässlich, um den sich ständig verändernden Rahmenbedingungen, technologischen Entwicklungen und neuen gesetzlichen Vorgaben gerecht zu werden. Eine regelmäßige Fortschreibung der KWP, spätestens alle fünf Jahre, ist dabei von zentraler Bedeutung. Diese Fortschreibungen müssen sicherstellen, dass die Strategie flexibel bleibt und auf künftige Herausforderungen angemessen reagiert werden kann.

Der Umbau der Wärmeversorgungsstruktur erfordert nicht nur eine präzise Planung, sondern auch erhebliche finanzielle Investitionen. Diese müssen sowohl von öffentlicher Seite als auch von privaten Akteuren – insbesondere Gebäudeeigentümer\*innen und Unternehmen – getragen

werden. Deshalb ist es von großer Bedeutung, die finanziellen und sozialen Gegebenheiten aller Akteure in die Planungsprozesse einzubeziehen, um Lösungen zu finden, die sowohl ökologisch als auch sozialverträglich sind. Eine vorzeitige Umstellung, etwa eine Dekarbonisierung der Fernwärme bis 2035, erfordert enorme Mehrinvestitionen für Betreiber wie auch Endverbraucher\*innen. Daher ist es entscheidend, ein ausgewogenes Tempo der Transformation zu finden, das sowohl ökologische als auch ökonomische Aspekte berücksichtigt.

Die Verlässlichkeit der Rahmenbedingungen ist ein weiterer entscheidender Faktor für den Erfolg der Wärmewende. Umso wichtiger ist es, dass die Landes- und Bundesebene stabile und langfristige Strukturen schafft, insbesondere im Hinblick gesetzliche Vorgaben und Förderprogramme. Nur so können Kommunen, Unternehmen und Bürger\*innen mit Planungssicherheit agieren und die notwendigen Investitionen und Anpassungen vornehmen. Ein langfristig angelegter, verlässlicher Rahmen ist die Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung und damit der Wärmewende.

Mit der frühzeitigen Initiierung und der Veröffentlichung als einer der ersten drei Wärmepläne im Bundesland nimmt Gießen eine Vorreiterrolle ein. Ziel der Projektbeteiligten war es, den Bürger\*innen, der Wohnungswirtschaft, den Energieberater\*innen, Schornsteinfeger\*innen sowie den Unternehmen eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu bieten. Diese dient als Basis für Investitionen, Beratungsgespräche und die Entwicklung zukunftsfähiger Lösungen. Die Wärmeplanung bündelt das notwendige Fachwissen und die Expertise, um eine nachhaltige, klimafreundliche Wärmeversorgung in unserer Stadt zu gewährleisten und bietet gleichzeitig Planungssicherheit für alle beteiligten Akteure.

Insgesamt symbolisiert die KWP nicht nur den Beginn der Wärmewende in Gießen, sondern stellt auch sicher, dass wir als Kommune die notwendigen Schritte in Richtung einer klimaneutralen und versorgungssicheren Zukunft unternehmen. Sie bietet einen langfristigen Ausblick und die Möglichkeit, die Wärmeversorgung zukunftsfähig zu gestalten – sowohl im Hinblick auf den Klimaschutz als auch auf die Sicherung der Energieversorgung in den kommenden Jahrzehnten.

## Literaturverzeichnis

- [1] ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: BSKO - Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland  
URL [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO\\_Methodenpapier\\_kurz\\_ifeu\\_Nov19.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf)
- [2] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden - Gebäudeenergiegesetz (GEG), 2023  
URL <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>
- [3] AGFW: Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 6: Emissionsfaktoren nach Arbeitswert- und Carnotmethode URL <https://www.agfw.de/technik-sicherheit/erzeugung-sektorkopplung-speicher/energetische-bewertung/geg-und-fernwaerme> - abgerufen am 05.01.2024 -
- [4] Mauch, Wolfgang; Corradini, Roger; Wiesemeyer, Karin; Schwentzek, Marco: Allokationsmethoden für spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen In: et – Energiewirtschaftliche Tagesfragen Bd. Vol. 60 (2010), Nr. 09/2010, S. 12–16 — ISSN 0013-743X
- [5] Kelm, Thorsten; Schonlau, Marcel; Pitz, Nathalie; Klein, Ulrike: Semiautomatisches Verfahren zur Ableitung von Baublöcken  
URL [https://www.smartdemography.de/fileadmin/media/smartdemography/dokumente/2019-04-11-AbleitungVonBaubloecken\\_Kelm.pdf](https://www.smartdemography.de/fileadmin/media/smartdemography/dokumente/2019-04-11-AbleitungVonBaubloecken_Kelm.pdf)
- [6] Behr, Sophie; Küçük, Merve; Neuhoff, Karsten: DIW aktuell: Energetische Sanierung von Gebäuden  
URL [https://www.diw.de/de/diw\\_01.c.868221.de/publikationen/diw\\_aktuell/2023\\_0087/energetische\\_sanierung\\_von\\_gebaeuden\\_kann\\_durch\\_mindeststandards\\_und\\_verbindliche\\_sanierungsziele\\_beschleunigt\\_werden.html](https://www.diw.de/de/diw_01.c.868221.de/publikationen/diw_aktuell/2023_0087/energetische_sanierung_von_gebaeuden_kann_durch_mindeststandards_und_verbindliche_sanierungsziele_beschleunigt_werden.html) - abgerufen am 11.11.2024 -
- [7] Boston Consulting Group GmbH: Klimapfade 2.0 - Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft URL <https://web-assets.bcg.com/58/57/2042392542079ff8c9ee2cb74278/klimapfade-study-german.pdf> - abgerufen am 11.07.2023 -
- [8] Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG): Geodaten Online - Basis-Landschaftsmodell URL [https://gds.hessen.de/INTERSHOP/web/WFS/HLBG-Geodaten-Site/de\\_DE/-/EUR/ViewDownloadcenter-Start?path=Digitales%20Landschaftsmodell](https://gds.hessen.de/INTERSHOP/web/WFS/HLBG-Geodaten-Site/de_DE/-/EUR/ViewDownloadcenter-Start?path=Digitales%20Landschaftsmodell) - abgerufen am 11.07.2023 -
- [9] Stadt Gießen: rechtskräftige Bebauungspläne der Stadt Gießen  
URL <https://www.giessen.de/Rechtskr%C3%A4ftige-Bebauungspl%C3%A4ne>
- [10] Rumohr, Sven; Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Erdwärmennutzung in Hessen - Leitfaden für Erdwärmesondenanlagen zum Heizen und Kühlen, 2019 — ISBN 978-3-89026-388-5  
URL [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/geologie/erdwaerme/Leitfaden\\_Erdwaerme\\_6.\\_Auflage\\_gesamt.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/geologie/erdwaerme/Leitfaden_Erdwaerme_6._Auflage_gesamt.pdf) - abgerufen am 17.07.2023 -
- [11] HG Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH: Hydrogeologische Machbarkeitsstudie „Geothermie“ - Prüfung und Bewertung von Möglichkeiten zur Nutzung des Untergrunds für die Temperierung von Gebäuden im Stadtgebiet von Gießen

