



Leipziger Institut
für Energie

Bericht

Integriertes Klimaschutzkonzept für die Große Kreisstadt Bad Mergentheim

BILANZ | POTENZIALE | SZENARIEN

Auftraggeber:

Stadt Bad Mergentheim

Leipzig, 27.11.2024

Impressum

Auftragsgeber

Stadt Bad Mergentheim
Bahnhofplatz 1
97980 Bad Mergentheim

Auftragnehmer

Leipziger Institut für Energie GmbH
Lessingstraße 2
04109 Leipzig

Bearbeitung

Philipp Krause

Telefon 03 41 / 22 47 62 18

E-Mail Philipp.Krause@ie-leipzig.com

Anne Scheuermann

Telefon 03 41 / 22 47 62 24

E-Mail Anne.Scheuermann@ie-leipzig.com

Laufzeit

Juni 2024 bis Dezember 2024

Datum

Leipzig, 27.11.2024



Inhaltsverzeichnis

1 Energie- und Treibhausgasbilanz	1
1.1 Methodik und Datengrundlagen	1
1.2 Energieverbrauch	4
1.3 Energiebereitstellung	6
1.4 Treibhausgasemissionen	8
1.5 Indikatoren auf einen Blick	10
2 Potenziale	12
2.1 Energieeffizienz und Energieeinsparung	12
2.1.1 Haushalte und Wohngebäude	12
2.1.2 Wirtschaft	15
2.1.3 Mobilitätssektor	16
2.2 Treibhausgasminderungspotenziale durch den Einsatz erneuerbarer Energien	17
2.2.1 Windenergie	18
2.2.2 Solarenergie	20
2.2.3 Biomasse	21
2.2.4 Erd- und Umweltwärme	23
2.2.5 Wasserkraft	24
2.2.6 Abwärme	25
2.2.7 Zusammenfassung Energiebereitstellungspotenziale Erneuerbare Energien	27
3 Szenarien	30
3.1 Strukturdaten	30
3.2 Annahmen zu den Szenarien	32
3.3 Ergebnisse der Szenarien	35
3.3.1 Entwicklung Energieverbrauch	35
3.3.2 Einsatz erneuerbarer Energien	37
3.3.3 Entwicklung Treibhausgasemissionen	39
3.4 Indikatoren auf einen Blick	40
3.5 Perspektivszenario	41
Verzeichnisse	44
Abkürzungsverzeichnis	45
Abbildungsverzeichnis	46
Tabellenverzeichnis	47
Literaturverzeichnis	48
Anhang	52

1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanz bildet die Grundlage für die Erkennung prioritärer Handlungsfelder und daraus resultierend konkreter Klimaschutzmaßnahmen. Sie ist zudem ein wichtiges Controlling-Instrument zur Überprüfung der Wirksamkeit möglicher Maßnahmen, die im Rahmen der Akteursbeteiligung identifiziert und festgelegt werden.

1.1 Methodik und Datengrundlagen

Methodik

Die Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz erfolgte methodisch auf Basis der Bilanzierungssystematik Kommunal (BISKO). Diese für die Energie- und Treibhausgasbilanzierung von Gemeinden vorgeschlagene Systematik und das Setzen von Mindeststandards ermöglichen die Vergleichbarkeit kommunaler Energie- und Treibhausgasbilanzen untereinander.

BISKO ist eine endenergiebasierte Territorialbilanz. Erfasst werden die energiebedingten Treibhausgasemissionen, die auf dem Gebiet der Gemeinde (hier: Stadt Bad Mergentheim) entstehen. Dazu werden alle auf dem Territorium anfallenden Endenergieverbräuche erhoben und den Verbrauchssektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie, kommunale Einrichtungen und Verkehr zugeordnet (vgl. Abbildung 1). Die Daten werden ohne Witterungskorrektur¹ verwendet. Graue Energie² der konsumierten Produkte wird nur berücksichtigt, wenn diese im Territorium verbraucht wird.

Über spezifische Emissionsfaktoren werden dann die CO₂-Äquivalent-Emissionen³ berechnet. Die Faktoren berücksichtigen die Vorketten, beinhalten also auch Emissionen, die z. B. durch den Abbau von Rohstoffen oder deren Transport entstehen. So werden auch erneuerbare Energieträger nicht mit einem Emissionsfaktor „Null“ angesetzt. Klimaschutzziel bei Bilanzierung nach BISKO-Standard ist daher, nahezu Nullemissionen zu erreichen. Null ist aufgrund der Vorketten nicht möglich. Der Emissionsfaktor von Strom basiert auf der Zusammensetzung des Bundesstrommix, die lokalen Bemühungen der erneuerbaren Energiebereitstellung werden nachrichtlich abgebildet.⁴

¹ Der Energieverbrauch von Gebäuden ist von den regionalen Klimagegebenheiten bzw. Wetterbedingungen abhängig und variiert von Jahr zu Jahr. Zum Zweck der Vergleichbarkeit werden die Daten häufig witterungskorrigiert. In BISKO wurde davon jedoch Abstand genommen.

² Graue Energie bezeichnet Energie aus vor- und nachgelagerten Prozessen, also diejenige, die bei der Herstellung, beim Transport, bei der Lagerung sowie Entsorgung von Produkten verbraucht wird.

³ Neben den reinen CO₂-Emissionen werden weitere Treibhausgase (N₂O und CH₄) in CO₂-Äquivalenten berücksichtigt.

⁴ Weitere Ausführungen zur Bilanzierungssystematik finden sich in (ifeu 2019).

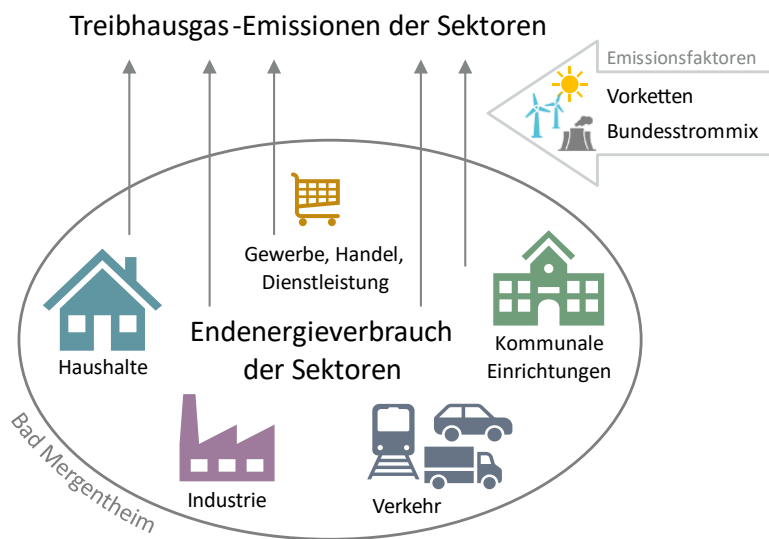


Abbildung 1 Schema der Bilanzierung nach BSKO-Standard

Quelle: Darstellung IE Leipzig

Nicht-energiebedingte Emissionen aus den Bereichen Land- und Abfallwirtschaft, Abwasser sowie industrielle Prozessemissionen werden nicht bilanziert, sondern können ggf. nachrichtlich dargestellt werden.

Für die Bilanzierung wurde von der Stadt Bad Mergentheim das Tool BICO2 BW der KEA-BW, welches konform mit BSKO ist, zur Verfügung gestellt.

Als Startbilanz wurde das Jahr 2021 festgelegt, da zum Zeitpunkt der Bearbeitung die Daten für 2022 noch nicht zur Verfügung standen.

Datenquellen

Für die Energiebilanz wurden die Energieverbrauchsdaten sowohl für den stationären Bereich als auch für den Verkehrssektor erhoben, in Tabelle 1 sind die Datenquellen aufgeführt. Der stationäre Bereich umfasst sowohl leitungsgebundene als auch nicht-leitungsgebundene Energieträger.

Tabelle 1 Datenquellen zur Ermittlung von Energieverbrauch und Energieerzeugung

Quelle: IE Leipzig, basierend auf [ifeu 2024]

Energieträger	Datenquelle	Hinweise zur Berechnung / Verteilung auf Sektoren	Datengüte*
Energieverbrauch			
Strom	Stadtwerk Tauberfranken, Tauber-Energie Kuhn	Aufteilung nach Sektoren	1,00
Erdgas	Stadtwerk Tauberfranken, Tauber-Energie Kuhn	Aufteilung nach Sektoren	1,00
Fernwärme	Stadtwerk Tauberfranken	Aufteilung nach Sektoren	1,00
Heizöl, Biomasse (Holz), Kohle, Flüssiggas	Ortsansässige Schornsteinfeger	Aufteilung nach Leistungsklassen	0,50
Solarthermie	Solaratlas.de	Geförderte Anlagen: Abfrage der Kollektorflächen nach Sektoren, im BICO2 BW Berechnung der Wärme	0,50
Umweltwärme	Stadtwerk Tauberfranken, Tauber-Energie Kuhn	Stromverbrauch Wärmepumpen, Berechnung der Wärme im BICO2 BW (aus 1 kWh werden 3,7 kWh Wärme bereitgestellt)	0,50
Kraftstoffe	BICO2 BW; Verkehrsgesellschaft Main-Tauber mbH	Regionaldaten (Fahr-km, Verbräuche) im BICO2 BW hinterlegt; Fahrplan-km von Busunternehmen erhalten	0,50
Kommunale Zuständigkeiten			
Fuhrpark: Kraftstoffe	Verwaltung	Energieverbräuche nach Energieträgern	0,50
Liegenschaften: alle Energieträger	Verwaltung	Energieverbräuche der kommunalen Gebäude nach Energieträgern	0,50
Strombereitstellung			
Erneuerbar nach Energieträgern	Stadtwerk Tauberfranken, Tauber-Energie Kuhn	EEG und nicht-EEG Anlagen: installierte Leistung und Erzeugung nach Energieträgern	1,00

* 1,00 primärstatistische lokale Daten | 0,50 regionale Daten hochgerechnet | 0,25 regionale Daten von Landesebene runtergerechnet | 0,00 Bundesdurchschnittsdaten

Zu den leitungsgebundenen Energieträgern gehören Strom, Erdgas und Fernwärme. Die Verbrauchsdaten wurden bei den Energieversorgungsunternehmen (EVU) abgefragt. Entsprechend der BSKO-Systematik wurden die Verbrauchswerte für Erdgas und Fernwärme nicht witterungsbereinigt. Die Datenlieferungen der Verbrauchsmengen der leitungsgebundenen Energieträger wurden von den EVU nach Kundengruppen bereitgestellt. Neben den Verbrauchsdaten stellten die EVU auch die Daten zu Erzeugungsanlagen (Fernwärme, Strom) und zur Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien bereit. Die Daten wurden mit den Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber abgeglichen.

Zu den nicht-leitungsgebundenen Energieträgern, die in Feuerungsstätten eingesetzt werden, gehören Heizöl, Kohle und Holz (Holzpellets, Holzhackschnitzel, Scheitholz). Da nicht leitungsgebundene Energieträger individuell bezogen und eingesetzt werden, existieren keine zentral erfassten Nutzungsmengen. Bei den ortsansässigen Schornsteinfegern wurden durch das Klimaschutzmanagement die installierten Leistungen erfragt. Die sektorale Einordnung erfolgte nach den Leistungsklassen. Im Tool BICO2 BW werden die Kessel einer Leistung größer-gleich 100 kW dem Sektor GHD, darunter dem Sektor Private Haushalte zugeordnet.

Die Wärmenutzung durch Solarthermie wurde anhand der Kollektorflächen der geförderten Anlagen berechnet. Durch einen Berechnungsfaktor (Entwicklungsfaktor 2,23) wird im Tool BICO2 BW berücksichtigt, dass es neben geförderten auch nicht-geförderte Anlagen gibt. Für Umweltwärme (Wärmepumpen) erfolgte die Berechnung der Wärmemengen über den zum Betrieb benötigten Strom, die entsprechenden Strommengen hierfür wurden seitens der EVU bereitgestellt.

Für den Verkehrssektor sind im Tool BICO2 BW bereits Verkehrsdaten für die Gemeinde hinterlegt. Außerdem wurde von dem ansässigen Busunternehmen die Fahrplan-km erfragt und hinterlegt. Die Verkehrsdaten werden im Tool mit bundesweiten Kennwerten in Energieverbräuche umgerechnet.

Die Verbrauchsdaten für die eigenen Zuständigkeiten wurden durch die Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt.

1.2 Energieverbrauch

Der Endenergieverbrauch der Stadt Bad Mergentheim betrug im Jahr 2021 etwa 521 GWh (Abbildung 2). Bezogen auf die Bevölkerungszahl ergibt sich ein Wert von 17,4 MWh je Einwohnenden und Jahr, das liegt deutlich unter dem deutschlandweiten Wert (28,9 MWh je Einwohnenden) und leicht unter dem baden-württembergischen Durchschnitt (18,2 MWh je Einwohnenden) für das Jahr 2021.

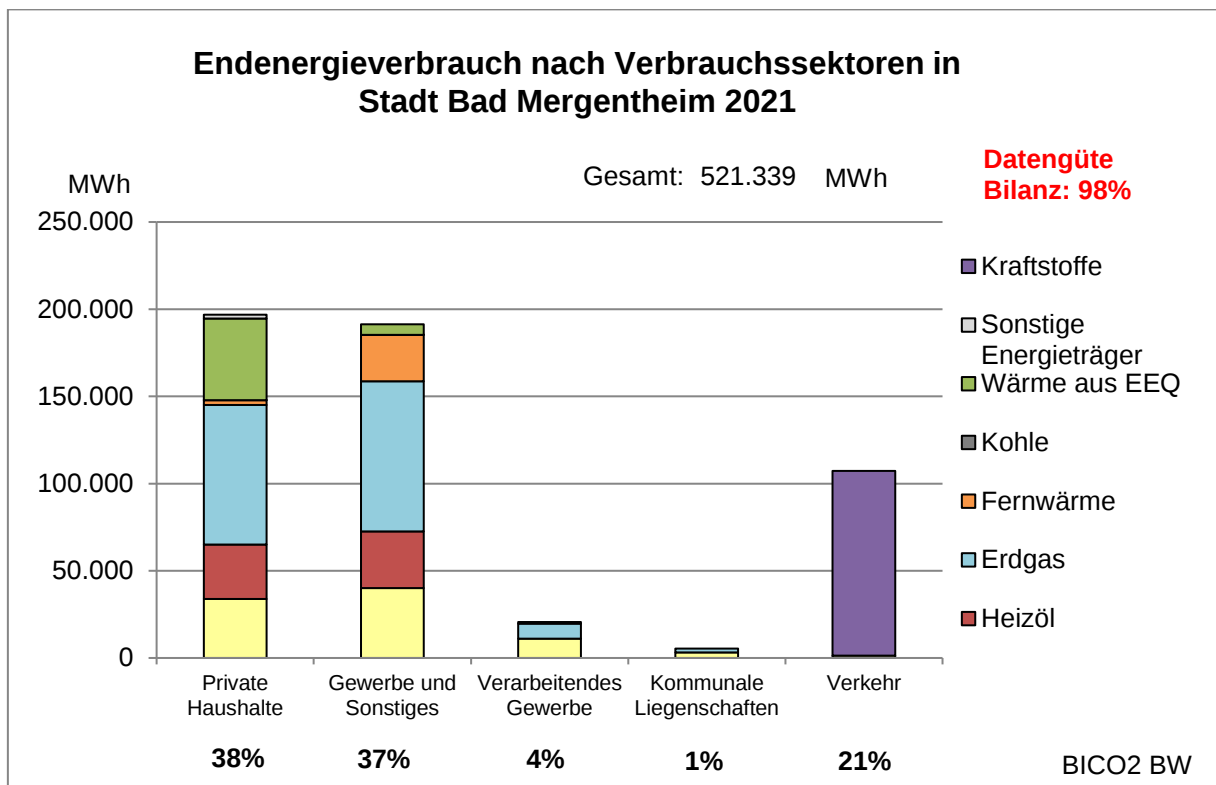


Abbildung 2 Endenergieverbrauch Stadt Bad Mergentheim 2021 nach Sektoren und nach Energieträgern

Quelle: Daten Energieversorger, Schornsteinfeger, Verwaltung Bad Mergentheim, ifeu, Solaratlas

Energieverbrauch nach Sektoren

Bei Betrachtung der Sektoren Verteilung des Energieverbrauchs (Abbildung 2) wird deutlich, dass der Sektor *Private Haushalte* der verbrauchsintensivste Sektor ist und mit 38 % (197 GWh) den höchsten Anteil hat. Zum Vergleich: deutschlandweit betrug der Anteil des Haushaltssektor am Endenergieverbrauch im Jahr 2021 ca. 29 % [AGEB 2024].

Entsprechend der Bilanzierung nach BSKO wird das Territorialprinzip auch auf den *Verkehrssektor* angewendet. Es werden alle Energieverbräuche bilanziert, die durch Verkehrsmittel innerhalb des Gemeindegebietes verursacht werden. Die Stadt Bad Mergentheim gliedert sich in die Kernstadt sowie 13 eingemeindete Gemeinden und 14 Stadtteile. Durch das Territorium führt keine Autobahn, jedoch kreuzen sich die Bundesstraßen 19 und 290. Insgesamt liegt der Energieverbrauch mit 21 % (ca. 107 GWh) deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt, was dennoch weitere Optimierungsmöglichkeiten offenlässt.