- [12] Umweltministerium Baden-Württemberg: Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen URL <https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/sites/default/files/public/lgrbwissen/dokumente/1leitfadenerdwaermegrundwasserwaermepumpen.pdf> - abgerufen am 27.07.2023 -
- [13] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Trinkwassergewinnung - Uferfiltrat URL [https://www.lfu.bayern.de/wasser/trinkwasser\\_quelle\\_verbraucher/trinkwassergewinnung/uferfiltrat/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/wasser/trinkwasser_quelle_verbraucher/trinkwassergewinnung/uferfiltrat/index.htm) - abgerufen am 04.05.2023 -
- [14] Staatsanzeiger-Hessen: 2014\_Verordnung\_StAnz-Hessen-Ausgabe-2014-17\_Anforderungen\_des\_Gewässerschutzes\_an\_Erdwärmesonden.pdf (2014), Nr. Nr. 17, S. 383–387 — ISSN 0724-7885
- [15] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: HLNUG - Geofachanwendungen (WebGIS) URL <https://www.hlnug.de/themen/geografische-informationssysteme/gis-anwendungen/gis-auskunftssysteme> - abgerufen am 04.05.2023 -
- [16] UBeG Dr. E. Mands & Dipl-Geol. M. Sauer GbR: Kurzstudie Geothermie - Stadtwerke Gießen (Projektnummer 1645-2455)
- [17] Eavor Erdwärme Geretsried GmbH: Eavor-Loop Geothermie für Wärme und Strom in Geretsried URL <https://eavor-geretsried.de/> - abgerufen am 04.05.2023 -
- [18] Borchardt, Steve: Wärmetechnische Nutzung von Fließgewässern Gastbeitrag der Technischen Universität Darmstadt In: Journal für Arbeitsschutz und Umwelt (2018), Nr. Dezember 2018 URL [https://rp-darmstadt.hessen.de/sites/rp-darmstadt.hessen.de/files/2022-04/journal\\_ausgabe6\\_final\\_0.pdf](https://rp-darmstadt.hessen.de/sites/rp-darmstadt.hessen.de/files/2022-04/journal_ausgabe6_final_0.pdf) - abgerufen am 24.07.2023 -
- [19] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Messdatenportal URL <https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal/messstelle/4/6/218> - abgerufen am 31.05.2023 -
- [20] Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV): Ergebnistabelle Maßnahmenprogramm Oberflächengewässer - Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen URL [https://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/4\\_oeffentlichkeitsbeteiligung/e\\_masnahmenprogramm/13\\_mp\\_anhang3\\_1\\_vers03.pdf](https://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/4_oeffentlichkeitsbeteiligung/e_masnahmenprogramm/13_mp_anhang3_1_vers03.pdf) - abgerufen am 09.05.2023 -
- [21] Mittelhessische Wasserbetriebe: Klärwerk - Zahlen und Fakten URL <https://www.mwb-giessen.de/ueber-uns/zahlen-und-fakten/klaerwerk> - abgerufen am 25.05.2023 -
- [22] Mittelhessische Wasserbetriebe: Übersicht Klärwerk URL <https://www.mwb-giessen.de/abwasser/klaerwerk/uebersicht> - abgerufen am 26.06.2023 -
- [23] DWA-Arbeitsgruppe KEK-7.2 „Abwasserwärmenutzung“; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hrsg.): DWA-Regelwerk M 114 Abwasserwärmenutzung, DWA-Regelwerk. 1. Aufl. Hennef : Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 2020 — ISBN 978-3-88721-894-2
- [24] Ratgeber Energie aus Abwasser URL [https://www.waermepumpe.de/uploads/tx\\_bcpagflip/Ratgeber-Abwasser\\_WEB.pdf](https://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bcpagflip/Ratgeber-Abwasser_WEB.pdf) - abgerufen am 25.04.2023 -

- [25] Blömer, S.; Schoor, B.; Baumann, P.; Keller, J.; Maier, W.; Münch, K.; Reinhardt, T.: Potenzial der Abwasserwärmenutzung aus dem Auslauf von Kläranlagen In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (2023), Nr. 2, S. 106–113 — ISSN 1866-0029 — DOI 10.3242/kae2023.02.003
- [26] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Potenzialstudie Industrielle Abwärme  
URL [https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/presse/dokumente/LANUV\\_Fachbericht\\_96.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/presse/dokumente/LANUV_Fachbericht_96.pdf) - abgerufen am 21.06.2023 -
- [27] Stark, S.; Ulthoff, F.; Miller, J.; AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V: Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung  
URL [https://www.agfw.de/fileadmin/AGFW\\_News\\_Mediadateien/Energiewende\\_Politik/agfwleitfaden\\_ansicht\\_es.pdf](https://www.agfw.de/fileadmin/AGFW_News_Mediadateien/Energiewende_Politik/agfwleitfaden_ansicht_es.pdf) - abgerufen am 09.06.2023 -
- [28] Aydemir, A.; Doderer, H.; Hoppe, F.; Braungardt, S.: Abwärmenutzung in Unternehmen in Baden-Württemberg  
URL [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2021/Abw%C3%A4rmnutzung\\_in\\_Unternehmen.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2021/Abw%C3%A4rmnutzung_in_Unternehmen.pdf) - abgerufen am 18.06.2023 -
- [29] Regierungspräsidium Gießen: Teilregionalplan Energie Mittelhessen 2016/2020  
URL [https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-07/1\\_trpem\\_2016\\_2020\\_text.pdf](https://rp-giessen.hessen.de/sites/rp-giessen.hessen.de/files/2022-07/1_trpem_2016_2020_text.pdf) - abgerufen am 28.12.2023 -
- [30] Landes Energie Agentur Hessen: Bürgerforum Energiewende in Hessen - Interkommunale Windparkplanung Fernwald / Buseck / Gießen URL <https://www.buergerforum-energiewende-hessen.de/fernewald> - abgerufen am 25.07.2023 -
- [31] Regierungspräsidium Gießen: Regionalplan Mittelhessen 2010 URL <https://rp-giessen.hessen.de/wirtschaft-und-planung/regionalplanung/regionalplan-mittelhessen>
- [32] Enercon: Produktdetails E-175 EP5 URL <https://www.enercon.de/en/products/ep-5/e-136-ep5/> - abgerufen am 25.07.2023 -
- [33] Stetz, Dr Thomas; Lechner, Dr Stefan; Schröder, Dr Cathrin; Koch, Hannes; Hofmann, Martin; Völzel, Constantin: Projektbericht Kommun:E . — Förderkennzeichen 13FH085PX6
- [34] Meyer, Alexander: Standortuntersuchung, Planung und wirtschaftliche Betrachtung einer Wasserkraftanlage am Stadtwerke-Lahnwehr in Gießen Friedberg, Technische Hochschule Mittelhessen, Masterthesis, 2021
- [35] Peters, Max; Steidle, Thomas; Böhnisch, Helmut: Handlungsleitfaden kommunale wärmeplanung URL [https://www.kea-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/094\\_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf](https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf). — Citation Key: kea-bw2021handlungsleitfaden
- [36] Müller-Syring, G.; Henel, M.; Poltrum, M.; Wehling, A.; Dannenberg, E.; Glandien, J.; Krause, H.; Zdrallek, M.; u. a.: Transformationspfade zur treibhausgasneutralität der gasnetze und gasspeicher nach COP21 URL <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsbericht-g-201624/> - abgerufen am 07.12.2023 -. — Citation Key: tp2018
- [37] Bundesregierung Deutschland: Entwurf des gesetzes für die wärmeplanung und zur dekarbonisierung der wärmenetze (wärmeplanungsgesetz - WPG) . — Citation Key: brd2023wpg-beschlussfassung



- [38] Mischner, Jens: Gastransport- und gasverteilungssysteme . In: Rohrleitungen : Springer Berlin Heidelberg, 2015. — Citation Key: mischner2015in-rohrleitungen
- [39] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW): Herkunft und verwertung von biogas . — Citation Key: dvgw2022g439
- [40] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW): Anforderungen an die qualifikation und die organisation von betreibern von anlagen zur erzeugung, fortleitung, aufbereitung, konditionierung oder einspeisung von biogas . — Citation Key: dvgw2023g1030
- [41] Erler, R.; Lehnert, F.; Grube, E.; Ortloff, F.; Müller, C.; Feldpausch-Jägers, S.; Tali, E.; Burmeister, F.: Gesamtpotenzial EE-Gase - ermittlung des gesamtpotentials erneuerbarer gase zur einspeisung ins deutsche erdgasnetz . — Citation Key: Erler2019
- [42] Luderer, Gunnar; Kost, Christoph; Sörgel, Dominika; Günther, Claudia; Benke, Falk; Auer, Cornelia; Koller, Florian; Herbst, Andrea; u. a.: Deutschland auf dem weg zur klimaneutralität 2045: Szenarien und pfade im modellvergleich  
URL <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-2045-szenarienreport/> - abgerufen am 12.12.2023 -. — Citation Key: pik2021
- [43] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende  
URL [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261\\_dena-Leitstudie\\_Integrierte\\_Energiewende\\_lang.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf) - abgerufen am 28.09.2023 -
- [44] Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (ewi): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität URL [https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2022/03/211005\\_EWI-Gutachterbericht\\_dena-Leitstudie-Aufbruch-Klimaneutralitaet.pdf](https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2022/03/211005_EWI-Gutachterbericht_dena-Leitstudie-Aufbruch-Klimaneutralitaet.pdf) - abgerufen am 28.09.2023 -
- [45] Bundesregierung: Die Nationale Wasserstoffstrategie  
URL [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile) - abgerufen am 28.09.2023 -
- [46] Bundesregierung: Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie  
URL [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=9) - abgerufen am 28.09.2023 -
- [47] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK): Gesetz zur wasserstoff-netzplanung und kernnetz-finanzierung beschlossen  
URL <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/11/20231115-gesetz-zur-wasserstoff-netzplanung-und-kernnetz-finanzierung-beschlossen.html>. — Citation Key: bmwk2023wasserstoff-netzplanung
- [48] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V: Entwurf antrag wasserstoff-kernnetz  
URL [https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2023/11/2023\\_11\\_15\\_Entwurf\\_Antrag\\_Wasserstoff-Kernnetz\\_final.pdf](https://fnb-gas.de/wp-content/uploads/2023/11/2023_11_15_Entwurf_Antrag_Wasserstoff-Kernnetz_final.pdf).  
— Citation Key: fnb-gas2023antragsentwurf
- [49] Ernst & Young Real Estate GmbH: Technische machbarkeitsstudie zum aufbau eines regionalen wasserstoff-backbones im rhein-main-gebiet  
URL <https://wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2023-08/2023-08-Technische%20Machbarkeitsstudie%20Wasserstoff-Regionalnetz%20Rhein-Main.pdf>.  
— Citation Key: lea2023h2backbone-rmv