Der Sektor *Gewerbe, Handel und Dienstleistung* (GHD) hat am Endenergieverbrauch mit 37 % (ca. 191 GWh) den zweitgrößten Anteil. Dies ist auf die 13 Kliniken in der Kurstadt und den eher geringen Anteil der Industrie (knapp 4 %, ca. 20,5 GWh) zurückzuführen.

Die kommunalen Liegenschaften und der Fuhrpark der Stadt Bad Mergentheim gehören zum Sektor GHD und haben mit 1 % (ca. 5,5 GWh) einen sehr geringen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch.

Energieverbrauch nach Energieträgern

In der Energieträgerverteilung fällt sowohl bei dem Sektor Private Haushalte als auch im Sektor GHD der dominierende Anteil von Erdgas (Haushalte 41 % und GHD 45 %) auf, dies spiegelt auch den bundesdeutschen und baden-württembergischen Schnitt wider. Auffällig ist der hohe Anteil an Fernwärme im Sektor GHD (14 %). Ein Holzhackschnitzelheizkraftwerk erzeugt überwiegend Wärme und zum geringeren Anteil Strom für die Stadt Bad Mergentheim.

Im Sektor Private Haushalte hat die Wärme aus Erneuerbaren Energiequellen den zweitgrößten Anteil (24 %), aber auch Heizöl (16 %) und Strom (17 %) bilden einen größeren Anteil am Endenergieverbrauch.

In der Industrie wird fast ausschließlich Strom (54 %) und Erdgas (42 %) verbraucht.

Bei den Kraftstoffen dominieren die fossilen Energieträger (98 %), sodass der schmale Balken des Stroms kaum auffällt (2 %).

Aus Tabelle 2 können die genauen Werte zu den einzelnen Sektoren und Energieträgern entnommen werden.

Tabelle 2 Endenergieträgerverteilung nach Sektoren und Energieträgern in der Stadt Bad Mergentheim im Jahr 2021 (in GWh)

Quelle: BICO2 BW

Energieträger	Strom	Heizöl	Erdgas	Fernwärme	Kohle	Wärme aus erneuerbaren Energien	Sonstige Energieträger	Kraftstoffe	Summe
Sektoren									
Private Haushalte	34	31	80	3	0,019	47	2	-	197
Gewerbe, Handel und Dienstleistung	43	32	88	27	0,008	6	-	-	196
davon Kommunale Liegenschaften	3	-	2	-	-	-	-	-	5
Industrie	11	-	9	-	-	1	-	-	21
Verkehr	1	-	-	-	-	-	-	106	107
Summe	89	64	177	29	0,028	54	2	106	521

1.3 Energiebereitstellung

In der Stadt Bad Mergentheim werden Sonnenenergie, Windenergie, Biomasse, Wasserkraft und oberflächennahe Geothermie (durch Wärmepumpen) zur Strom- und Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien genutzt.

In Abbildung 3 wird deutlich, dass die Gemeinde Bad Mergentheim aktuell deutlich mehr Strom verbraucht als sie selbst bereitstellt. Bilanzuell werden 27 % auf dem eigenen Gemeindegebiet produziert. Der bilanzielle Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch beträgt entsprechend 27 %.

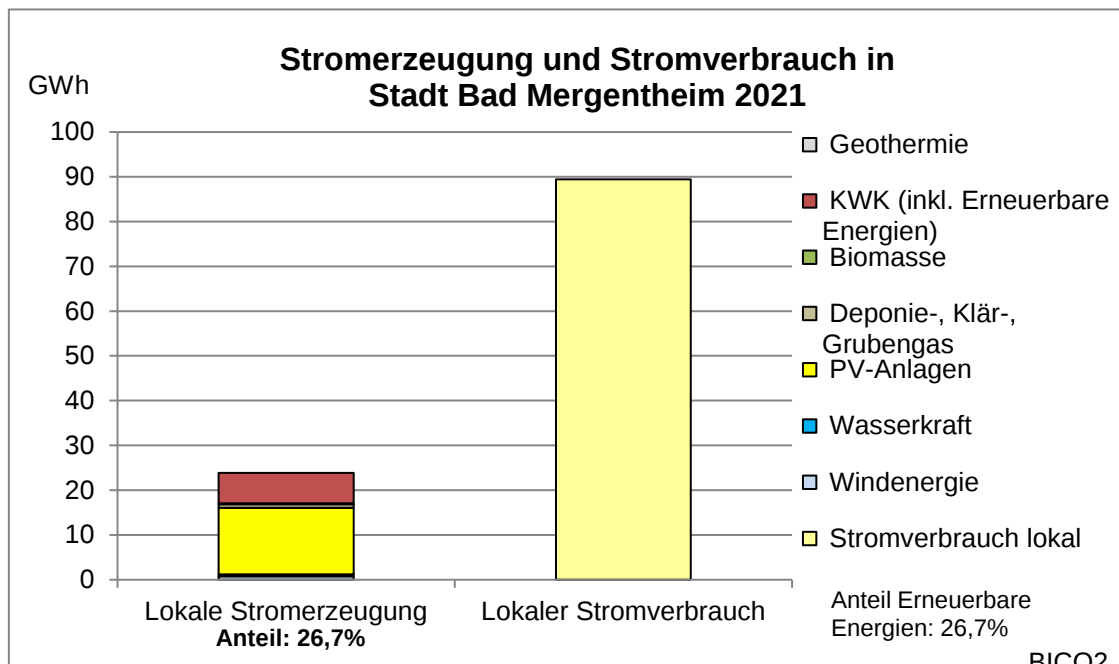


Abbildung 3 Gegenüberstellung Strombereitstellung und Stromverbrauch in der Stadt Bad Mergentheim
Quelle: IE Leipzig

Bei der Wärmebereitstellung ergibt sich ein ähnliches Bild (Abbildung 4). Ohne die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl werden 26 % des lokalen Wärmeverbrauchs durch erneuerbare Energiequellen bereitgestellt wird. Der deutschlandweite Anteil des erneuerbaren Wärmebedarfs liegt mit 16 % damit deutlich darunter.

Der Wärmeverbrauch wurde auch im Zusammenhang mit der Kommunalen Wärmeplanung (Kommunale Wärmeplanung) ausführlich betrachtet. Die Herangehensweise der Kommunale Wärmeplanung unterscheidet sich in der Bilanzierungsmethodik⁵, weshalb der Heizölverbrauch in der vorliegenden Bilanz mit 63,5 GWh etwa 17 % unter dem Heizölverbrauch der Kommunale Wärmeplanung berechnet wurde. Die im Klimaschutzkonzept genutzte Methodik wurde mit der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) abgestimmt, ist im Bilanzierungstool BICO2 BW hinterlegt und entspricht BISCO. Beim Erdgasverbrauch ergibt sich ebenfalls eine Differenz zur Kommunale Wärmeplanung, weil im Klimaschutzkonzept nicht nur der wärmeseitige Verbrauch betrachtet wird, sondern auch

⁵ Der Unterschied zwischen der BISCO-Methodik (Tool BICO2 BW) und der Kommunale Wärmeplanung-Methodik bei der Bestimmung des Heizölverbrauchs nach den einzelnen Sektoren liegt darin, dass die Kommunale Wärmeplanung-Methodik den Verbrauch ausschließlich anhand von den Schornsteinfegerdaten (Kehrbuch-Daten) und den zugeordneten Leistungen der Öfen bestimmte. Die BISCO-Methodik hingegen vergleicht im Tool zusätzlich den Wärmeverbrauch je Einwohner und nutzt bei unrealistisch hohen Werten im GHD-Sektor die Daten der LUBW, um eine Überschätzung des Heizölverbrauchs zu vermeiden.

die Erdgasverstromung. Insgesamt ergibt sich für 2021 ein Erdgasverbrauch von 177 GWh. Durch Fernwärme wurden in Bad Mergentheim etwa 29,5 GWh bereitgestellt, dabei wurde der größte Teil vom GHD-Sektor in Anspruch genommen (91 %). Wärme aus sonstigen erneuerbaren Energiequellen (54 GWh) wurde überwiegend in den Privaten Haushalten (87 %) genutzt. Die Aufteilung nach Sektoren kann Tabelle 2 entnommen werden.

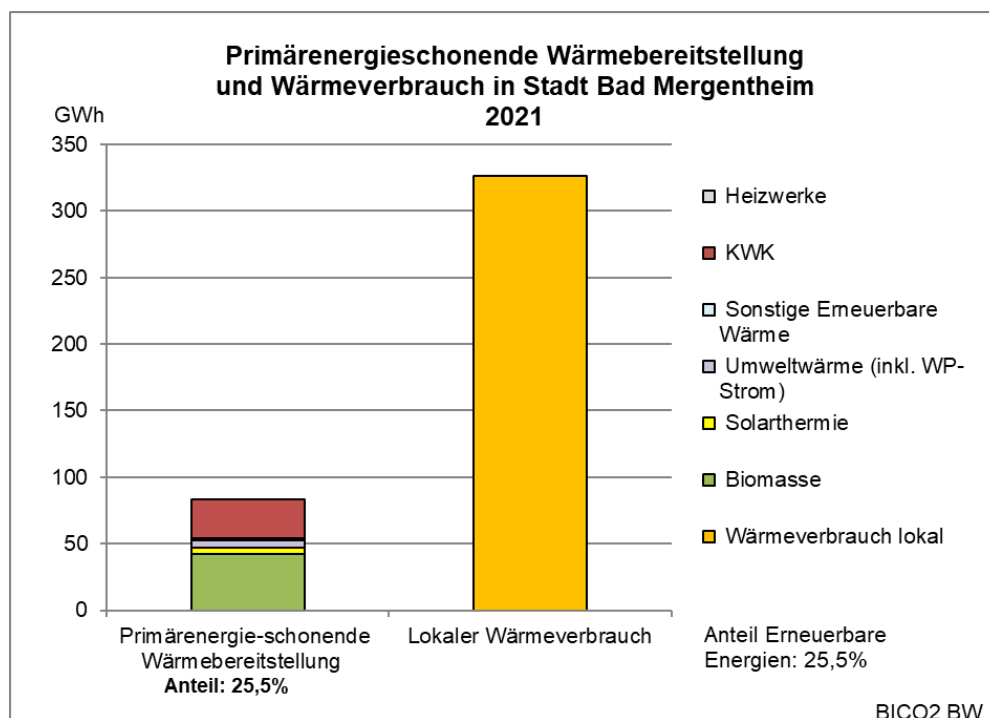


Abbildung 4 Gegenüberstellung Wärmebereitstellung und Wärmeverbrauch Stadt Bad Mergentheim
Quelle: IE Leipzig

1.4 Treibhausgasemissionen

Aus dem Endenergieverbrauch und unter Berücksichtigung der verschiedenen Energieträger wurden im BICO2 BW Tool über die entsprechenden Emissionsfaktoren die Treibhausgas-Emissionen berechnet. In der Stadt Bad Mergentheim wurden im Jahr 2021 insgesamt 141.570 t CO₂-Äquivalente emittiert (Abbildung 5). Daraus ergeben sich die energiebedingten Pro-Kopf-CO₂äq-Emissionen in Höhe von ca. 5,9 t CO₂äq. Diese liegen deutlich unter dem Durchschnitt Baden-Württembergs (7,4 t CO₂äq) und Deutschlands (7,7 t CO₂äq). Grund dafür ist der geringe Anteil der Industrie sowie die Abwesenheit von Autobahnen. Zudem trägt der höhere Anteil an erneuerbarer Wärme zu diesem Ergebnis bei.

Treibhausgasemissionen nach Sektoren

Im Jahr 2021 entfielen 36 % (51.000 t CO₂äq) der Treibhausgasemissionen der Stadt Bad Mergentheim auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, gefolgt von den privaten Haushalten mit 34 % (48.000 t CO₂äq). Der Verkehr trug mit 23 % (33.000 t CO₂äq) den drittgrößten Anteil bei, während die

Industrie erwartungsgemäß mit nur 5 % (7.000 t CO₂äq) einen vergleichsweise geringen Beitrag hat. Die Kommunalen Liegenschaften haben lediglich einen Anteil von 1 % (2.000 t CO₂äq).

Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Aufgrund ihrer hohen Verbrauchsanteile (siehe Abschnitt 1.2) tragen Erdgas (31 %), Strom (29 %) sowie Kraftstoffe (fast ausschließlich Diesel und Benzin mit 23 %) am stärksten zu den THG-Emissionen bei (Abbildung 5). Dabei unterscheidet sich teilweise der Anteil der Energieträger an den THG-Emissionen gegenüber dem Anteil am Energieverbrauch. Grund dafür sind die unterschiedlichen Emissionsfaktoren der Energieträger (bspw. Bundesstrommix 472 kg CO₂/MWh, Diesel 327 kg CO₂/MWh, Benzin 322 kg CO₂/MWh).

Die BISCO-Methodik ermöglicht somit eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Betrachtungsräumen. Würde man den lokalen Strommix berücksichtigen, der einen höheren Anteil an erneuerbaren Energien umfasst, würde der Anteil des Stroms an den THG-Emissionen sinken. Insgesamt würde Bad Mergentheim dadurch auf einen Wert von 131.844 t CO₂äq kommen. Der Anteil des Stroms an den Emissionen läge dann nur noch bei 24 %, während der Anteil des Erdgases auf 33 % ansteigen würde. Auch der Verkehr würde anteilig stärker ins Gewicht fallen und 25 % der Emissionen ausmachen.

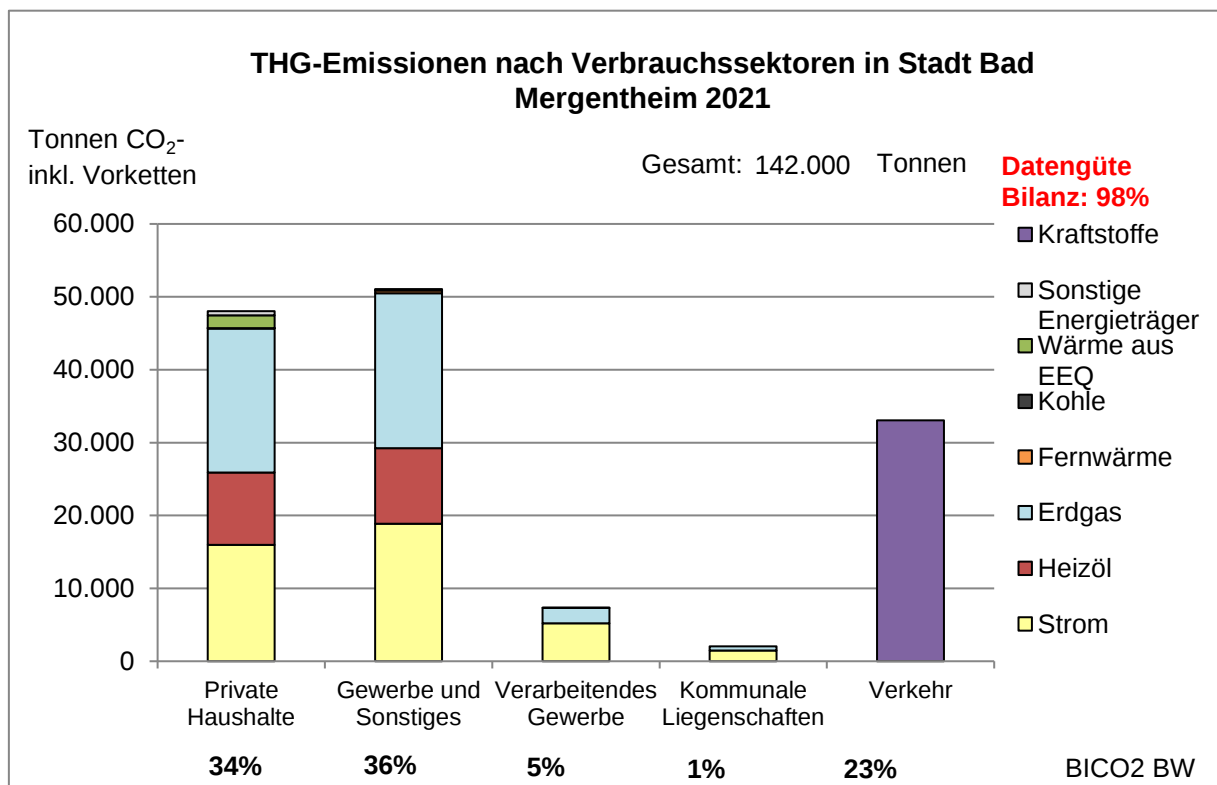


Abbildung 5 Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern Stadt Bad Mergentheim

Quelle: BICO2 BW

1.5 Indikatoren auf einen Blick

Als Indikatoren werden die ermittelten Anteile am Energieverbrauch, der Energieerzeugung und den THG-Emissionen bezogen auf die Betrachtungsebene bezeichnet. Die ermittelten Werte werden hierbei den Baden-Württembergischen und teilweise Bundesdurchschnittswerten gegenübergestellt. Die wichtigsten Kennwerte für das Jahr 2021 sind zusammenfassend in Tabelle 3 aufgeführt.