- [50] KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA-BW): Kommunale wärmeplanung - einführung technikkatalog URL [https://www.kea-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Waermewende/Wissensportal/KEA-BW\\_Einfuehrung\\_Technikkatalog.pdf](https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/KEA-BW_Einfuehrung_Technikkatalog.pdf) - abgerufen am 12.12.2023 -. — Citation Key: kea-bw2023technikkatalog
- [51] Thomsen, Jessica; Lenz, Matthias; andere: Bottom-up studie zu pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen dekarbonisierung des wärmesektors . — Citation Key: fh-ise-iee2022bottomup
- [52] Reinholz, Toni; Völler, Klaus; Müller-Syring, Gert; Poltrum, Marek; Knorr, Christopher; Krause, Heiko; Rudolph, Thomas; Pietsch, Philipp; u. a.: Branchenbarometer biomethan 2023 URL <https://www.dena.de/newsroom/biomethan-herausforderungen-bei-erzeugung-und-handel/> - abgerufen am 12.12.2023 -. — Citation Key: dena2023branchenbarometer-biomethan
- [53] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze, 2024 URL [https://www.recht.bund.de/eli/bund/bgbl\\_1/2023/394](https://www.recht.bund.de/eli/bund/bgbl_1/2023/394) - abgerufen am 05.01.2024 -
- [54] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Kurzinformation Heiztechnik: Stromdirektheizung URL [https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/geg-wpg/kurzinfo-stromdirektheizung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/geg-wpg/kurzinfo-stromdirektheizung.pdf?__blob=publicationFile&v=3) - abgerufen am 30.12.2024 -
- [55] Stiftung Klimaneutralität; Agora Energiewende; Agora Verkehrswende: Klimaneutrales Deutschland 2045\_Langfassung URL [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE\\_2045\\_Langfassung/Klimaneutrales\\_Deutschland\\_2045\\_Langfassung.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045_Langfassung/Klimaneutrales_Deutschland_2045_Langfassung.pdf)
- [56] Agora Energiewende: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2023 URL [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-35\\_DE\\_JAW23/A-EW\\_317\\_JAW23\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-35_DE_JAW23/A-EW_317_JAW23_WEB.pdf)

## Anhang

Anhang 1: Kriterienkatalog zur Flächenanalyse für Photovoltaik-FFA

<b>Photovoltaik-FFA</b>		
<b>Kriterium</b>	<b>Anmerkung</b>	<b>Abstand</b>
<b>[-]</b>	<b>[-]</b>	<b>[m]</b>
<b>Basis</b>		
Ackerland		
Grünland		
Verkehrsbegleitfläche (Straßen/Schienen)		
Vegetationslose Fläche		
<b>Zusatz</b>		
Bundesautobahnen (Bestand)	EEG-Förderfläche	500
Schienen des übergeordneten Netzes mit min. 2 parallelen Gleisen (Bestand)	EEG-Förderfläche	500
Landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete (ohne Natura2000-Flächen)	EEG-Förderfläche	
<b>Ausschluss</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete Siedlung (Bestand)		100
Vorranggebiete Siedlung (Planung)		100
Wohnbauflächen (Innen- und Außenbereich)		100
Flächen gemischter Nutzung (Innen- und Außenbereich)		100
Flächen besonderer funktionaler Prägung (Innen- und Außenbereich)		100
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Innen- und Außenbereich)		100
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Bestand)		
Straßen (Bestand)		
Schienen (Bestand)		
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Vorranggebiete für Natur und Landschaft		
Naturschutzgebiete		
FFH-Gebiete		
Naturdenkmale (flächenhaft)		
Biosphärenreservate (Kernzone I + Pflegezone II)		
Nationalparks		
Gesetzlich Geschützte Biotope (Bundesebene)		
Vorranggebiete für Forstwirtschaft		
<b>Wasserschutz</b>		
Standgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Fließgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Vorranggebiete für vorbeugenden Hochwasserschutz		
Überschwemmungsgebiete		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone I)		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone II)		
Hochwasserrisikogebiet (HQ10)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Kernzone)		
<b>Restriktion</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Planung)		
Bundesautobahnen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	40
Bundesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	20
Landesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20

Kreisstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft		
Vogelschutzgebiete*		
Kompensationsflächen (Maßnahmen/ Ökokonto)		
Landschaftsschutzgebiete		
Biosphärenreservate (Entwicklungszone III)		
RAMSAR-Gebiete		
Vorranggebiete für Landwirtschaft (Boden mit hohem Ertrag)		
Vorbehaltsgebiete für Forstwirtschaft		
Naturparks		
Vorranggebiete regionaler Grünzug		
Waldflächen	Waldsaum	30
<b>Bodenschutz</b>		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Bestand)		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Planung)		
Vorbehaltsgebiete oberflächennaher Lagerstätten		
Hanglagen (Nordwest - Nordost $\geq$ 5%, Sonstige $\geq$ 12%)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Pufferzone)		
Bodendenkmale (Punkte)		100
Überörtliche Erholungsschwerpunkte		500
Gesamtanlagen		500
<b>Sonstige</b>		
Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen		
Vorranggebiete Bund		
Vorranggebiete Wind		

*\*Die Fläche des Vogelschutzgebietes „Wieseckau“ wurde aufgrund bekannter, artenschutzrechtlicher Unzulässigkeiten als Potentialfläche ausgeschlossen.*

Anhang 2: Kriterienkatalog zur Flächenanalyse für Solarthermie-FFA

<b>Solarthermie-FFA</b>		
<b>Kriterium</b>	<b>Anmerkung</b>	<b>Abstand</b>
<b>[-]</b>	<b>[-]</b>	<b>[m]</b>
<b>Basis</b>		
Ackerland		
Grünland		
Verkehrsbegleitfläche (Straßen/Schienen)		
Vegetationslose Fläche		
<b>Zusatz</b>		
Fernwärmenetz	Eignungsgebiet	500
<b>Ausschluss</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete Siedlung (Bestand)		100
Vorranggebiete Siedlung (Planung)		100
Wohnbauflächen (Innen- und Außenbereich)		100
Flächen gemischter Nutzung (Innen- und Außenbereich)		100
Flächen besonderer funktionaler Prägung (Innen- und Außenbereich)		100
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Innen- und Außenbereich)		100
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Bestand)		
Straßen (Bestand)		
Schienen (Bestand)		
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Vorranggebiete für Natur und Landschaft		
Naturschutzgebiete		
FFH-Gebiete		
Naturdenkmale (flächenhaft)		
Biosphärenreservate (Kernzone I + Pflegezone II)		
Nationalparks		
Gesetzlich Geschützte Biotope (Bundesebene)		
Vorranggebiete für Forstwirtschaft		
<b>Wasserschutz</b>		
Standgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Fließgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Vorranggebiete für vorbeugenden Hochwasserschutz		
Überschwemmungsgebiete		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone I)		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone II)		
Hochwasserrisikogebiet (HQ10)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Kernzone)		
<b>Restriktion</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Planung)		
Bundesautobahnen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	40
Bundesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	20
Landesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
Kreisstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft		
Vogelschutzgebiete*		
Kompensationsflächen (Maßnahmen/ Ökokonto)		
Landschaftsschutzgebiete		

Biosphärenreservate (Entwicklungszone III)		
RAMSAR-Gebiete		
Vorranggebiete für Landwirtschaft (Boden mit hohem Ertrag)		
Vorbehaltsgebiete für Forstwirtschaft		
Naturparks		
Vorranggebiete regionaler Grünzug		
Waldflächen	Waldsaum	30
<b>Bodenschutz</b>		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Bestand)		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Planung)		
Vorbehaltsgebiete oberflächennaher Lagerstätten		
Hanglagen (Nordwest - Nordost >= 5%, Sonstige >= 12%)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Pufferzone)		
Bodendenkmale (Punkte)		100
Überörtliche Erholungsschwerpunkte		500
Gesamtanlagen		500
<b>Sonstige</b>		
Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen		
Vorranggebiete Bund		
Vorranggebiete Wind		

*\*Die Fläche des Vogelschutzgebietes „Wieseckau“ wurde aufgrund bekannter, artenschutzrechtlicher Unzulässigkeiten als Potentialfläche ausgeschlossen.*



Anhang 3: Kriterienkatalog zur Flächenanalyse für oberflächennahe Geothermie zur zentralen Nutzung

<b>Oberflächennahe Geothermie (zentrale Nutzung)</b>		
<b>Kriterium</b>	<b>Anmerkung</b>	<b>Abstand</b>
<b>[-]</b>	<b>[-]</b>	<b>[m]</b>
<b>Basis</b>		
Ackerland		
Grünland		
Verkehrsbegleitfläche (Straßen/Schienen)		
Vegetationslose Fläche		
<b>Zusatz</b>		
Fernwärmenetz	Eignungsgebiet	500
<b>Ausschluss</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete Siedlung (Bestand)		100
Vorranggebiete Siedlung (Planung)		100
Wohnbauflächen (Innen- und Außenbereich)		100
Flächen gemischter Nutzung (Innen- und Außenbereich)		100
Flächen besonderer funktionaler Prägung (Innen- und Außenbereich)		100
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Innen- und Außenbereich)		100
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Bestand)		
Straßen (Bestand)		
Schienen (Bestand)		
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Vorranggebiete für Natur und Landschaft		
Naturschutzgebiete		
FFH-Gebiete		
Naturdenkmale (flächenhaft)		
Biosphärenreservate (Kernzone I + Pflegezone II)		
Nationalparks		
Gesetzlich Geschützte Biotope (Bundesebene)		
Vorranggebiete für Forstwirtschaft		
<b>Wasserschutz</b>		
Standgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Fließgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Vorranggebiete für vorbeugenden Hochwasserschutz		
Überschwemmungsgebiete		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (wasserwirtschaftlich unzulässig)	WSG I, II, III / IIIA HQSG I, II, III, III/1, A	
Hochwasserrisikogebiet (HQ10)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Kernzone)		
<b>Restriktion</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Planung)		
Bundesautobahnen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	40
Bundesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	20
Landesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
Kreisstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft		
Vogelschutzgebiete*		
Kompensationsflächen (Maßnahmen/ Ökokonto)		
Landschaftsschutzgebiete		
Biosphärenreservate (Entwicklungszone III)		

RAMSAR-Gebiete		
Vorranggebiete für Landwirtschaft (Boden mit hohem Ertrag)		
Vorbehaltsgebiete für Forstwirtschaft		
Naturparks		
Vorranggebiete regionaler Grünzug		
Waldflächen	Waldsaum	30
<b>Wasserschutz</b>		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (wasserwirtschaftlich ungünstig)	WSG IIIB HQSG III/2, B	
<b>Bodenschutz</b>		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Bestand)		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Planung)		
Vorbehaltsgebiete oberflächennaher Lagerstätten		
Hanglagen (Nordwest - Nordost >= 5%, Sonstige >= 12%)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Pufferzone)		
Bodendenkmale (Punkte)		100
Überörtliche Erholungsschwerpunkte		500
Gesamtanlagen		500
<b>Sonstige</b>		
Vorbehaltsgebiete für besondere Klimafunktionen		
Vorranggebiete Bund		
Vorranggebiete Wind		