Bad Mergentheim liegt in fast allen Kennwerten unter den Durchschnittswerten Baden-Württembergs. Der Pro-Kopf-Endenergieverbrauch beträgt 17 MWh und liegt damit knapp unter dem Landesdurchschnitt von 18 MWh. Die THG-Emissionen sind deutlich niedriger als im Landesdurchschnitt, was auf den geringeren Industrie- und Verkehrsanteil in Bad Mergentheim zurückzuführen ist. Lediglich im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ist der Endenergieverbrauch höher, da die 13 Kliniken einen erhöhten Bedarf verursachen. Dennoch ist der Anteil am Stromverbrauch in diesem Bereich geringer, da in den Kliniken überwiegend Wärme benötigt wird. Die Wärme wird größtenteils durch ein Heizkraftwerk bereitgestellt, das überwiegend mit Hackschnitzeln betrieben wird und somit treibhausgasarm ist.

Sowohl der Anteil erneuerbarer Energien am Strom- als auch am Wärmeverbrauch liegt über dem Durchschnitt von Baden-Württemberg.

Tabelle 3 Einordnung Indikatoren Bad Mergentheim im Verhältnis zu Baden-Württemberg bzw. Deutschland, Bezugsjahr 2021

Quelle: Berechnung IE Leipzig, BICO2 BW

	Stadt Bad Mergentheim	Baden-Württemberg
Gemeinde gesamt		
Endenergie pro Einwohner (kWh) ohne Verkehr	17.396	18.241
Treibhausgasemissionen pro Einwohner Bundesmix (t)	5,9	7,4 ⁶
Treibhausgasemissionen pro Einwohner regionaler Mix (t)	5,2	k.A.
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch gesamt (%)	27,9 %	16,3 %
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch (%)	26,7 %	30,0 %
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch (%)	25,5 %	20,0 %
Private Haushalte		
Stromverbrauch pro Einwohner (kWh)	1.423	1.586

⁶ Vergleich zum Bundesmix

Wärmeverbrauch pro Einwohner (kWh)	6.845	6.522
Anteil Strom am Endenergieverbrauch private Haushalte (%)	17 %	19 %
Endenergiebedarf Wärme pro qm Wohnfläche (kWh/qm)	142	137
CO ₂ -Emissionen pro Einwohner private Haushalte Bundesmix (t)	2,0	2,2 ⁶
Wohnfläche pro Einwohner in qm	47,3	47,1

GHD

Endenergieverbrauch pro SV-Beschäftigten (kWh)	18.208	14.264
Anteil am Stromverbrauch	22 %	33 %
CO ₂ -Emissionen pro SV-Beschäftigten Bundesmix (t)	4,9	k.A.

Industrie/Verarbeitendes Gewerbe

Endenergieverbrauch pro SV-Beschäftigten (kWh)	14.248	44.764
CO ₂ -Emissionen pro SV-Beschäftigten Bundesmix (t)	5,1	k.A.

2 Potenziale

Die Potenzialanalyse bildet die Grundlage für die Erstellung der Szenarien und dient als wichtige Basis für die Bewertung von Maßnahmen und Handlungsoptionen. Wesentliche Handlungsfelder auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität sind die Erhöhung der Energieeffizienz, die Nutzung von Einsparpotenzialen sowie der Ausbau erneuerbarer Energien.

2.1 Energieeffizienz und Energieeinsparung

Die Potenziale zur Energieeffizienz und Energieeinsparung und damit auch zur Treibhausgasminde- rung müssen sich an dem vom Land Baden-Württemberg beschlossenen Ziel, bis zum Jahr 2040 treib- hausgasneutral zu sein, ausrichten. Zur Abschätzung der Potenziale werden sowohl lokalspezifische Entwicklungstendenzen (bspw. bei den gemeindeeigenen Liegenschaften) als auch bundesweite Trends (bspw. Technologiesprünge, Mobilitätsverhalten) berücksichtigt. Nachfolgend werden grund- sätzliche Effizienz- und Einsparpotenziale dargestellt, wobei der Fokus auf der Perspektive und den Handlungsmöglichkeiten der Stadt liegt. Die konkreten Entwicklungsprognosen für Bad Mergentheim werden in der Szenarienmodellierung (vgl. Abschnitt 3) abgeleitet.

2.1.1 Haushalte und Wohngebäude

Haushalte haben einen wesentlichen Anteil am Gesamtendenergiebedarf (in Bad Mergentheim 38 %) und damit an den THG-Emissionen. Vier Fünftel des Endenergiebedarfs der Haushalte entfallen in der Stadt auf das Heizen und die Warmwasserbereitung. Ziel muss es sein, einen nahezu treibhausgas- neutralen Gebäudebestand zu erreichen. Die Steigerung der Energieeffizienz ist ein wichtiger Schritt, reicht jedoch allein nicht aus. Zusätzlich muss es gelingen, den noch benötigten Energiebedarf von Ge- bäuden durch erneuerbare Energien zu decken. Dieses Ziel wird mit dem am 1. November 2020 in Kraft getretenen Gebäudeenergiegesetz (GEG) verfolgt. Das GEG führt die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) sowie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWär- meG) zusammen.

Um das Ziel Treibhausgasneutralität zu erreichen, ist bundesweit im Mittel ein spezifischer Raumwär- mebedarf unter $70 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ anzustreben [Agora 2021], derzeit liegt dieser in Bad Mergentheim für die Haushalte bei $142 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$. Hier besteht somit ein Energieeinsparpotenzial von rund 50 %. Das größte Einsparpotenzial hat die Wärmedämmung der Gebäudehülle (Wände, Fenster, Dach, Decken, Böden) mit einem Einsparpotential von bis zu 57 % [Agora 2021]. Darüberhinausgehende Energieein- sparungen ergeben sich über Lüftungssysteme mit Energierückgewinnung.

Beim Stromverbrauch ist im Gebäudebereich eine Reduktion um etwa 13 % zu erreichen [Agora 2021]. Zwar wird ein starker Anstieg für Wärmepumpen erwartet, Effizienzsteigerungen bei Beleuchtung,

Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und Haushaltsgeräten sowie der Rückgang des Stromverbrauchs konventioneller Elektroheizungen überwiegen jedoch den Mehrverbrauch⁷.

Bei der Betrachtung des Einsparpotentials bei Haushaltsstrom muss ebenfalls das Nutzerverhalten berücksichtigt werden (vgl. Unterpunkt „Strombedarf“), welches ein ungleich höheres und kostenreduziertes Potenzial trägt.

Wärmebedarf Neubauten

Für Neubauten gelten strenge energetische Standards, die im Gebäudeenergiegesetz (GEG) festgeschrieben sind. Neubauten müssen laut GEG als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden. Der Jahresprimärenergiebedarf⁸ für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung darf somit 40 kWh/m² nicht überschreiten. Für einen Privatneubau verpflichtet das GEG zur Nutzung von mindestens einer erneuerbaren Energieform für den Wärme- bzw. Kältebedarf.

Zudem verpflichtet das Klimaschutzgesetz des Landes Baden-Württemberg zur Installation von PV-Dachanlagen auf Neubauten und bei grundlegender Dachsanierung. Diese Verpflichtung bietet einen Anreiz zur Nutzung des selbsterzeugten PV-Stroms zum Betrieb von Wärmepumpen.

Von kommunaler Seite steht hier zunächst die Siedlungsplanung im Vordergrund. Einflussmöglichkeiten bestehen durch die Auswahl der Baugebiete, die Ausrichtung der Gebäude sowie Vorgaben zu Baumaterialien. Weiterhin kann die Stadt oder Kommune einen Anschluss- und Benutzungszwang per Satzung erlassen. Er dient dazu einen Anschluss des Grundstücks an öffentliche Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen herzustellen (Anschlusszwang) beziehungsweise die Angebote und Leistungen dieser Einrichtungen anzunehmen (Benutzungszwang), z.B. der Anschluss an ein Wärmenetz und die Versorgung mit Fernwärme.

Wärmebedarf Bestandsgebäude

Ältere Bestandsquartieren (Bebauung hauptsächlich vor dem Jahr 2002) haben oft einen niedrigeren Gebäudestandard. Gebäudestandards stufen Gebäude anhand ihres jährlichen spezifischen Energiebedarfs ein. Mit der 1. Wärmeschutzverordnung 1977 wurden erstmals die maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen und damit die Wärmeverluste der Gebäudehülle begrenzt. Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Jahr 2002 wurde die Wärmeschutzverordnung mit der Heizungsanlagenverordnung zusammengeführt. Seither werden die energetische Bauteilqualität und die Anlagentechnik ganzheitlich in einem System betrachtet [effizienzhaus-online.de 2024].

⁷ Die bilanziellen Verlagerungseffekte werden in den Szenarien berücksichtigt.

⁸ Der Primärenergiebedarf berücksichtigt die gesamte Prozesskette von der Gewinnung bis zum Verbrauch des Energieträgers.



Abbildung 6 Entwicklung von Neubaustandards in Deutschland

Quelle: [effizienzhaus-online.de 2024]

Ein höherer Effizienzstandard ist im Bestand nur durch eine umfängliche energetische Sanierung zu erreichen. Dafür sind eine sehr gute Dämmung der Gebäudehülle sowie die Einbindung erneuerbarer Energien zur Heizung und Warmwasserbereitung nötig.

Unter wirtschaftlichen Bedingungen können energetische Modernisierungsmaßnahmen der Gebäudehülle im Allgemeinen nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden. Viele der Maßnahmen (insbesondere Außenwanddämmung, Dachdämmung, Fensteraustausch) sind an den Erneuerungszyklus des Bauteils gebunden, d. h. die Investition in die Energieeinsparung ist ökonomisch dann sinnvoll, wenn sie an eine ohnehin stattfindende Erneuerungsmaßnahme gekoppelt wird. Eine Gebäudesanierung ist somit in der Regel finanziell vorteilhaft, wenn Wärmeschutzmaßnahmen mit einer ohnehin fälligen Instandsetzungsarbeit gekoppelt ausgeführt werden. Pauschale Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind nicht zielführend, da sich jedes Gebäude in einem individuellen energetischen Zustand befindet und eine Einzelanalyse geboten ist. Um Umweltfolgekosten für die Wärmebereitstellung durch fossile Energieträger abzubilden und somit den umweltschonenderen Wärmebereitstellungstechnologien einen wirtschaftlichen Vorteil zu verschaffen, wurde im Jahr 2021 der Nationale Emissionshandel für Verkehr und Wärme eingeführt. Die Wärmeversorgung auf Basis fossiler Energieträger wird sich hierdurch sukzessive verringern.

Neben der Durchführung von Dämmmaßnahmen ergeben sich auch über den fachgerechten Betrieb und die Modernisierung der Haustechnik erhebliche Einsparpotenziale. Ziel der Maßnahmen ist es, die notwendige Heizlast mit möglichst geringen Temperaturen im Vorlauf der Heizung bereitzustellen und so die Effizienz jeglicher Heiztechnik zu verbessern und die Heizkosten zu senken.

Gezielte Beratungskampagnen oder Beratungsangebote für energetische Sanierung sind hier etablierte Instrumente einer Aktivierung. Die Energieagentur Main-Tauber-Kreis bietet Bürgerinnen und Bürgern

kostenfreie Energieberatung an, die in Zusammenarbeit mit der Verbraucherzentrale Baden-Württemberg entwickelt wurde.

Strombedarf

Stromanwendungen im Haushalt entfallen auf Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnik, Nahrungszubereitung, Wasch-, Kühl- und Trockengeräte. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Stromverbrauch zu reduzieren. Generell sind Effizienz- und Einsparmaßnahmen im Strombereich leichter umzusetzen als im Wärmebereich. Allerdings stehen den Effizienzbemühungen auch Rebound-Effekte und eine steigende Anzahl elektronischer Geräte gegenüber.

Nutzerverhalten

Neben den bereits beschriebenen technisch bedingten Energieeinsparpotenzialen bei modularen Heizungspumpen und durch energieeffiziente Haushaltsgeräte, bestehen große Potenziale durch Optimierungen bei der Nutzungsdauer und der Notwendigkeit von elektrisch betriebenen Hausgeräten (bspw. Dauerbetrieb von gekühlten Wassersprudlern und Kaffeeautomaten, nicht ausgenutzte Füllkapazitäten von Spülmaschinen, Betrieb von Wäschetrocknern, Dauer-Internetfunkbetrieb aller internetfähigen Haushaltsgeräte, fehlender Solaranschluss für Warmwassergeräte). Die Spannbreite des Stromverbrauchs für 3 Personen-Haushalte liegt zwischen ca. 1.500 und 5.000 kWh im Jahr und das Einsparpotenzial bei bis zu 70 %. Das Nutzerverhalten birgt damit ein weiteres und höheres Einsparpotential im Haushalt (ohne private Elektrofahrzeuge) und sollte in Informationskampagnen der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

2.1.2 Wirtschaft

Zum Sektor Wirtschaft zählen das verarbeitende Gewerbe (Industrie) und der Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). In der Stadt Bad Mergentheim entfallen auf die Wirtschaft rund 42 % des Endenergieverbrauchs.

Eine relevante Einflussmöglichkeit der Kommune besteht darin, ihre Vorbildfunktion als klimafreundliche Verwaltung (zugehörig zum Sektor GHD) auszubauen und die eigenen Liegenschaften und das eigene Beschaffungswesen auf Treibhausgasneutralität und nachhaltiges Wirtschaften auszurichten.

Darüber hinaus ist der Einfluss der Stadtverwaltung und des Klimaschutzmanagements auf den Bereich Wirtschaft begrenzt und erstreckt sich in der Regel auf flankierende und beratende Maßnahmen der Wirtschaftsförderung.

- Die Stadtverwaltung unterbreitet zu den Themen Energieeffizienz und Nachhaltigkeit Unterstützungsangebote für regionale kleine und mittelständische Unternehmen, z. B. in Form von Fachimpulsen, Netzwerken, Informationen und Kampagnen. Hierbei kann auf die Regionalen Kompetenzstellen

Ressourceneffizienz⁹ (KEFF+) verwiesen werden, welche kostenlose Unterstützungsangebote in den Bereichen Ressourceneffizienz und Klimaschutz bieten. Primäre Aufgabe ist der KEFF-Check für private Unternehmen, bei dem Potentiale zur Energieeinsparung identifiziert werden, sodass die Energieeffizienz erhöht werden kann.

- Die Stadtverwaltung würdigt öffentlich die Anstrengungen von Unternehmen, die sich bereits auf den Weg hin zu einer klimafreundlicheren Wirtschaftsweise gemacht haben.
- Die Stadtverwaltung erhebt Leitkriterien für unternehmerische Konzepte zur Treibhausgasneutralität, ressourcenleichtes Wirtschaften und Kompatibilität mit einer nachhaltigen Wirtschaft bei standortbeeinflussender Anwerbung von Unternehmen.

Die Rolle der Unternehmen sollte sich darauf fokussieren, im lokalen Kontext Transformationsprozesse zu gestalten und Kooperationen aufzubauen. Über die Klimabilanzierung hinaus müssen sich die strategischen und unternehmensinternen Zielsetzungen daran ausrichten, den ökologischen Fußabdruck stets zu reduzieren.

2.1.3 Mobilitätssektor

Im Bilanzjahr 2021 entfielen rund 23 % der THG-Emissionen auf den Verkehrssektor.

Allgemeine Handlungsschwerpunkte für eine nachhaltige, klimaschonende Mobilitätsentwicklung sind:

- Vermeidung von Verkehr durch Wegfall (Beispiel: Heimarbeit) oder durch Verkürzung der Wege
- Verlagerung zum Umweltverbund (öffentliche Verkehrsmittel, nicht motorisierte Verkehrsmittel, Sharing- und Mitfahrangebote)
- Verkehr klimaverträglicher abwickeln, d. h. emissionsärmer (z. B. durch Energieträgerwechsel, bessere Antriebe, sparsame Fahrweise)

Es bestehen hier zahlreiche kommunale Handlungsspielräume. Die Strategien zur Realisierung können dabei als „Push“- und „Pull“-Maßnahmen gestaltet werden. Pull-Maßnahmen versuchen das gewünschte Verhalten durch positive Anreize zu fördern, z. B.:

- Stadt der kurzen Wege: Mischgebiete Wohnen (im Entstehungsprozess) in Gewerbegebieten
- Aufbau eines Umwelt- und Mobilitätsverbundes
- Ausbau des Busstreckennetzes
- dicht getaktetes ÖPNV-Angebot sowie ganzjährige Ausweitung des Busfahrangebots
- Ausbau und Instandhaltung des Radwegenetzes
- Park and Ride bzw. Bike and Ride Plätze
- Mitfahrerportale und Mitfahrer-Apps

Push-Maßnahmen versuchen dem unerwünschten Verhalten durch negative Reize entgegenzuwirken (z. B. limitiertes Parkplatzangebot). Im Rahmen eines verkehrsträgerübergreifenden

⁹ Gefördert durch Gelder des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Baden-Württemberg

Mobilitätskonzeptes können erfolgversprechende Maßnahmen, strategische Hebel und Push- und Pull-Strategien erarbeitet werden. Aktuell wird im Stadtkern Bad Mergentheims ein neues Verkehrskonzept getestet. Dieses gilt es entsprechend auszuwerten und auf andere Stadtteile ggf. anzuwenden. Die Ortsgruppe von der Partei Bündnis 90/Die Grünen hat im Jahr 2021 ein Mobilitätskonzept entwickelt, welches bereits konkrete Maßnahmen und Ideen vorschlägt [Bündnis 90/Die Grünen 2021].

2.2 Treibhausgasminderungspotenziale durch den Einsatz erneuerbarer Energien

Uneinheitliche Potenzialbegriffe erschweren eine Vergleichbarkeit und differenzierte Betrachtung von Potenzialuntersuchungen. Eine gängige Betrachtungsweise unterscheidet die in Abbildung 7 aufgeführten Kategorien.

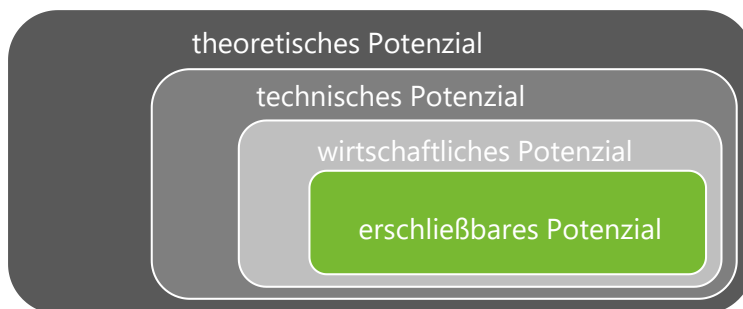


Abbildung 7 Darstellung der Potenzialkategorien für die Nutzungsmöglichkeit erneuerbarer Energien

Quelle: Eigene Darstellung nach [Kaltschmitt 2003]

- Das *theoretische Potenzial* stellt das in den geografischen Grenzen eines Gebiets verfügbare physikalische Potenzial der entsprechend zu nutzenden Energieform dar (z. B. Sonneneinstrahlung innerhalb eines Jahres, nachwachsende Biomasse einer bestimmten Fläche in einem Jahr). Gegebenenfalls vorliegende Flächenrestriktionen bleiben unberücksichtigt.
- Das *technische Potenzial* berücksichtigt technische Restriktionen sowie gesetzliche Rahmenbedingungen. Dieses Potenzial unterliegt damit im Gegensatz zum theoretischen Potenzial Veränderungen (technischer Fortschritt, Gesetzesänderungen).
- Das *wirtschaftliche Potenzial* bezeichnet denjenigen Teil des technischen Potenzials, welcher unter ökonomischen Rahmenbedingungen wirtschaftlich erschlossen werden kann.
- Das *erschließbare Potenzial* berücksichtigt weitere mögliche Hürden bei der Erschließung des wirtschaftlichen Potenzials (z. B. Herstellerkapazitäten, Vergütungen, Akzeptanz).

Im Rahmen der vorliegenden Potenzialanalyse wird unter den dargelegten Annahmen zunächst das **technische Potenzial** ermittelt. Unter Berücksichtigung des bereits genutzten Potenzials ergibt sich das maximal noch zur Verfügung stehende technische Potenzial. Vor dem Hintergrund des Ziels Treibhausgasneutralität wird ein erschließbares Potenzial bis zum Jahr 2040 auf Plausibilität und Akzeptanz geprüft. Die Ergebnisse fließen in die Szenarien ein.

2.2.1 Windenergie

Mit dem am 1. Februar 2023 in Kraft getretenen Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (Wind-an-Land-Gesetz) sind die Länder verpflichtet, bis Ende 2032 insgesamt 2 % der Bundesfläche für Windenergie auszuweisen. Für das Land Baden-Württemberg schreibt das Gesetz einen Flächenbeitragswert von 1,8 % der Landesfläche vor.

Die Regionale Planungsoffensive des Landes Baden-Württemberg soll auf regionalplanerischer Ebene die Voraussetzungen für dieses Ziel schaffen. Bei Verfehlung des Zielwertes zu den im Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) festgeschriebenen Zeitpunkten, wird Windenergie grundsätzlich privilegiert. Es können der Windenergie dann keine Ziele der Raumordnung mehr entgegengehalten werden [RVHNF 2023].

Der Energieatlas Baden-Württemberg (Energieatlas BW) der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) sowie des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg weist für die Windenergienutzung geeignete und bedingt geeignete Flächen aus. Als geeignete Flächen wurden Flächen mit einer mittleren gekappten Windleistungsdichte von 215 W/m² in einer Höhe von 160 m über dem Grund betrachtet. Die weitere Berechnungsmethodik sowie die Datengrundlagen sind auf der Webseite des Energieatlas Baden-Württemberg beschrieben. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass „lokale Gegebenheiten und Abwägungsentscheidungen [...] im Rahmen eines solchen landesweiten Berechnungsmodells naturgemäß nicht oder nur bedingt berücksichtigt werden [können]. Die ermittelten Potenziale bilden deshalb keine Planungsgrundlage, sondern dienen der Orientierung und ermöglichen einen strategischen Überblick. Vor dem Beginn konkreter Planungsvorhaben ist in jedem Fall eine detaillierte Einzelfallprüfung erforderlich.“ [LUBW 2023]

Für die Stadt Bad Mergentheim werden im Energieatlas 32 % der kommunalen Fläche als Potenzialfläche für die Windenergienutzung ausgewiesen. Als technisches Potenzial werden die sich in der Planungsphase befindlichen Flächen des Main-Tauber-Kreis angenommen. Diese Flächen entsprechen 2,8 % der Gesamtfläche Bad Mergentheims. Auf ihnen könnten 16 Windkraftanlagen einen jährlichen Nettostromertrag von etwa 184 GWh erzielen. Je Einzelanlage hätte eine Jahresstromproduktion von rund 11.807 MWh und einen Flächenbedarf von 23,4 ha. Dieser Flächenbedarf spiegelt hierbei nicht die zu versiegelnde Fläche zum Bau einer Windkraftanlage wider. Die Fläche für Fundament, Zuwege, Aufbau und Betrieb einer Anlage beträgt rund 0,4 ha. Für eine effektive Stromerzeugung müssen allerdings zwischen den Windkraftanlagen größere Abstände eingehalten werden [klimareporter.de 2024]. In Deutschland werden aktuell (2023) Windkraftanlagen mit einer durchschnittlichen installierbaren Leistung von 4,8 MW gebaut [Deutsche WindGuard 2024]. Für 2030 gibt die Deutsche WindGuard zu erwartende Volllaststunden von 2.466 h an [Deutsche WindGuard 2020].

Annahmen für Bad Mergentheim

- 1,8 % der Kommunalfläche werden zur Installation von Windkraftanlagen genutzt (Betrachtung erschließbares Potenzial).
- Pro Windkraftanlage entsteht ein Flächenbedarf von 23,4 ha bei einer Jahresstromproduktion von 11.807 MWh.

Technisches Potenzial

Bei Nutzung von 2,8 % der Kommunalfläche für Windkraftanlagen und den genannten Kennzahlen können in Bad Mergentheim Windkraftanlagen mit einer Jahresstromproduktion von rund 184 GWh installiert werden.

Genutztes Potenzial

Im Jahr 2021 wurde durch eine Bestandsanlage rund 740 MWh Windstrom erzeugt und damit etwa 0,4 % des bestehenden technischen Potenzials ausgeschöpft.

Erschließbares Potenzial

Die Potenzialanalyse zur Nutzung von Windenergie wird in Tabelle 4 zusammengefasst. Im Klimaschutzszenario sind die Zielvorgaben des „Wind-an-Land-Gesetzes“ für Baden-Württemberg (1,8 % der Kommunalfläche) berücksichtigt. Dies entspricht einem erschließbaren Potenzial von 74 GWh¹⁰ an Strom, wovon im Jahr 2021 etwa 0,6 % durch eine Bestandsanlage genutzt wurde. Das erschließbare Potenzial entspricht 64 % des technischen Potenzials. Somit steht eine zusätzliche Windstrommenge von rund 73 GWh jährlich zur Verfügung. Das Ausschöpfen des gesamten erschließbaren Potenzials würde den Bau von etwa 9 Windkraftanlagen sowie dem Repowering der Bestandsanlage erfordern, mit einer Anlagennennleistung von durchschnittlich 4,8 MW (bei Annahme einer Jahresvolllaststundenzahl von 2.466 h). Der Einsatz kleinerer Anlagen würde voraussichtlich die benötigte Anlagenanzahl erhöhen, da diese zwar weniger Fläche beanspruchen, aber auch weniger Strom erzeugen.

Tabelle 4 Ergebnisse der Potenzialanalyse Windenergie in Bad Mergentheim
Quelle: IE Leipzig

Windenergie	Energieertrag elektrisch	
Technisches Potenzial	184 GWh/a	100 %
Genutztes Potenzial 2021 des technischen Potenzials	0,739 GWh/a	0,4 %
Maximal noch zur Verfügung stehendes erschließbares Potenzial	183 GWh/a	99 %
Erschließbares Potenzial 2040 (Berücksichtigung im Klimaschutzszenario, 1,8 % der Kommunalfläche)	74 GWh/a	63 %

¹⁰ Da in einem Gespräch mit der Stadtverwaltung auf Flächen mit aktuellen Höhen-Restriktionen hingewiesen wurde, wird für das Klimaschutzszenario angenommen, dass nur ein Teil des erschließbaren Potenzials tatsächlich realisierbar ist – in diesem Fall 63 % des erschließbaren Potenzials. Dies ist ein Abschlag bei der Berechnungsmethodik, die betrachtete Fläche bleibt erhalten. Im Prinzip gilt, dass Anlagen mit einer niedrigeren Nabe, in der Summe schlechter performen als höhere Anlagen.

2.2.2 Solarenergie

Am 1. Februar 2023 hat der Landtag das neue Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg verabschiedet, in welchem auch die Pflicht zur Installation von Photovoltaikanlagen beim Neubau von Wohn- und Nichtwohngebäuden, bei einer grundlegenden Dachsanierung von Bestandsgebäuden und für größere, offene Parkplätzen verankert ist. Das Gesetz gibt weiterhin vor, dass in den Regionalplänen **mindestens 0,2 %** der jeweiligen Regionsfläche für die Nutzung von Photovoltaik auf Freiflächen festgelegt werden.

Durch Photovoltaikanlagen (PVA) kann die Strahlungsenergie der Sonne als elektrische Energie bzw. durch solarthermische Anlagen als thermische Energie nutzbar gemacht werden. Folgende Nutzungsflächen werden berücksichtigt:

- Dachflächen
- Freiflächen im 500-Meter-Streifen entlang von Schienenwegen
- Agri-PV/Freiflächen-PV auf landwirtschaftlich benachteiligten Gebieten
- Parkplatzflächen mit mehr als 35 Stellplätzen

Annahmen für Bad Mergentheim

- Die für die jeweiligen Nutzungsformen berücksichtigten Flächenpotenziale sowie die Annahmen für die spezifischen Erträge sind in Tabelle 12 der Anlage aufgeführt.
- Die Potenzialanalyse berücksichtigt für Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) Flächenpotenziale im 500-Meter-Streifen entlang von Schienenwegen mit einem Ausnutzungsgrad von 50 %.
- PV-FFA in benachteiligten Gebieten werden ebenso berücksichtigt, hier wird aber ein deutlich geringerer Ausnutzungsgrad angenommen (4 %).
- Es wird angenommen, dass 7 % des im Klimaschutzenszenario für das Jahr 2040 prognostizierten Jahreswärmebedarfs durch solarthermische Anlagen auf Gebäudedächern gedeckt werden.
- Freiflächen-Solarthermie wird aus der Kommunalen Wärmeplanung für Bad Mergentheim [EGS-Plan 2023] übernommen und die entsprechenden Flächen werden von den PV-FFA in den benachteiligten Gebieten abgezogen.

Technisches Potenzial

Unter den zuvor genannten Annahmen lassen sich für die Gemeinde Bad Mergentheim ein solarthermisches Gesamtpotenzial von rund 80 GWh/a sowie ein Jahresstromertrag durch Photovoltaik-Anlagen von etwa 401 GWh ableiten.

Genutztes Potenzial

Im Jahr 2021 wurden rund 15 GWh PV-Strom in der Stadt Bad Mergentheim erzeugt und durch solarthermische Anlagen etwa 4,5 GWh Wärme bereitgestellt.

Erschließbares Potenzial

Die Ergebnisse des Gesamtpotenzials für die Nutzung solarer Strahlung durch PV- und Solarthermieanlagen in Bad Mergentheim sowie die Ausnutzung dieses Potenzials zum Jahr 2021 sind in Tabelle 5

zusammengefasst. Es werden bisher 6 % des Gesamtpotenzials thermischer Energie sowie 4 % des Gesamtpotenzials elektrischer Energie aus Solarenergie genutzt. Für das Klimaschutzszenario wird angenommen, dass die Wärmebereitstellung aus Solarthermie etwa verachtfacht wird. Dabei wird sowohl der Ausbau von Dachanlagen berücksichtigt, die mithilfe von Wärmepumpen die benötigte Wärme bereitstellen, als auch die Nutzung von Freiflächen-Solarthermie, die durch Großwärmepumpen Wärme für Nahwärmenetze liefert. Die Strombereitstellung im Klimaschutzszenario wird um 73 % steigen. Es besteht somit ein erheblicher Ausbaubedarf für PV- und Solarthermieranlagen.

Tabelle 5 Ergebnisse der Potenzialanalyse Solarenergie in Bad Mergentheim

Quelle: IE Leipzig

Solarenergie	Energieertrag thermisch		Energieertrag elektrisch	
Technisches Potenzial	80 GWh/a	100 %	401 GWh/a	100 %
davon Dachanlagen	14 GWh/a	18 %	184 GWh/a	46 %
davon Freiflächenanlagen (500-Meter-Streifen)	-	-	88 GWh/a	22 %
davon Agri-PV/Freiflächenanlagen (benachteiligte Gebiete)	66 GWh/a	82 %	115 GWh/a	29 %
davon Carports/Parkflächen	-	-	15 GWh/a	4 %
Genutztes Potenzial 2021	4,5 GWh/a	6 %	15 GWh/a	4 %
Maximal noch zur Verfügung stehendes technisches Potenzial	76 GWh/a	94 %	386 GWh/a	96 %
Erschließbares Potenzial 2040 (Berücksichtigung im Klimaschutz-Szenario)	36 GWh/a	46 %	26 GWh/a	6 %

2.2.3 Biomasse

Aufgrund der Vielfalt an unterschiedlichen Biomassen und deren Nutzungspfaden sind die Energiebereitstellungspotenziale durch Biomasse schwer abschätzbar. Im Folgenden wird dargelegt, welche Biomassen (vgl. Tabelle 13) für Bad Mergentheim berücksichtigt und mit welchen Entwicklungen und Grundannahmen das technische Biomassepotenzial zur Bereitstellung von Strom und Wärme ermittelt wurde. Hierbei wurden die in der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann“ [Agora 2021] angenommenen bundesweiten Tendenzen auf die Stadt Bad Mergentheim übertragen.

Annahmen für Bad Mergentheim

- Biogaspotenziale werden ausschließlich für die Reststoffe Gülle, Stroh und Bioabfälle abgeleitet.
- 14 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche werden für Kurzumtriebsplantagen (KUP) genutzt [Agora 2021].
- Es wird die energetische Verwertung von 30 % des jährlichen Holzzuwachses in den Wäldern Bad Mergentheims angenommen.
- Weitere Annahmen, insbesondere spezifische Kennzahlen, zur Berechnung der Biomassepotenziale sind in Tabelle 13 im Anhang aufgeführt.

Technisches Potenzial

Auf Basis der landwirtschaftlichen Kenndaten 2020 sowie den genannten Grundannahmen kann für Biomasse ein technisches Potenzial von rund 66 GWh/a Wärme (Holz: 60 GWh/a; Gülle: 1,2 GWh/a; Bioabfälle: 0,6 GWh/a; Stroh: 4,8 GWh/a) und etwa 3,3 GWh/a Strom aus Biomasse-BHKW, Holz- und Halmgutheiz(kraft)werken abgeleitet werden.

Genutztes Potenzial

Im Jahr 2021 wurde in der Stadt Bad Mergentheim insgesamt etwa 72 GWh Wärme und rund 8 GWh Strom durch Biomasse bereitgestellt. Das entspricht rund 35 % des Wärmebedarfs und 9 % des Strombedarfs im Jahr 2021. Von der Wärme entfallen rund 29 GWh/a auf die Fernwärme, die durch das Naturwärmekraftwerk zur Verfügung gestellt wird.

Erschließbares Potenzial

Tabelle 6 stellt das berechnete Biomassepotenzial dem im Bilanzjahr 2021 genutzten Potenzial gegenüber. Unter den oben aufgeführten Annahmen sind bereits 109 % des Gesamtpotenzials thermischer Energie aus Biomasse ausgenutzt. Das innerhalb der Stadtgrenze zur Verfügung stehende Gesamtpotenzial elektrischer Energie aus Biomasse ist bereits zu 236 % ausgeschöpft. Es ist zu beachten, dass Biomasse als mobiles Gut über Stadtgrenzen hinaus gehandelt und transportiert wird, was sie von den Energieträgern Photovoltaik- und Windenergie unterscheidet. Im Fall von Bad Mergentheim zeigt sich, dass bereits deutlich mehr Biomasse importiert wird, als lokal zur Verfügung steht.