*\*Die Fläche des Vogelschutzgebietes „Wieseckau“ wurde aufgrund bekannter, artenschutzrechtlicher Unzulässigkeiten als Potentialfläche ausgeschlossen.*

Anhang 4: Kriterienkatalog zur Flächenanalyse für Windkraftanlagen

Kriterium	Anmerkung	Abstand
[-]	[-]	[m]
<b>Basis</b>		
Ackerland		
Grünland		
Verkehrsbegleitfläche (Straßen/Schienen)		
Vegetationslose Fläche		
Waldflächen		
Gehölz		
<b>Ausschluss</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Vorranggebiete Siedlung (Bestand)		1.000
Vorranggebiete Siedlung (Planung)		1.000
Wohnbauflächen (Innen- und Außenbereich)		1.000
Flächen gemischter Nutzung (Innen- und Außenbereich)		600
Flächen besonderer funktionaler Prägung (Innen- und Außenbereich)		600
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Innen- und Außenbereich)		600
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Bestand)		
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Planung)		
Straßen (Bestand)		
Bundesautobahnen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	40
Bundesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone FStrG	20
Landesstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
Kreisstraßen (Bestand)	Anbauverbotszone HStrG	20
Schienen (Bestand)		10
Seilbahnen		100
Freileitungen (Hochspannung) - (Bestand)		100
Wetterradarstation		5.000
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Naturschutzgebiete		
Naturdenkmale (flächenhaft)		
Biosphärenreservate (Kernzone I + Pflegezone II)		
Nationalparks		
Nationale Naturmonumente		
<b>Wasserschutz</b>		
Standgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Fließgewässer	inkl. Gewässerrandstreifen	10
Überschwemmungsgebiete		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone I)		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone II)		
<b>Bodenschutz</b>		
Hanglagen (>= 30%)		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Kernzone)		
<b>Sonstige</b>		
Rieselfelder		
Militärisch genutzte Gelände (in Betrieb)		
<b>Restriktion</b>		
<b>Siedlung und Infrastruktur</b>		
Flächen gemischter Nutzung (Innen- und Außenbereich)		1.000
Flächen besonderer funktionaler Prägung (Innen- und Außenbereich)		1.000
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen (Innen- und Außenbereich)		1.000
Vorranggebiete IndustrieUndGewerbe (Planung)		300

Industrie- und Gewerbeflächen		300
Bundesautobahnen (Bestand)	Anbaubeschränkungszone FStrG	100
Bundesstraßen (Bestand)	Anbaubeschränkungszone FStrG	40
Landesstraßen (Bestand)	Anbaubeschränkungszone HStrG	40
Kreisstraßen (Bestand)	Anbaubeschränkungszone HStrG	40
Schienen (Bestand)		100
Flughafen (Bezugspunkt)	Bauschutzbereich	15.000
Flugplatz/Landeplatz (Bezugspunkt)	beschränkter Bauschutzbereich	4.000
Flugsicherungseinrichtungen (zivil/militärisch)	Spez. Abstandszone	
Seismologische Messstationen (GRSN-Netz)		6.000
Seismologische Messstationen (HED-Netz)		6.000
<b>Natur, Landschaft und Artenschutz</b>		
Gesetzlich Geschützte Biotope (Bundesebene)		
Landschaftsschutzgebiete		
Biosphärenreservat Rhön (Entwicklungszone III)		
RAMSAR-Gebiete		
IBA (Important Bird Areas)		
FFH-Gebiete		
Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft		
Vogelschutzgebiet		
Kompensationsflächen (Maßnahmen)		
Kompensationsflächen (Ökokonto)		
Naturparks		
Feuchtlebensräume (Kernräume)		
Trockenlebensräume (Kernräume)		
Waldlebensräume (Kernräume)		
Flussauen		
Bannwald**		
Schutzwald**		
Erholungswald**		
<b>Wasserschutz</b>		
Wasserschutzgebiete – Trinkwasser- und (qualitative) Heilquellenschutzgebiete (Zone III)		
<b>Bodenschutz</b>		
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Bestand)		300
Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Planung)		300
Vorbehaltsgebiete oberflächennaher Lagerstätten		
<b>Kulturgüter</b>		
UNESCO Welterbestätten (Pufferzone)		
Überörtliche Erholungsschwerpunkte		1.000
Gesamtanlagen*		1.000
Bodendenkmale (Punkte)		100
<b>Sonstige</b>		
Vorranggebiete Bund		

*\*Die Gesamtanlage des „Kloster Schiffenberg“ wurde aufgrund der hohen regionalen Bedeutsamkeit als Ausschlusskriterium mit einem Abstand von 1.000 m festgelegt.*

*\*\* Für Schutzwälder konnten keine zentral verfügbaren Geofachdaten bezogen werden. Die aufgeführten Kriterien sind daher nicht in der Flächenanalyse berücksichtigt*



Anhang 5: Anschreiben und Seite 1 des Fragebogens zur Abfrage bestehender Möglichkeiten zur Abwärmenutzung

MIT ENERGIE. FÜR DIE REGION.



Stadtwerke Gießen AG, Postfach 10 09 53, 35339 Gießen

An den Energiebeauftragten in Ihrem Unternehmen

**Wärmeversorgung**  
 AP Hr. Sascha-Michael Puhl  
 T +49 (641) 309 2183  
 E abwaerme@stadtwerke-giessen.de

29. März 2023

**Abfrage bestehender Möglichkeiten zur Abwärmenutzung aus Ihrem Betrieb**

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Stadt Gießen hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2035 bilanziell klimaneutral zu werden. Eine Kernaufgabe der nächsten Jahre ist es, die Nah- und Fernwärmenetze im erweiterten Gießener Stadtgebiet auszubauen und effizienter zu gestalten, wofür alle nachhaltig verfügbaren Wärmequellen zu erschließen sind.