Tabelle 6 Ergebnisse der Potenzialanalyse Biomasse in Bad Mergentheim

Quelle: IE Leipzig

Biomasse	Energieertrag thermisch		Energieertrag elektrisch	
Technisches Potenzial	66,1 GWh/a	100 %	3,3 GWh/a	100 %
davon Holz (KUP und Waldholz)	59,6 GWh/a	90 %	-	-
davon tierische Exkremente	1,2 GWh/a	2 %	1,6 GWh/a	49 %

davon Bioabfälle	0,6 GWh/a	1 %	0,8 GWh/a	24 %
davon Stroh	4,8 GWh/a	7 %	0,9 GWh/a	27 %
Genutztes Potenzial ohne Naturwärmekraftwerk 2021	42,5 GWh/a	64 %	1,0 GWh/a	30 %
Genutztes Potenzial Naturwärmekraftwerk 2021 (als Fernwärme berücksichtigt)	29,4 GWh/a	45 %	6,8 GWh/a	206 %
Maximal noch zur Verfügung stehendes technisches Potenzial	-5,8 GWh/a	-9 %	-4,5 GWh/a	-136 %
Erschließbares Potenzial 2040 (Berücksichtigung im Klimaschutz-Szenario)	71,9 GWh/a	109 %	7,8 GWh/a	236 %

2.2.4 Erd- und Umweltwärme

Oberflächennahe Erdwärme (Geothermie bis zu einer Tiefe von 400 m) und Umweltwärme werden durch die Technologie der Erdreich- bzw. Luftwärmepumpen nutzbar gemacht. Neben der oberflächennahen Geothermie kann in einigen Gebieten in Deutschland auch Tiefengeothermie genutzt werden. Da hierzu keine ausreichenden Informationen vorliegen, wird im Weiteren ausschließlich die oberflächennahe Geothermie berücksichtigt. Auch die Kommunale Wärmeplanung für die Stadt Bad Mergentheim hat von einer vertiefenden Betrachtung der Tiefengeothermie abgesehen, da das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGBR) hier keine nennenswerten Potenziale benennt. Andere potenzielle Wärmequellen, die durch Wärmepumpen erschlossen werden können, sind bspw. Abwärme. Darauf wird im Kapitel Abwärme (vgl. Abschnitt 2.2.6) eingegangen.

Zur Berechnung des technischen Potenzials für oberflächennahe Erd- und Umweltwärme wurden die Entwicklungen auf Basis bundesweiter Studien für die Stadt Bad Mergentheim angewendet und eine Zielwertanalyse erstellt [Agora 2021].

Annahmen für Bad Mergentheim

- Die Nutzung von Tiefengeothermie wird nicht berücksichtigt.
- 60 % der Wohnfläche werden mit Wärme aus Wärmepumpen versorgt.
- Der spezifische Heizwärmebedarf der durch Wärmepumpen beheizten Wohnflächen beträgt 65 kWh/(m²*a).

Technisches Potenzial

Auf Grundlage der oben beschriebenen Annahmen ergibt sich eine durch Wärmepumpen bereitgestellte Wärmemenge von jährlich etwa 45 GWh.

Genutztes Potenzial

Zur Ermittlung des genutzten Potenzials von Erd- und Umweltwärme wurden die von den Energieversorgungsunternehmen gelieferten Daten des Stromverbrauchs für Wärmepumpen zu Grunde gelegt. Die Multiplikation des Wärmepumpenstroms mit einer angenommen Jahresarbeitszahl von 3,7 [BICO2 BW 2024] ergibt für das Bilanzjahr 2021 eine genutzte Wärmemenge von etwa 6 GWh.

Erschließbares Potenzial

Im Bilanzjahr 2021 wurden rund 13 % des durch Wärmepumpen nutzbaren Potenzials von Erd- und Umweltwärme genutzt. Es verbleibt demnach ein maximal noch zu Verfügung stehendes technisches Wärmepotenzial von jährlich 39 GWh thermischer Energie aus Erd- und Umweltwärme (Tabelle 7).

Tabelle 7 Ergebnisse der Potenzialanalyse für die Nutzung von Erd- und Umweltwärme in Bad Mergentheim
Quelle: IE Leipzig

Erd- und Umweltwärme	Energieertrag thermisch	
Technisches Potenzial	45,2 GWh/a	100 %
Genutzte Potenzial 2021	5,9 GWh/a	13 %
Maximal noch zur Verfügung stehendes technisches Potenzial	39,3 GWh/a	87 %
Erschließbares Potenzial 2040 (Berücksichtigung im Klimaschutz-Szenario)	45,2 GWh/a	100 %

2.2.5 Wasserkraft

Im Energieatlas BW wird für die Stadt Bad Mergentheim das Potenzial für die sogenannte kleine Wasserkraft (zwischen 8 kW und 1 MW) im Flusseinzugsgebiet der Tauber dargestellt. Auch hier muss bei der Eignungsprüfung eines Standorts für ein Aus- oder Neubauvorhaben insbesondere die Berücksichtigung ökologischer Belange im Einzelfall erfolgen.

Annahmen für Bad Mergentheim

- Es wird das im Energieatlas BW veröffentlichte Potenzial zur Nutzung von kleiner Wasserkraft in der Gemeinde übernommen.
- Die im Energieatlas BW erfassten Wasserkraftbestandsanlagen mit einer installierten Leistung von über 1 MW werden mit unveränderter Anlagenleistung weiterbetrieben.

Technisches Potenzial

In der Stadt Bad Mergentheim können laut Energieatlas BW vier kleine Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von insgesamt 312 kW ausgebaut, bzw. neu errichtet oder mit gleicher Anlagenleistung weiter betrieben werden. Der mögliche Jahresstromertrag dieser Anlagen beträgt rund 1,3 GWh.

In Bad Mergentheim sind derzeit zwei Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 115 kW in Betrieb.

Genutztes Potenzial

Im Jahr 2021 wurden rund 0,5 GWh Strom durch Wasserkraft von den Bestandsanlagen erzeugt. Dies entspricht einem Anteil von rund 1,5 % an der durch Erneuerbare Energien erzeugten Strommenge in der Stadt.

Erschließbares Potenzial

Im Bilanzjahr 2021 wurden rund 35 % des vom Energieatlas BW ausgewiesenen Wasserkraftpotenzials in Bad Mergentheim genutzt. Es verbleibt demnach ein maximal noch zur Verfügung stehendes technisches Stromerzeugungspotenzial von jährlich rund 0,9 GWh (Tabelle 8). Aus ökologischen Gründen wird jedoch von einer Erschließung des Potenzials abgesehen.

Tabelle 8 Ergebnisse der Potenzialanalyse für die Nutzung von Wasserkraft in Bad Mergentheim
Quelle: IE Leipzig

Wasserkraft	Energieertrag elektrisch	
Technisches Potenzial	1,3 GWh/a	100 %
Genutztes Potenzial 2021	0,5 GWh/a	35 %
Maximal noch zur Verfügung stehendes technisches Potenzial	0,9 GWh/a	65 %
Erschließbares Potenzial 2040 (Berücksichtigung im Klimaschutz-Szenario)	0,5 GWh/a	35 %

2.2.6 Abwärme

Abwärme entsteht in Industrie- und Gewerbebetrieben als unvermeidbares Nebenprodukt bei verschiedenen Prozessen, wie etwa der Schwerindustrie oder in Produktionsanlagen. Diese Wärme wird oft ungenutzt an die Umgebung abgegeben, obwohl sie ein wertvolles Potenzial darstellt. Durch die Nutzung von Wärmerückgewinnungssystemen kann diese Abwärme aufgefangen und sinnvoll weiterverwendet werden, beispielsweise in Nah- oder Fernwärmenetzen. Hier wird die überschüssige Wärme gesammelt und zu privaten Haushalten oder gewerblichen Nutzern transportiert. Sie kann dort für die Heizung von Gebäuden, die Warmwasserbereitung oder auch in Bädern und Schwimmbädern eingesetzt werden. Die Nutzung von Abwärme trägt nicht nur zur Energieeffizienz bei, sondern reduziert auch den Einsatz fossiler Brennstoffe und damit den Ausstoß von Treibhausgasemissionen. In vielen Fällen bietet die Integration von Abwärme in Fernwärmenetze eine kosteneffiziente und umweltfreundliche Möglichkeit, bestehende Ressourcen optimal zu nutzen und die Energiewende aktiv voranzutreiben.

Abwärme aus Abwasserkanälen und Kläranlagen stellt eine zusätzliche, oft ungenutzte Wärmequelle dar. In diesen Anlagen entsteht abseits des Warmwassereintrags durch die Bevölkerung zusätzlich Wärme durch biologische Abbauprozesse und Reinigungsverfahren, die ebenfalls abgeführt werden kann. Durch geeignete Technologien, wie Wärmetauscher, kann diese Wärme erfasst und in das Nah- oder Fernwärmenetz integriert werden. Die Nutzung dieser Abwärme trägt nicht nur zur Steigerung der Energieeffizienz bei, sondern verbessert auch die Umweltbilanz der Abwasserbehandlung, indem sie zur Beheizung von Gebäuden oder zur Warmwasserbereitung in umliegenden Haushalten und Einrichtungen beitragen kann.

Annahmen für Bad Mergentheim

Die Kommunale Wärmeplanung hat bereits umfassend das Potenzial von Abwärme analysiert. Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes werden die Ergebnisse dieser Potenzialanalyse übernommen.

Technisches Potenzial

Die Kommunale Wärmeplanung gibt für Abwärme aus Industrie- und Gewerbebetrieben kein Potenzial an, da in Bad Mergentheim keine Betriebe ansässig sind, welche eine wirtschaftlich nutzbare Abwärme in der Nähe zu potenziellen Abnehmern aufweisen.

Weiterhin erfolgt die Betrachtung des energetischen Potenzials der Abwärmenutzung aus Abwasserkanälen und Kläranlagen. Dieses wird auf etwa 9 GWh pro Jahr beziffert,

Genutztes Potenzial

Derzeit wird in Bad Mergentheim keine Abwärme energetisch genutzt.

Erschließbares Potenzial

Die Ergebnisse der Abwärme-Potenzialanalyse sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9 Ergebnisse der Potenzialanalyse Abwärme in Bad Mergentheim

Quelle: Kommunale Wärmeplanung Bad Mergentheim

Abwärme	Energieertrag thermisch	
Technisches Potenzial	9,0 GWh/a	100 %
Abwärme – Industrie und Gewerbe	0 GWh/a	0
Abwasser – Kanal	1,3 GWh/a	14 %
Abwasser – Kläranlage	7,8 GWh/a	86 %
Genutztes Potenzial 2021	0 GWh/a	0 %

Maximal noch zur Verfügung stehendes technisches Potenzial	9,0 GWh/a	100 %
Erschließbares Potenzial 2040 (Berücksichtigung im Klimaschutz-Szenario)	9,0 GWh/a	100 %

2.2.7 Zusammenfassung Energiebereitstellungspotenziale Erneuerbare Energien

Das technische Potenzial zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen in der Stadt Bad Mergentheim wurde im Jahr 2021 zu etwa 4 % im Bereich der Stromerzeugung und zu rund 41 % im Bereich der Wärmeerzeugung ausgeschöpft. Dabei entfällt der größte Anteil der Wärmeerzeugung auf Biomasse, die überwiegend importiert wird. Dadurch ist die tatsächliche Nutzung der Biomasse höher, als es die lokalen Potenzialanalysen vermuten lassen.

Insgesamt könnten durch erneuerbare Energien jährlich etwa 590 GWh Strom und 200 GWh Wärme bereitgestellt werden. Das technische Potenzial zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen beträgt etwa das Sechsfache des Strombedarfs von 2021. Im Gegensatz dazu deckt das Potenzial für erneuerbare Wärmeerzeugung nur knapp den aktuellen (2021) Wärmebedarf. Eine vollständig treibhausgasneutrale Energieversorgung kann durch Energieeinsparung und den Einsatz von Sektorenkopplung erreicht werden, z. B. durch Speicher- und Umwandlungstechnologien, um überschüssigen Wind- und Solarstrom zur Wärmeerzeugung zu nutzen.

Ein möglicher Ansatz ist die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger. Da Bad Mergentheim und der Landkreis Main-Tauber nicht an das nationale Wasserstoff-Kernnetz angeschlossen wird [fnb-gas.de 2024], müsste Wasserstoff idealerweise vor Ort produziert werden. Darüber hinaus könnten Technologien wie saisonale Wärmespeicher helfen, die zeitliche Diskrepanz zwischen Energieerzeugung und Energiebedarf auszugleichen.

Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen das technische Potenzial für die Energieversorgung durch erneuerbare Energien und den Ausnutzungsgrad im Jahr 2021.

Der größte Beitrag zur Stromerzeugung könnte durch Photovoltaikanlagen auf verschiedenen Flächen im Stadtgebiet geleistet werden. Die Potenziale wurden für PV-Dachanlagen, Freiflächenanlagen entlang von Schienenwegen, landwirtschaftlich benachteiligte Flächen für Agri-PV sowie Parkplätze mit über 35 Stellplätzen berechnet.

Das technische Potenzial zur Stromerzeugung aus Windenergie wird derzeit nur zu etwa 0,4 % genutzt. Unter den aktuellen Annahmen könnte Windenergie den Strombedarf von 2021 bilanziell um 132 % übersteigen, wenn auf der Fläche der Stadt Bad Mergentheim 10 moderne Windkraftanlagen installiert würden. Derzeit steht nur eine ältere, leistungsschwächere Anlage, die durch Repowering ersetzt werden könnte. Vier neue Windkraftanlagen befinden sich bereits im Bau.

Der Energieträger Biomasse hat den höchsten Ausnutzungsgrad, mit über 200 % im Bereich der Stromerzeugung und 109 % bei der Wärme. Da Biomasse größtenteils importiert wird, spiegelt dieser Ausnutzungsgrad nicht das lokal verfügbare Potenzial wider.

Wasserkraft spielt eine kleinere Rolle in der Stromerzeugung und deckt nur etwa 0,5 % des Strombedarfs von 2021, obwohl bereits 35 % des technischen Potenzials genutzt werden.

Ein Teil der Wärmeerzeugung erfolgt durch Solarthermie und Umweltwärme. Obwohl bereits 19 % des Potenzials genutzt werden, deckt dies derzeit nur knapp 2 % des Gesamtwärmebedarfs. Damit steht die Umstellung der Wärme auf erneuerbare Energien in Bad Mergentheim vor großen Herausforderungen. Neben der Ausschöpfung der Potenziale für Solarthermie und Umweltwärme gilt es, die Abwärme aus Kläranlagen und Kanälen zu nutzen sowie leistungsstarke saisonale Wärmespeicher oder Umwandlungstechnologien (z. B. Power-To-Heat) einzusetzen.

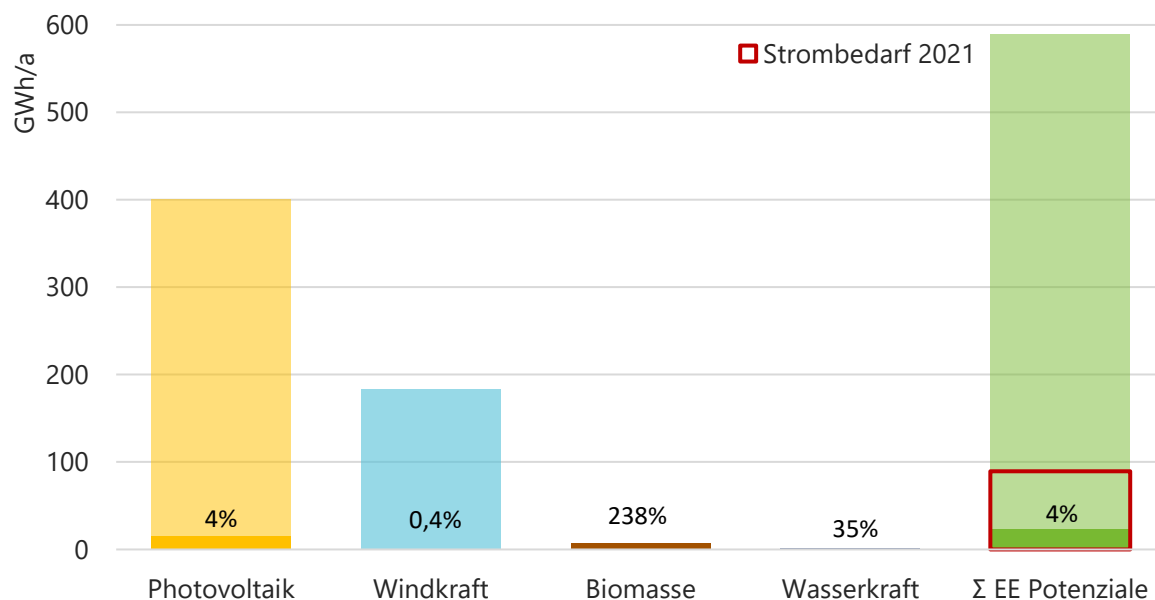


Abbildung 8 Technisches Potenzial und Ausnutzungsgrad (in Prozent) erneuerbarer Energien zur Strombereitstellung in der Gemeinde Bad Mergentheim

Quelle: IE Leipzig

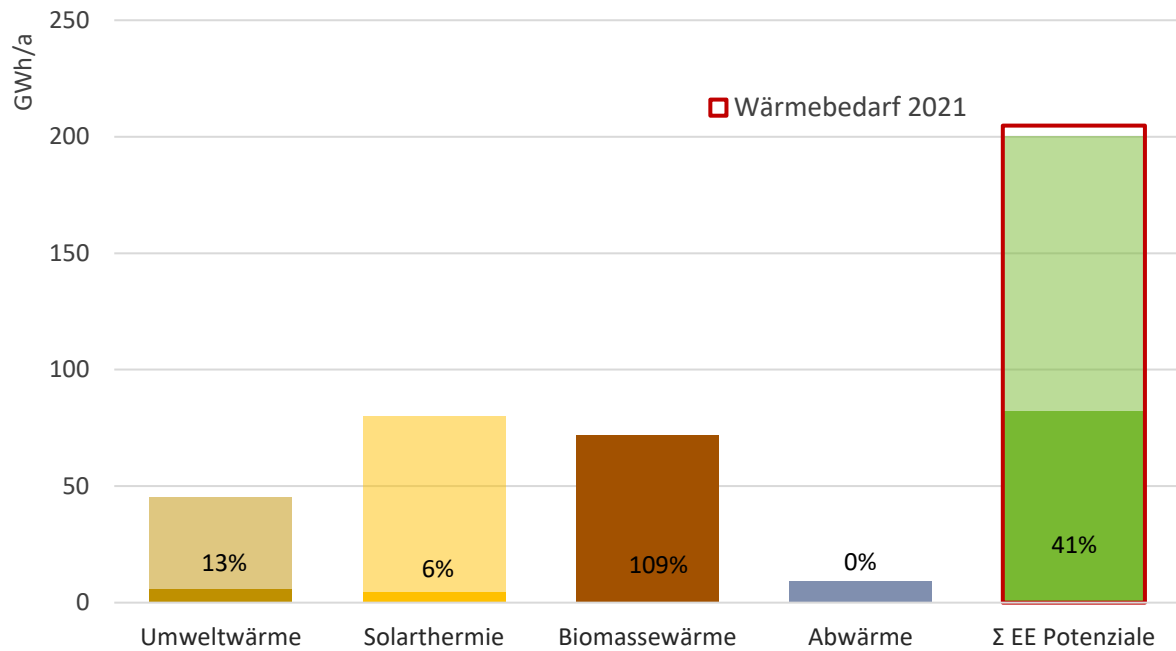


Abbildung 9 Technisches Potenzial und Ausnutzungsgrad (in Prozent) erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung in der Gemeinde Bad Mergentheim

Quelle: IE Leipzig

3 Szenarien

Auf Basis der Energie- und THG-Bilanz 2021 sowie der regionalen Potenziale wird im Klimaschutzszenario dargelegt, welche Maßnahmen zur Energieeinsparung und zum Ausbau erneuerbarer Energien notwendig sind, um das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2040¹¹ in der Gemeinde Bad Mergentheim zu erreichen. Die zu erwartenden Einsparungen bei Energieverbrauch und Emissionen werden dabei mit einem Referenzszenario verglichen.

Ein zusätzliches Perspektivszenario zeigt, welche weiteren Ergebnisse durch ambitioniertere Nutzung der Potenziale über die Vorgaben hinaus möglich wären.

Szenarien bieten eine Grundlage zur Festlegung konkreter Klimaschutzziele. Sie sind abstrakte Rechenmodelle, die auf Annahmen über zukünftige Entwicklungen basieren und nicht als Prognosen zu verstehen. Szenarien geben Anhaltspunkte, wie sich Energieverbrauch und THG-Emissionen in den kommenden Jahren entwickeln könnten – sowohl in einem Pfad ohne ambitionierte Maßnahmen (Referenzszenario) als auch in einem Pfad mit umfassenden Klimaschutzmaßnahmen (Klimaschutzszenario). Dabei wird bilanziell nahezu Null erreicht, allerdings bleibt eine Diskrepanz, die bspw. durch die Nutzung von grünen Gasen (z.B. Power-to-Gas) ausgeglichen werden kann.

Das Perspektivszenario geht daher einen Schritt weiter: Es zeigt, in welchem Umfang Bad Mergentheim die Vor-Ort-Produktion von grünem Gas zur Schließung der Lücke ermöglichen könnte, und nicht auf Import angewiesen wäre.

3.1 Strukturdaten

Die Berechnung der Szenarien bedarf der Abbildung zentraler Entwicklungsgrößen, die einen wesentlichen Einfluss auf den zukünftigen Energieverbrauch und die Emissionen haben. Dabei handelt es sich um die Entwicklung der Bevölkerung, Wohnflächen sowie Anzahl von Beschäftigten in der Gemeinde, die basierend auf vorliegenden Statistiken sowie offiziellen Prognosen fortgeschrieben werden. Die Strukturdaten werden für alle Szenarien gleichermaßen angenommen.

¹¹ Am 1. Februar 2023 hat der Landtag von Baden-Württemberg das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsge-
setz Baden-Württemberg (KlimaG BW) verabschiedet. Es macht klare Vorgaben, den Ausstoß von Treibhausgasen zu
reduzieren: Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis
2030 um mindestens 65 % und bis 2040 soll über eine schrittweise Minderung Netto-Treibhausgasneutralität („Kli-
maneutralität“) erreicht sein.

Bevölkerung

Bad Mergentheim hatte im Bilanzjahr 2021 23.803 Einwohnerinnen und Einwohner¹² [Zensus2022 2024]. Diese Zahl ergibt sich rückwirkend durch die Ergebnisse des Zensus 2022. Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg hat in seiner Regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung (basierend auf den Daten des Zensus 2011) für die Gemeinde Bad Mergentheim eine Einwohnerzahl von 24.361 für das Jahr 2030 und von 24.652 für das Jahr 2040 prognostiziert [statistik-bw.de 2024d] (Abbildung 10). Zwischen 2021 und 2040 entspricht das einer Zunahme um 3,6 % (ca. 850 Einwohner).

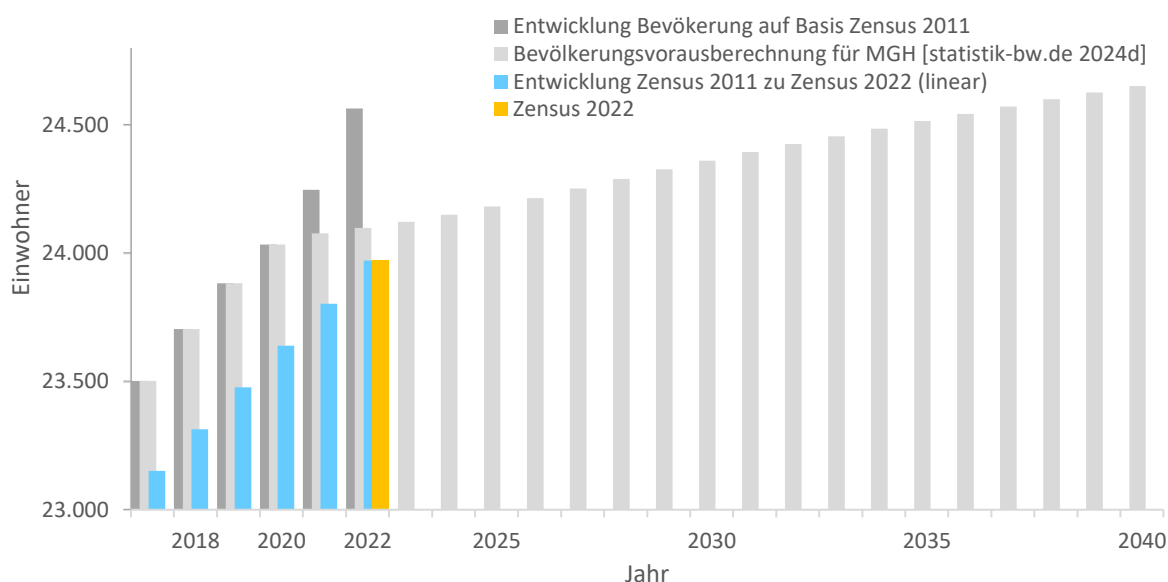


Abbildung 10 Prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahl bis 2040 in der Gemeinde Bad Mergentheim

Quelle: IE Leipzig, [statistik-bw.de 2024d] [Zensus2022 2024]

Wohnflächen

In der Gemeinde Bad Mergentheim gibt es derzeit ca. 5.500 Gebäude, diese Angabe resultiert aus dem Tool BICO2 BW. Die Wohnfläche wird für das Jahr 2021 mit ca. 1,15 Mio. m² angegeben.

Ein wichtiger Kennwert zur Prognose des zukünftigen Wärmebedarfs ist die Pro-Kopf-Wohnfläche. Deutschlandweit steigt dieser Wert weiterhin stetig an. Gründe dafür sind ein anhaltender Trend zu größeren Wohnungen und eine zunehmende Anzahl von Singlehaushalten. Auch eine Zunahme des Anteils an älteren Personen führt zu einer Steigerung von Wohnflächen, da diese oft nach Ende der Familienphasen in ihren größeren Wohnungen verbleiben. Vor dem Hintergrund der Energieeinsparung ist zumindest eine gleichbleibende Wohnfläche je Einwohner anzustreben. Daher wird in den Szenarien

¹² Die Einwohnerinnen und Einwohner wurden anhand des Zensus 2011 und Zensus 2022 ermittelt, dabei wurde eine lineare Entwicklung angenommen.

angenommen, dass sich die Pro-Kopf Wohnfläche in Bad Mergentheim bis zum Jahr 2030 noch auf 47 m² erhöht, dann aber konstant bleibt.

Aufgrund der prognostizierten Zunahme der Einwohnerzahlen wird bis zum Jahr 2040 von einem Anstieg der Wohnfläche um 6,1 % auf 1,22 Mio. m² ausgegangen.

Erwerbspersonen

Eine weitere wichtige Annahme bezüglich des zukünftigen Energieverbrauchs ist die Entwicklung der Erwerbstätigenzahl. Die Abschätzung basiert auf regionalen Strukturtypen in [BBSR 2021].¹³ Die Gemeinde Bad Mergentheim befindet sich demnach in einer strukturschwächeren Region, so dass bis zum Jahr 2040 entsprechende dem bundesweiten Trend von einem leichten Rückgang der Erwerbstätigenzahl um 6 % von 12.246 im Jahr 2021 auf 11.511 im Jahr 2040 ausgegangen wird. Die demografische Alterung der Erwerbspersonen setzt sich flächendeckend fort.

3.2 Annahmen zu den Szenarien

Die Gemeinde Bad Mergentheim hat in dem Integrierten Stadtentwicklungskonzept, sowie dem Stadtentwicklungskonzept festgehalten, dass die Gemeinde bis 2034 Klimaneutralität sein möchte. Ein 2018 erstelltes Integriertes Klimaschutzkonzept für den Main-Tauber-Kreis beschreibt Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen, zur Senkung des Energiebedarfs und zum Ausbau erneuerbarer Energien. Konkrete Ziele für die Gemeinde Bad Mergentheim wurden daraus jedoch noch nicht abgeleitet.

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung und des aktuellen Integrierten Klimaschutzkonzepts für Bad Mergentheim können nun Ziele formuliert und konkret umgesetzt werden. Als Grundlage dienen die Landesziele Baden-Württembergs bis 2040. Eine Klimaneutralität bis 2034 wird als überaus ehrgeiziges Ziel angesehen. Auf dieser Basis wurden zwei Zukunftsszenarien (Referenz und Klimaschutz) bis 2040 entwickelt, die die technischen Potenziale und die Ausgangssituation der Gemeinde berücksichtigen. Zusätzlich wurde ein Perspektivszenario erarbeitet, das über das Klimaschutzszenario hinausgeht und Möglichkeiten der Sektorenkopplung untersucht (vgl. Abschnitt 3.5).

Anhand des *Referenzszenarios* („business as usual“) werden die Entwicklungen unter den vorhergesagten Änderungen der Rahmenbedingungen bis zum Jahr 2040 fortgeschrieben. Dabei wurden strukturelle Veränderungen, wie beispielsweise die Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung sowie der technische Fortschritt berücksichtigt. Aktuell wird im Westen der Gemeinde ein Wind-Park errichtet, dessen Umsetzung in das Referenzszenario einfließt.

¹³ Basierend auf ausgewählten wirtschaftlichen und demografischen Struktur- und Entwicklungsindikatoren erfolgte in [BBSR 2021] mittels einer Cluster- und Diskriminanzanalyse eine Typisierung der Regionen. Genutzt wurden dafür Informationen zur Entwicklung der Erwerbstätigen, der Bevölkerung und der Wirtschaftskraft (Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen).

Mit dem *Klimaschutzszenario* soll ein Pfad beschritten werden, bei dem die Umsetzung geeigneter Maßnahmen zur Energieeinsparung sowie zum Ausbau der erneuerbaren Energien vorrausschauend, ambitioniert und koordiniert verläuft. Dafür müssen zusätzliche Maßnahmen bei Gebäuden, im Wirtschaftssektor und im Bereich Energieerzeugung umgesetzt werden, die technisch und wirtschaftlich durchführbar sind.

Die grundlegenden Annahmen für die Szenarien in Bezug auf Energieerzeugung, Effizienzsteigerung sowie Treibhausgaseinsparung durch Energieträgerwechsel sind in Tabelle 10 dargestellt. Wie diese jeweils erreicht werden können, ist auf verschiedenen Wegen möglich. Bei den eigenen Liegenschaften der Stadt Bad Mergentheim kann der Fokus beispielsweise zunächst auf der Gebäudesanierung oder Leuchtmitteltausch liegen, anschließend auf dem Austausch veralteter Kessel oder dem Einsatz intelligenter Steuerungstechnik. Mit welchen Maßnahmen und Instrumenten innerhalb seiner eigenen Zuständigkeiten und im erweiterten Einflussbereich die Stadt die Ziele des Klimaschutzszenarios erreichen möchte, wird mit den beteiligten Akteuren diskutiert und festgelegt.

Im Bereich Energieeffizienz und -einsparung wurden u.a. Annahmen zu Sanierungsraten und Steigerung von Brennstoff- und Stromeffizienz bzw. Senkung von Brennstoff- und Stromverbrauch getroffen. Das Referenzszenario für die eigenen Liegenschaften leitet sich aus den bisherigen Entwicklungen ab. Für das Klimaschutzszenario wird eine ambitioniertere Steigerungsrate der Strom- und Brennstoffeffizienz angenommen. Die Gebäudesanierungsrate wurde entsprechend den bundesweiten Entwicklungen im Referenzszenario mit 1 % [dena 2021] und im Klimaschutzszenario laut [Kopernikus-Projekt Ariadne 2021] mit 2 % angesetzt.

Der Ausbaupfad erneuerbarer Energien wurde im Klimaschutzszenario entsprechend der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ [Agora 2021] und unter Bezugnahme der regionalen Potenziale (vgl. Abschnitt 2.2) abgeleitet. Entsprechend dem „Wind-an-Land-Gesetz“ werden 1,8 % der Landkreisfläche zur Nutzung von Windenergie in beiden Szenarien berücksichtigt.

In einem weiteren *Perspektivszenario* werden alle geplanten Windvorranggebiete innerhalb der Gemarkung Bad Mergentheims berücksichtigt, die daraus und unter Berücksichtigung einer noch ambitionierteren Ausschöpfung des PV-FFA Potenzials entstehenden Strommengen stehen dann zur Sektorenkopplung zur Verfügung. Damit lassen sich grüne Gase in Form von Power-to-Gas realisieren, welche benötigt werden, um fehlende Gasbedarfe, z.B. im Sektor der Industrie aber auch im Bereich der GHD und den Haushalten, zu decken.

Tabelle 10 Ausgewählte Annahmen zur Berechnung der Szenarien
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Maßnahme	Parameter/Größe	Referenzszenario	Klimaschutzszenario
<i>Kommunale Liegenschaften</i>			
Brennstoffeffizienz	Jährliche Einsparung	0,6 % p. a.	1,3 % p. a.

Stromeffizienz	Jährliche Einsparung	0,4 % p. a.	0,7 % p. a.
----------------	----------------------	-------------	-------------

Energieeffizienz und Energieeinsparung Haushalte

Gebäudesanierung	Jährliche (Äquivalente Voll-) Sanierungsrate	1,0 % p. a.	2,0 % p. a.
Kesseltausch	Jährliche Austauschrate	3,5 % p. a.	5,0 % p. a.
Hydraulischer Abgleich	Jährliche Abgleichrate	0,5 % p. a.	1,0 % p. a.

Wirtschaft

Brennstoffeffizienz	Jährliche Einsparung	0,5 % p. a.	1,0 % p. a.
Stromeffizienz	Jährliche Einsparung	1,0 % p. a.	1,5 % p. a.