Die unvermeidbare Abwärme, die in fast allen Wirtschaftsbereichen entsteht und bisher noch meist ungenutzt ist, soll ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Wärmeversorgung werden. **Es ergibt sich für Ihr Unternehmen durch den Verkauf von Abwärme die Chance auf eine zusätzliche Einnahmequelle.** Vor einer zukünftigen Potenzialerschließung müssen Ihre Potenziale zunächst erfasst und ausgewertet werden, was durch den mitgeschickten Fragebogen geschehen soll. Die Stadtwerke Gießen AG hat die TransMIT GmbH, Gießen mit der Abfrage der Abwärmepotenziale beauftragt. Ihre Daten werden selbstverständlich vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Indem Sie vor dem Ausfüllen des Fragebogens alle relevanten Betriebsbereiche intensiv beleuchten, lernen Sie Ihr eigenes Abwärmepotenzial kennen und tragen somit zum Gelingen der Wärmewende und CO<sub>2</sub>-Neutralität in Gießen bei. Womöglich denken Sie, dass nur energieintensive Firmen die Anforderungen für die Einspeisung ins Wärmenetz erfüllen. Wir können durch Wärmepumpen-Technologie auch Abwärmemengen auf sehr niedrigem Temperaturniveau für unsere Wärmenetze nutzbar machen- jede Abwärmequelle zählt, egal ob heiße Abgase oder Kühlwasser mit nur 10 °C.

Nach Eingang und Auswertung der Fragebögen melden wir uns voraussichtlich ab August 2023 bei Ihnen mit einer Einschätzung zu möglicher Erschließung Ihres Abwärmepotenzials zurück. **Wir bitten um Rücksendung bis zum 15. April 2023.** Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen

*(Handwritten signatures)*

Vorstand: Matthias Funk, Jens Schmidt | Aufsichtsrat: Alexander Wöhl | (unvollständig und abgemittelt)  
 Hauptanschrift: Stadtwerke Gießen AG | Lahmstraße 31 | 35398 Gießen | Telefon 0641 708-0 | Fax: Gießen | AG Gießen | HRB 3908  
 Bankverbindung: Sparkasse Gießen | IBAN DE48 5135 0025 0200 5100 02 | BIC SKGI3333  
 Vorbank Mittelthesen eG | IBAN DE83 5139 0000 0000 0172 05 | BIC VMHND333



MIT ENERGIE. FÜR DIE REGION.



**Fragebogen Abwärmepotenzial für Wärmenetze in Gießen**

**Seite 1/3 Allgemeine Daten**

**Ausfüllhilfe:** Bitte verwenden Sie bei mehr als zwei Abwärmequellen die „Seite 2/3 Abwärmequellen“ mehrfach. Bitte tragen Sie jede Abwärmequellen auch in die Liste der Abwärmequellen auf „Seite 1/3 Allgemeine Daten“ ein.

**Firmendaten**

Firmenname	
Straße/Hausnummer	
PLZ/Ort	
Rechtsform	
Ansprechpartner*in	
Telefon	
E-Mail-Adresse	

**Angaben zum Energiebedarf und -verbrauch nach Hessischem Energiegesetz (HEG) § 13 Kommunale Wärmeplanung**

Zeitraum der Erfassung [DD.MM.YY] von: \_\_\_\_\_ bis: \_\_\_\_\_

Endenergieverbrauch in MWh pro Jahr \_\_\_\_\_ MWh

Wärmeenergiebedarf oder -verbrauch in MWh pro Jahr \_\_\_\_\_ MWh

Art der Wärmeenergiebedarfsdeckung

Fossile Brennstoffe  Elektrische Energie  Erneuerbare Energien  Kraft-Wärme-Kopplung

a) aus erneuerbaren Energien in MWh pro Jahr \_\_\_\_\_ MWh

b) aus Kraft-Wärme-Kopplung in MWh pro Jahr \_\_\_\_\_ MWh

Anfallende Abwärme in MWh pro Jahr \_\_\_\_\_ MWh

**Abwärmequellen, jeweils auszuführen in Modul 2**

Abwärmequelle	Medium	Prozess (z.B. Produktkühlung)	Prinzipielle Bereitschaft Abwärme auszukoppeln / abzugeben / zu verkaufen
<input type="checkbox"/> Abwärmequelle 1			
<input type="checkbox"/> Abwärmequelle 2			
<input type="checkbox"/> Abwärmequelle 3			
<input type="checkbox"/> Abwärmequelle 4			
<input type="checkbox"/> Abwärmequelle 5			
<input type="checkbox"/> Abwärmequelle 6			

Vorstand: Matthias Funk, Jens Schmidt | Aufsichtsrat: Alexander Wöhl | (unvollständig und abgemittelt)  
 Hauptanschrift: Stadtwerke Gießen AG | Lahmstraße 31 | 35398 Gießen | Telefon 0641 708-0 | Fax: Gießen | AG Gießen | HRB 3908  
 Bankverbindung: Sparkasse Gießen | IBAN DE48 5135 0025 0200 5100 02 | BIC SKGI3333  
 Vorbank Mittelthesen eG | IBAN DE83 5139 0000 0000 0172 05 | BIC VMHND333





Anhang 6: Seite 2 und Seite 3 des Fragebogens zur Abfrage bestehender Möglichkeiten zur Abwärmenutzung