Mobilität

Vermeidung MIV	Verkehrsleistung	-9 %	2,5 %
Verlagerung MIV auf ÖPNV	Verkehrsleistung	0 %	2,5 %
Verlagerung MIV auf Rad- und Fußverkehr	Verkehrsleistung	0 %	2,5 %
Anteil Elektro an MIV	Verkehrsleistung	80 %	90 %
Vermeidung Straßen-güterverkehr	Verkehrsleistung	-15 %	-10 %
Anteil Elektro an Lkw-Verkehr	Verkehrsleistung	50 %	75 %

Energiebereitstellung

Windenergie	Zubau ggü. 2021 (0,7 GWh)	+41 GWh	+73 GWh
Photovoltaik	Zubau ggü. 2021 (15 GWh)	+6 GWh	+11 GWh
Biomasse Strom	Zubau ggü. 2021 (7 GWh)	+0 GWh	+0 GWh
Wasserkraft	Zubau ggü. 2021 (0,5 GWh)	+0 GWh	+0 GWh
Solarthermie*	Zubau ggü. 2021 (4 GWh)	+5 GWh	+15 GWh
Umweltwärme*	Zubau ggü. 2021 (6 GWh)	+4 GWh	+39 GWh
Biomasse Wärme*	Zubau ggü. 2021 (72 GWh)	+13 GWh	+18 GWh
Abwärme*	Zubau ggü. 2021 (0 GWh)	+0 GWh	+9 GWh

*teilweise in Nah- und Fernwärmenetzen

3.3 Ergebnisse der Szenarien

Unter Berücksichtigung der Strukturdaten und Annahmen ergeben sich in den Szenarien nachfolgend dargestellte Entwicklungen.

3.3.1 Entwicklung Energieverbrauch

Der Endenergieverbrauch in der Gemeinde Bad Mergentheim reduziert sich im Referenzszenario bis zum Jahr 2040 im Vergleich zum Ausgangsjahr 2021 um insgesamt 25 %. Im Klimaschutzszenario könnte durch umfangreiche und ambitionierte Maßnahmen mit 39 % eine deutlich höhere Einsparung des Endenergieverbrauchs bis zum Jahr 2040 erreicht werden (Berechnung basieren auf Berechnungsmodell vom IE Leipzig, vgl. Abbildung 11).

Energieverbrauch nach Sektoren

Relevant für die Entwicklung im Sektor *Haushalte* ist die zunehmende Einwohnerzahl und damit einhergehend ein Anstieg der Wohnfläche. Durch moderate Einsparungsmaßnahmen ergibt sich im Referenzszenario bis zum Jahr 2040 dennoch ein Verbrauchsrückgang um 17 % gegenüber dem Jahr 2021. Im Klimaschutzszenario kann der Energieverbrauch durch eine deutlich intensivere Umsetzung von Maßnahmen, welche wiederum steigende Raten der Gebäudesanierung, des Kesseltauschs oder der effizienteren Stromnutzung zur Folge haben, um bis zu 33 % im Jahr 2040 im Vergleich zum Ausgangsjahr 2021 gesenkt werden.

Im Sektor *Wirtschaft* wird von einer etwa gleichbleibenden Beschäftigtenzahl ausgegangen. Durch Effizienzsteigerungen sowohl im Bereich Industrie als auch im Bereich GHD kann von einem kontinuierlich sinkenden Verbrauch ausgegangen werden. Die Verbrauchsreduzierungen betragen bis zum Jahr 2040 gegenüber dem Jahr 2021 im Referenzszenario etwa 22 %. Durch die Umsetzung ambitionierter Maßnahmen wird im Klimaschutzszenario im gleichen Zeitraum ein noch deutlicherer Rückgang des Energieverbrauchs um 33 % erreicht.

Im Sektor *Verkehr* zeigt sich zwischen der Startbilanz 2021 und dem Zieljahr 2040 eine deutliche Abnahme des Endenergieverbrauchs, um 45 % im Referenzszenario und um 60 % im Klimaschutzszenario. Verlagerung, Vermeidung, Effizienz und Energieträgerwechsel führen zu der vergleichsweise hohen Einsparung im Klimaschutzszenario. Insbesondere der um zwei Drittel niedrigere Energieverbrauch von Elektro- gegenüber Verbrennungsmotoren hat einen wesentlichen Einfluss darauf, dass der Verkehrssektor insgesamt den größten Beitrag zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs leistet.

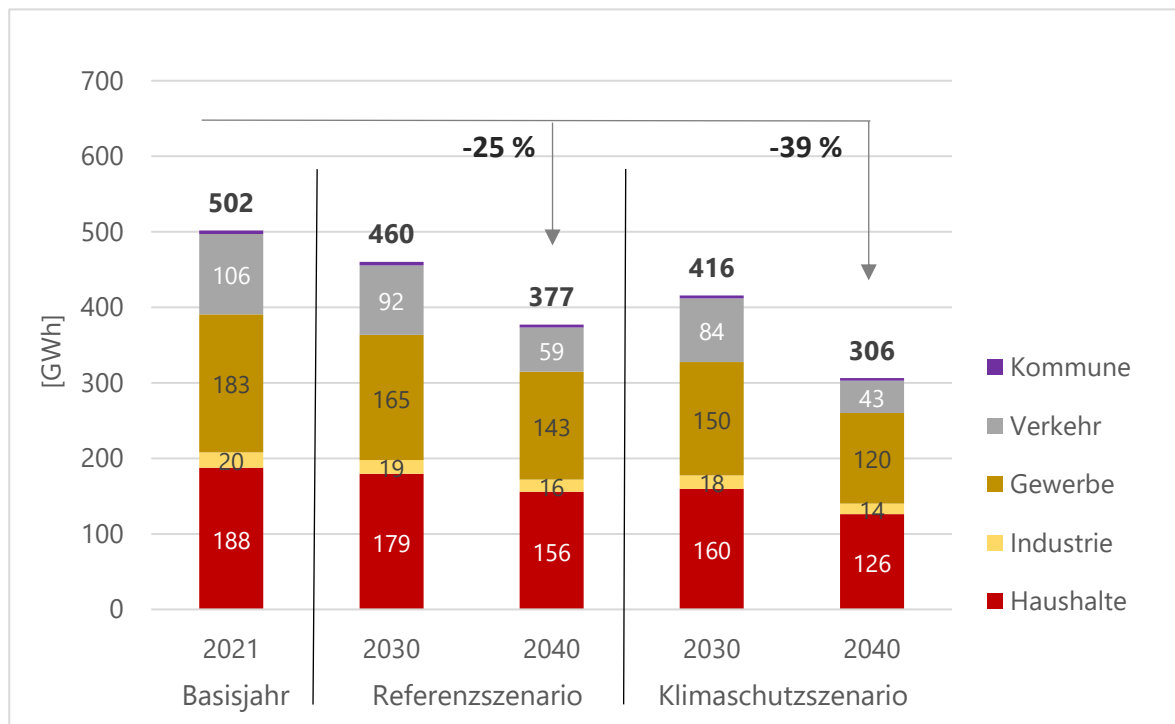


Abbildung 11 Endenergieverbrauch (witterungskorrigiert) Gemeinde Bad Mergentheim nach Sektoren im Referenz- und Klimaschutzszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Energieverbrauch nach Energieträgern

Betrachtet man den Endenergieverbrauch nach Energieträgern (Abbildung 12) zeigt sich in beiden Entwicklungspfaden eine Dekarbonisierung.

Die Aufteilung im Referenzszenario ergibt einen Anteil von 13 % Mineralölprodukte, 28 % Strom, 28 % Erdgas sowie 31 % erneuerbare Wärme. Im Klimaschutzszenario nimmt sowohl der Dekarbonisierungs- als auch der Elektrifizierungsgrad deutlich zu. Im Jahr 2040 ergibt sich ein Anteil von 33 % Strom, 18 % (erneuerbares) Erdgas, 47 % erneuerbare Wärme, sowie 2 % (erneuerbare) Mineralölprodukte.

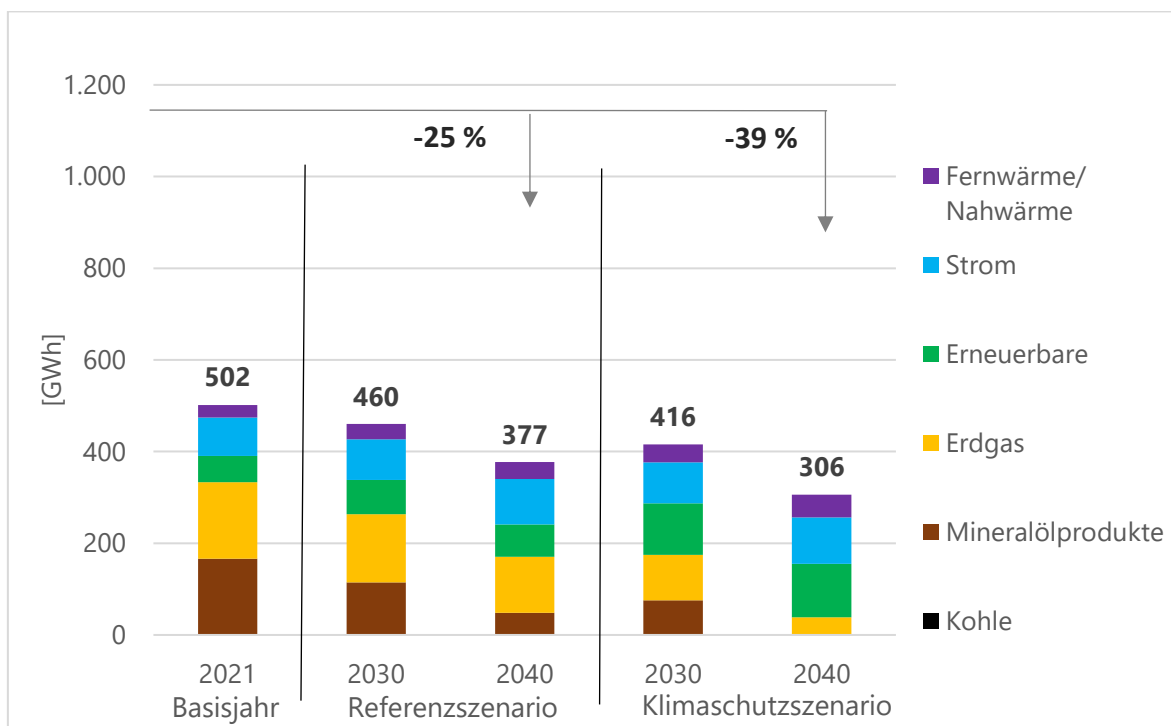


Abbildung 12 Endenergieverbrauch Gemeinde Bad Mergentheim nach Energieträgern im Referenz- und Klimaschuttszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

3.3.2 Einsatz erneuerbarer Energien

Im Jahr 2021 wurden 27 % des Stromverbrauchs und 26 % des Wärmeverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt, während ihr Anteil am gesamten Energieverbrauch bei 21 % lag.

Erneuerbarer Strom

Laut Referenzszenario werden im Jahr 2040 etwa 68 % des Strombedarfs erneuerbar abgedeckt sein. Ein ambitionierter Ausbau, wie er im Klimaschuttszenario beschrieben wird, könnte dazu führen, dass der Strombedarf bis 2040 bilanziell vollständig (inklusive des Strombedarfs für Wärme und Verkehr) durch erneuerbare Energien gedeckt wird – insgesamt 103 % des Bedarfs. Dies würde im Vergleich zu 2021 etwa eine Vervielfachung der Stromerzeugung bedeuten, wobei der Großteil durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen bereitgestellt werden soll (Abbildung 13). Es wird davon ausgegangen, dass die Stromproduktion aus Biomasse und Wasserkraft auf heutigem Niveau bleibt.

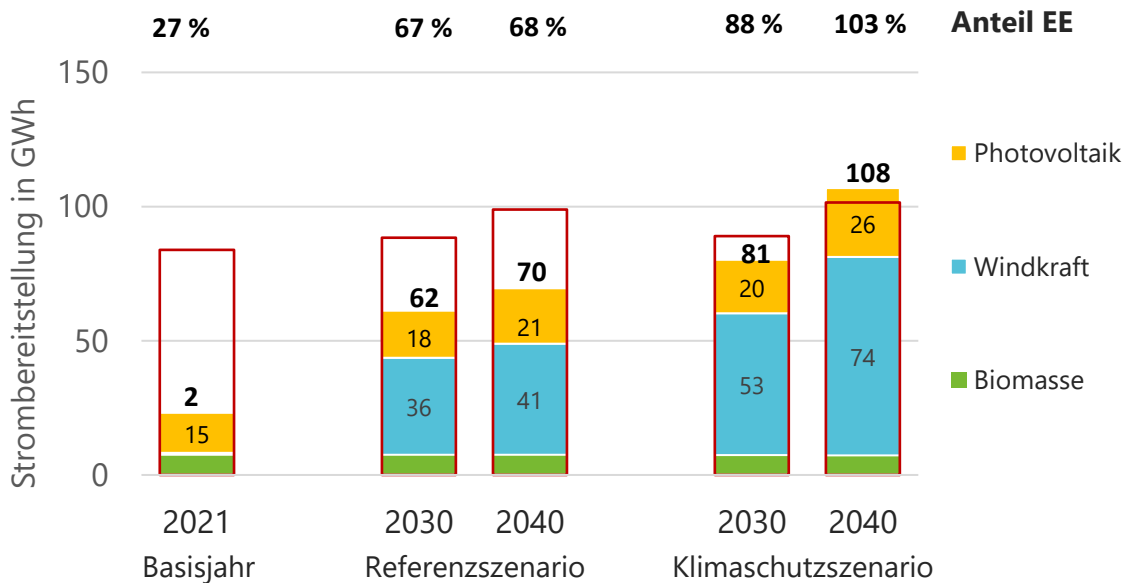


Abbildung 13 Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien Gemeinde Bad Mergentheim im Referenz- und Klimaschuttszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Der Wärmebedarf kann aufgrund begrenzter Potenzialausschöpfung¹⁴ auch im Klimaschuttszenario nicht vollständig durch erneuerbare Energien gedeckt werden (Abbildung 14). Daher ist zu prüfen, inwieweit das Potenzial von Photovoltaik- und Windenergie über den Strombedarf hinaus weiter ausgeschöpft werden kann. Im Klimaschuttszenario wird eine Nutzung von 6 % des PV-Potenzials angenommen, sodass hier zusätzliche Kapazitäten bestehen. Auch das Windpotenzial wird in diesem Szenario nicht vollständig genutzt: Es werden die vorgeschriebenen 1,8 % des „Wind-an-Land-Gesetzes“ berücksichtigt, jedoch nicht das technische Potenzial, welches sich aus der Planung des Regionalverbandes ergibt.

Im weitergehenden Perspektivszenario wird eine deutlich höhere Nutzung der verfügbaren Potenziale angestrebt. Hierfür kann die Stadtverwaltung geeignete Flächen zur Verfügung stellen, die voraussichtlich als Vorranggebiete für Windenergie ausgewiesen werden können. Diese Flächen entsprechen 2,8 % der Gesamtfläche Bad Mergentheims, und das Perspektivszenario geht davon aus, dass dieses Potenzial vollständig genutzt werden kann.

Erneuerbare Wärme

Im Referenzszenario 2040 könnten 39 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien (Holz, Solarthermie, Wärmepumpen) gedeckt werden. Bei der weitgehenden Potenzialausschöpfung ist im Klimaschuttszenario ein Anteil von 80 % des Bedarfs (ohne Heizstrom) möglich (Abbildung 14). Der

¹⁴ Eine vollständige Ausschöpfung des Solarthermie-Freiflächen-Potenzials ist unter den genannten Rahmenbedingungen der KWP nicht möglich [EGS-Plan 2023], sodass im vorliegendem Konzept nur ein Teil des Potenzials genutzt werden kann.

verbleibende Wärmebedarf insbesondere im Bereich GHD und Industrie lässt sich nicht ohne weiteres durch erneuerbare Wärmeoptionen decken. Diese Menge müsste ebenso wie die Energie für Mineralprodukte durch Sektorenkopplung (erneuerbarer Strom für Power-to-Gas und Power-to-Liquid) bereitgestellt werden (vgl. Perspektivscenario).

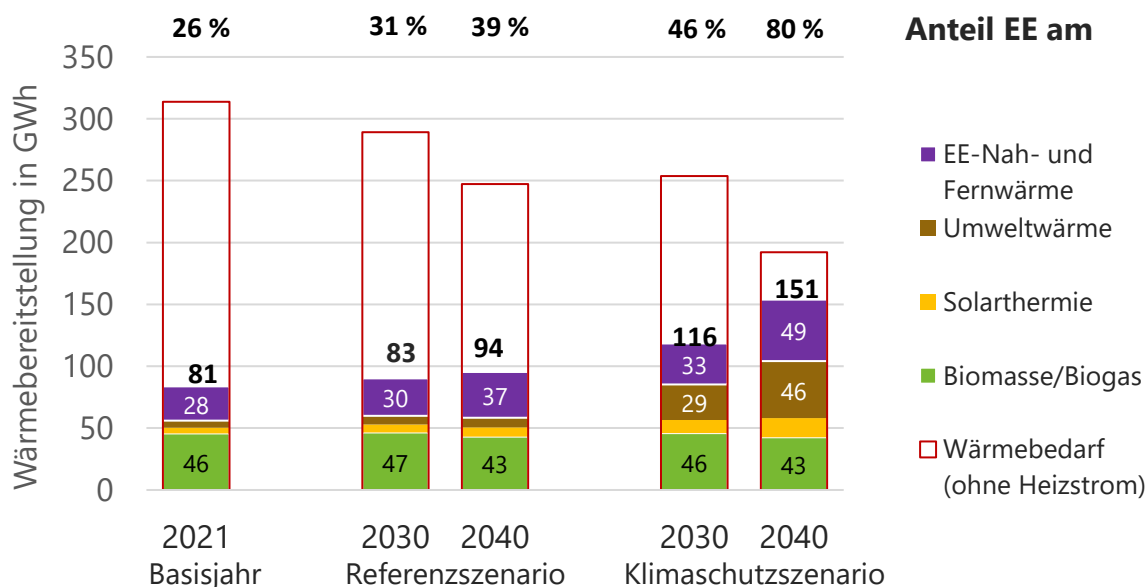


Abbildung 14 Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien Gemeinde Bad Mergentheim im Referenz- und Klimaschutzszenario

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

3.3.3 Entwicklung Treibhausgasemissionen

Ausgangspunkt für die Entwicklungspfade stellt die Energie- und THG-Bilanz dar (siehe Abschnitt 1.4). Insgesamt wurden in der Gemeinde Bad Mergentheim im Jahr 2021 rund 142 kt CO_{2äq} emittiert, was einem Pro-Kopf-Ausstoß von etwa 5,9 t CO_{2äq} entspricht. Damit liegt die Gemeinde unter dem bundesdeutschen Durchschnitt in Höhe von 7,4 CO_{2äq} [BICO2 BW 2024].

Unter Berücksichtigung der Entwicklung des Endenergieverbrauchs (siehe Abschnitt 3.3.1) und der Energiebereitstellung (siehe Abschnitt 3.3.2) werden die THG-Emissionen im Referenzszenario bis zum Jahr 2040 um 62 % gegenüber 2021 sinken (Abbildung 15). Bezogen auf die prognostizierte Bevölkerungszahl entspricht dies einem Pro-Kopf-Ausstoß von 2,1 t CO_{2äq} im Jahr 2040. Durch die verstärkten Bemühungen und Ambitionen im Klimaschutzszenario könnten die THG-Emissionen im Jahr 2040 um 87 % gegenüber dem Bilanzjahr 2021 sinken. Dies entspricht einem Pro-Kopf-Ausstoß von rund 0,7 t CO_{2äq}.

Wird darüber hinaus angenommen, dass durch weitere Bemühungen sowohl in der Gemeinde, dem Landkreis als auch auf Bundesebene durch Sektorenkopplung fossiles Erdgas und Mineralölprodukte bis zum Jahr 2040 weitgehend durch erneuerbare Gase (PtG) und Flüssigkeiten (PtL) ersetzt werden

können, reduzieren sich die THG-Emissionen gegenüber 2021 um 93 % und auf einen Pro-Kopf-Ausstoß von 0,4 t CO_{2äq} (Abbildung 15, rechte Säule).

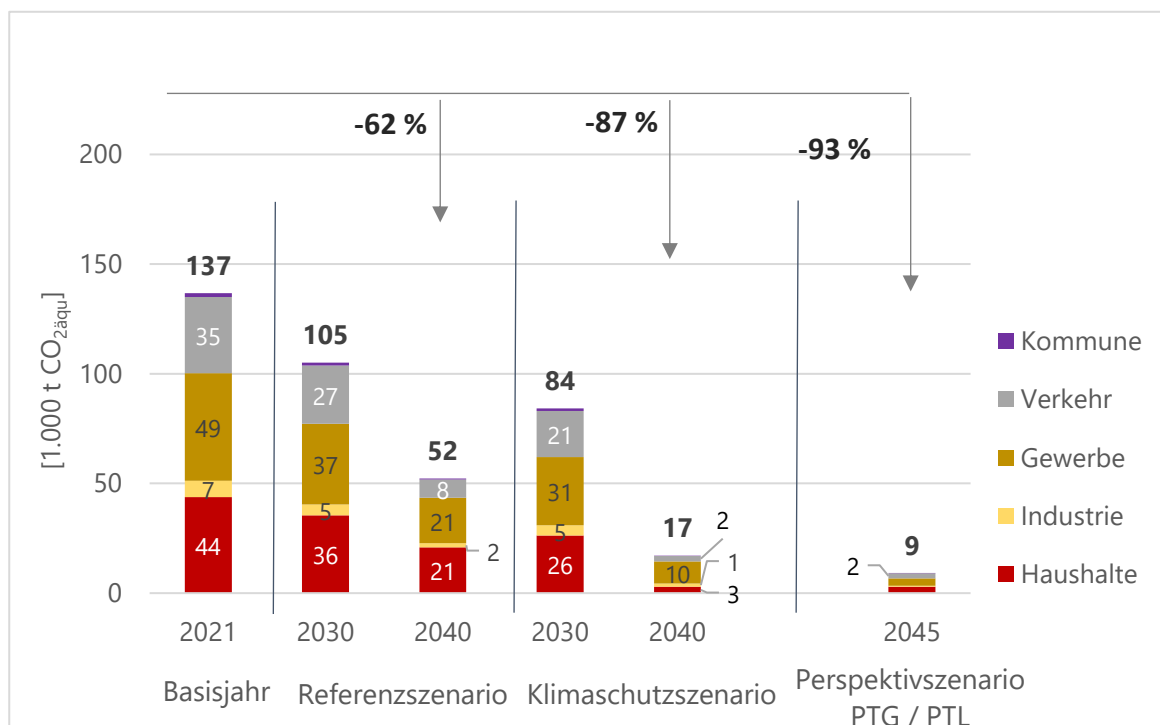


Abbildung 15 THG-Emissionen Gemeinde Bad Mergentheim nach Sektoren im Referenz- und Klimaschutzscenario

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Die verbleibenden Emissionen von ca. 9.000 t CO_{2äq} pro Jahr verteilen sich insbesondere auf Verkehr und Gewerbe, die Anteile werden durch die Höhe des Endenergieverbrauchs bestimmt. Restemissionen ergeben sich v.a. aus den Vorketten (siehe Bilanzierungsmethodik Abschnitt 1.1) und in Bereichen außerhalb des Einflussbereiches der Gemeinde. Offen ist derzeit, wie damit umgegangen wird. Die Emissionen müssten für eine Netto-Null-Bilanz¹⁵ über zusätzliche Maßnahmen oder auch Formen der Kompensation (natürliche kohlenstoffsinken, CO₂-Abscheidung, grüne Kunststoffe) ausgeglichen werden.

3.4 Indikatoren auf einen Blick

Die aus den Daten der Energie- und Treibhausgas-Bilanz erstellten Indikatoren (vgl. Abschnitt 1.5) werden in Tabelle 11 für das Klimaschutzscenario in Fünfjahresschritten fortgeführt.

¹⁵ Netto-Null bedeutet, dass alle durch Menschen verursachten THG-Emissionen durch Reduktionsmaßnahmen wieder aus der Atmosphäre entfernt werden müssen und somit die Klimabilanz der Erde netto, also nach den Abzügen durch natürliche und künstliche Senken (Negativemissionen), Null beträgt.

Tabelle 11 Indikatoren für das Klimaschutzszenario Gemeinde Bad Mergentheim

Quelle: Berechnung IE Leipzig

	Kennzahl		2021	2025	2030	2035	2040
Anteil EE	Anteil EE am Bruttostromverbrauch	Prozent	27,1	75,7	87,3	93,1	101,8
	Anteil EE am Wärmeverbrauch	Prozent	26,1	34,2	46,2	59,9	79,8
Gesamt	Pro-Kopf Endenergieverbrauch gesamt	MWh/a	21,1	19,2	17,1	15,1	12,4
	Pro-Kopf THG-Emissionen gesamt (Strommix D)	t CO _{2äq}	5,8	4,8	3,5	2,3	0,7
Haushalt	Pro-Kopf Endenergieverbrauch Private Haushalte	MWh/a	7,9	7,0	6,6	6,1	5,1
	Pro-Kopf THG-Emissionen Private Haushalte (Strommix D)	t CO _{2äq}	1,9	1,5	1,1	0,7	0,1
Wirtschaft	Endenergieverbrauch je sozialversicherungspflichtig Beschäftigte	MWh/a	41,0	38,0	35,0	31,7	26,7
	Stromverbrauch je sozialversicherungspflichtig Beschäftigte	MWh/a	4,2	3,8	3,5	3,3	2,8
	Wärmeverbrauch je sozialversicherungspflichtig Beschäftigte	MWh/a	12,6	11,4	10,8	10,1	9,0
Verkehr	Pro-Kopf Endenergieverbrauch motorisierter Individualverkehr	MWh/a	4,5	4,4	3,5	2,6	1,7

3.5 Perspektivszenario

Im folgenden Kapitel wird ein Perspektivszenario vorgestellt, das die im Klimaschutzszenario verbleibende, noch nicht durch erneuerbare Wärmequellen gedeckte Wärmemenge berücksichtigt. In Abbildung 12 wird ersichtlich, dass im Jahr 2040 Erdgas für die Wärmebereitstellung benötigt wird, dieses

Erdgas muss in diesem Szenario durch Grüne Gase ersetzt werden. Es wird dafür angenommen, dass die Potenziale von Wind und Photovoltaik deutlich ambitionierter ausgeschöpft werden und die überschüssige Energie zu Grünen Gasen umgewandelt werden.

Methodik

In diesem Szenario wird die fehlende Wärmebereitstellung von 38,4 GWh/a mithilfe von Power-to-Gas gedeckt. Bei dieser Technologie wird Strom unter Nutzung von abgeschiedenem CO₂ zu Methan (CH₄) umgewandelt. Das bei der Verbrennung von Methan entstehende CO₂ entspricht der eingesetzten Menge, wodurch keine zusätzlichen Treibhausgasemissionen entstehen. Da die Umwandlung energieintensiv ist und mehr Energie erfordert, als thermisch nutzbar wird, entsteht ein zusätzlicher Energiebedarf. Basierend auf der Studie „Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen“ des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. wird ein Wirkungsgrad von 60 % angesetzt [DVGW 2019], was zu einem zusätzlichen bilanziellen Strombedarf von 64 GWh im Jahr 2040 führt. Zusammen mit dem Bedarf für die Stromanwendungen (102 GWh) ergibt sich eine benötigte Strommenge von etwa 166 GWh.

Erweiterte Potenzialausschöpfung

Das Wind-Potenzial wird im Klimaschutzszenario bislang nicht vollständig gehoben. Es werden die 1,8 % der Gemeindefläche, welche aus dem „Wind-an-Land-Gesetz“ vorgeschrieben werden angesetzt. Planungen des Regionalverbandes gehen davon aus, dass auf der Gemarkung Bad Mergentheim Wind-Vorranggebiete mit einem Flächenanteil von 2,8% zur Verfügung gestellt werden. Dies würde zu einem höheren Potenzial führen. Wenn zusätzlich die Restriktionen der maximalen Nabenhöhe entfallen würden, könnte Bad Mergentheim bis zu 184 GWh Strom aus Wind auf der Gemarkung produzieren. Die Anzahl der angenommen Windkraftanlagen würde sich in Bad Mergentheim auf insgesamt etwa 16 Windkraftanlagen erhöhen¹⁶.

Da das PV-Potenzial im Klimaschutzszenario mit nur 6 % ausgeschöpft ist, besteht in diesem Bereich weiteres Ausbaupotenzial. Zusätzliche PV-Installationen, beispielsweise Freiflächenanlagen (PV-FFA) und Dachanlagen, könnten das Angebot erhöhen. Es wird angenommen, dass eine Verdopplung der installierten Leistung im Perspektivszenario als realistisch angesehen wird. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Integration geeigneter Speicherlösungen, um auch während sogenannter Dunkelflauten die Versorgung von Power-to-Gas-Anlagen mit grünem Strom sicherzustellen.

Ergebnis

Durch die erweiterte Potenzialausschöpfung könnten bis zu 248 GWh Strom aus erneuerbaren Energien auf dem Gebiet der Gemeinde Bad Mergentheim erzeugt werden. Dies würde eine Verzehnfachung der aktuellen Bereitstellung bedeuten (vgl. Abbildung 16). Damit wäre es möglich, den gesamten Energiebedarf der Gemeinde Bad Mergentheim, d. h. sowohl den Strombedarf im eigentlichen

¹⁶ In diesem Beispiel werden Anlagen mit einer Nabenhöhe von 136 m angenommen, dem entsprechend würden noch größere Windkraftanlagen zu einer geringeren Anzahl führen.

Sinne (102 GWh) als auch den zusätzlichen Bedarf für Power-to-Gas (64 GWh) bilanziell vollständig durch erneuerbare Energien zu decken. Bei einem prognostizierten Endenergieverbrauch von 306 GWh im Klimaschutzszenario und 377 GWh im Referenzszenario blieben in beiden Fällen relevante Energiemengen übrig, die für den Export in andere Gemeinden im Main-Tauber-Kreis oder darüber hinaus zur Verfügung stünden.

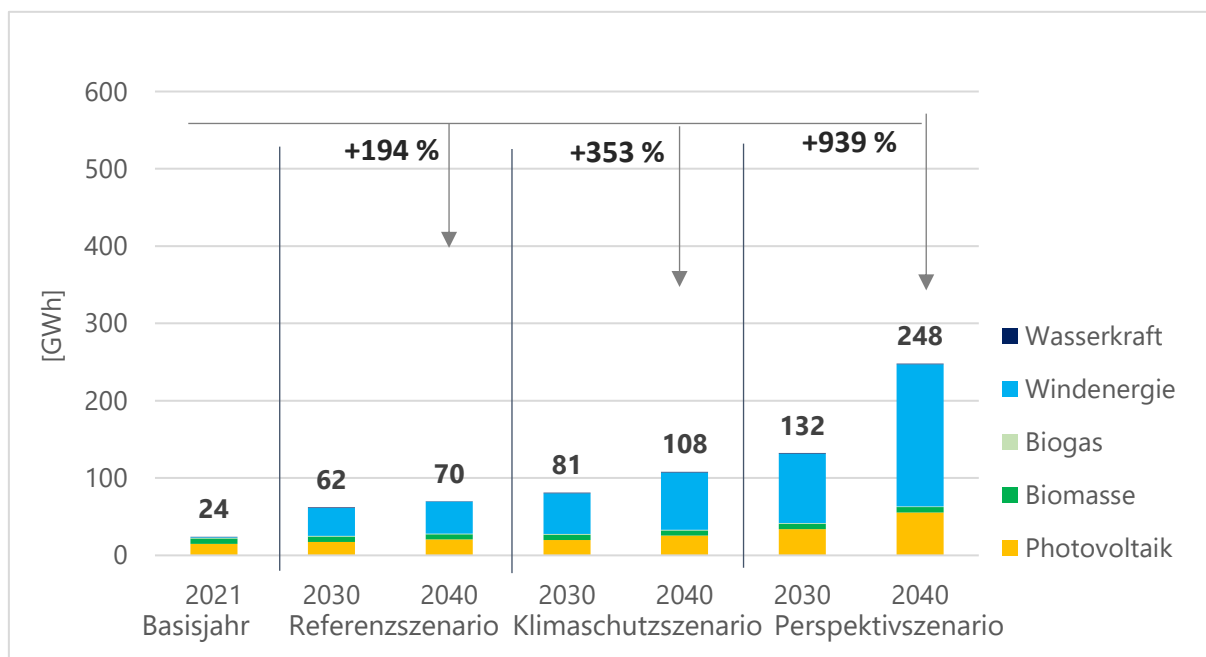


Abbildung 16 Vergleich Strombereitstellung durch erneuerbare Energien im Referenz-, Klimaschutz- und Perspektivszenario Gemeinde Bad Mergentheim

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Verzeichnisse

Verzeichnisse	44
Abkürzungsverzeichnis	45
Abbildungsverzeichnis	46
Tabellenverzeichnis	47
Literaturverzeichnis	48
Anhang	52

Abkürzungsverzeichnis

B	Beschäftigte
BIP	Bruttoinlandsprodukt
Bspw.	Beispielsweise
BW	Baden-Württemberg
BWS	Bruttowertschöpfung
EEV	Endenergieverbrauch
Ew	Einwohner
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Sektor Gewerbe Handel und Dienstleistung und übrige Verbraucher
HH	Haushalte
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IND	Industrie
IST	Realer Verbrauch ohne Temperaturkorrektur
PEV	Primärenergieverbrauch
Tber	temperaturbereinigter Verbrauch
VG	Verarbeitendes Gewerbe

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schema der Bilanzierung nach BSKO-Standard	2
Abbildung 2	Endenergieverbrauch Stadt Bad Mergentheim 2021 nach Sektoren und nach Energieträgern	5
Abbildung 3	Gegenüberstellung Strombereitstellung und Stromverbrauch in der Stadt Bad Mergentheim	7
Abbildung 4	