Seite 2/3 Abwärmequellen

Abwärmequelle						
Medium	<input type="checkbox"/>	Abluft	<input type="checkbox"/>	Dampf	<input type="checkbox"/>	Abwasser
	<input type="checkbox"/>	Gasförmig (z.B. Abgas)	<input type="checkbox"/>	Feste Stoffe (z.B. Gießereisand)	<input type="checkbox"/>	Sonstige
Kommentar Medium						
Prozess, bei dem die Abwärme entsteht						
Auskopplungsaufwand	<input type="checkbox"/>	gering	<input type="checkbox"/>	mittel	<input type="checkbox"/>	hoch
Kommentar Auskopplungsaufwand						
Zeitliche Verfügbarkeit	<input type="checkbox"/>	gleichbleibend	<input type="checkbox"/>	tageszeitlich schwankend		
	<input type="checkbox"/>	unregelmäßig	<input type="checkbox"/>	saisonal schwankend		
Kommentar zeitliche Verfügbarkeit (z.B. Betriebszeiten)						
Temperaturniveau in °C	geschätzt:		gemessen:			
Kommentar Temperaturniveau						
Leistung in kW	geschätzt:		gemessen:			
Kommentar Leistung						
Abwärmemenge in kWh pro Jahr	geschätzt:		gemessen:			
Kommentar Abwärmemenge						
Abwärmequelle						
Medium	<input type="checkbox"/>	Ab- und Fortluft	<input type="checkbox"/>	Dampf	<input type="checkbox"/>	Abwasser
	<input type="checkbox"/>	Gasförmig (z.B. Abgas)	<input type="checkbox"/>	Feste Stoffe (z.B. Gießereisand)	<input type="checkbox"/>	Sonstige
Kommentar Medium						
Prozess, bei dem die Abwärme entsteht						
Auskopplungsaufwand	<input type="checkbox"/>	gering	<input type="checkbox"/>	mittel	<input type="checkbox"/>	hoch
Kommentar Auskopplungsaufwand						
Zeitliche Verfügbarkeit	<input type="checkbox"/>	gleichbleibend	<input type="checkbox"/>	tageszeitlich schwankend		
	<input type="checkbox"/>	unregelmäßig	<input type="checkbox"/>	saisonal schwankend		
Kommentar zeitliche Verfügbarkeit (z.B. Betriebszeiten)						
Temperaturniveau in °C	geschätzt:		gemessen:			
Kommentar Temperaturniveau						
Leistung in kW	geschätzt:		gemessen:			
Kommentar Leistung						
Abwärmemenge in kWh pro Jahr	geschätzt:		gemessen:			
Kommentar Abwärmemenge						

Vorstand: Matthias Funk, Jens Schmidt | Aufsichtsrat: Alexander Wight  
 Hausanschrift: Stadtwerke Gießen AG | Lahmstraße 31 | 35398 Gießen | Telefon 0641 708-0 | Sitz: Gießen | AG Gießen | HRB-3908  
 Bankverbindung: Sparkasse Gießen | IBAN DE48 5135 0025 0200 5100 02 | BIC SKGI3333  
 Volksbank Mittelhessen eG | IBAN DE83 5139 0000 0000 0172 05 | BIC VBHM3333



Seite 3/3 Angaben Abwärme- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial

**Ausfüllhilfe:** Bitte kreuzen Sie unter der Spalte Verbrauchsort an, ob Sie Ihre Energieverbräuche in Kilowattstunden oder prozentual am Gesamtenergieverbrauch angeben möchten.

Abwärmevermeidung hat Vorrang vor Abwärmenutzung. Um das Potenzial der Abwärmenutzung bestmöglich einschätzen zu können, sind wir auf Ihre Erfahrungen und Einschätzungen angewiesen, die Sie in den Anmerkungen notieren können.

Energieverbrauch & Energieerzeugung		Menge	Einheit	Verbrauchsort, davon Verbrauch für		
				Heizung	Warmwasser	Produktion
				In <input type="checkbox"/> kWh <input type="checkbox"/> %	In <input type="checkbox"/> kWh <input type="checkbox"/> %	In <input type="checkbox"/> kWh <input type="checkbox"/> %
Energieverbrauch pro Jahr						
Strom			kWh			
Heizöl			Liter			
Erdgas			m <sup>3</sup>			
Flüssiggas			Liter			
Holzpellets			kg			
Holzhackschnittel			kg			
Fernwärme			kWh			
Sonstige						
Energieerzeugung						
Photovoltaik			kWh			
Solarthermie			kWh			
Kraft-Wärme-Kopplung	Betriebsstunden		h			
		• Stromerzeugung	kWh			
• Wärmeerzeugung		kWh				
Wärmepumpe			kWh			
Sonstige						

Gebäudedaten												
Nutzungsart	Verwaltung		Produktion		Lager		Aufenthalts- und Verkaufsflächen					
Gebäudealter in Jahren												
Sanierungsstand												
Wärmedämmung Außenwände	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein
Dachdämmung	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein
Fenstertausch	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein

Anmerkungen	
	Bezug
Anmerkung 1	
Anmerkung 2	
Anmerkung 3	

Ort, Datum Unterschrift / Firmenstempel

Rücksendung: Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen an [abwaerme@stadtwerke-giessen.de](mailto:abwaerme@stadtwerke-giessen.de).

Eine postalische Rücksendung bitte an: TransMIT-Projektbereich für Energiewirtschaft und nachhaltige Energieversorgung  
 Prof. Dr.-Ing. Stefan Lechner  
 c/o Technische Hochschule Mittelhessen, Fachbereich Maschinenbau und Energietechnik  
 Wiesenstraße 14, 35390 Gießen

Vorstand: Matthias Funk, Jens Schmidt | Aufsichtsrat: Alexander Wight  
 Hausanschrift: Stadtwerke Gießen AG | Lahmstraße 31 | 35398 Gießen | Telefon 0641 708-0 | Sitz: Gießen | AG Gießen | HRB-3908  
 Bankverbindung: Sparkasse Gießen | IBAN DE48 5135 0025 0200 5100 02 | BIC SKGI3333  
 Volksbank Mittelhessen eG | IBAN DE83 5139 0000 0000 0172 05 | BIC VBHM3333

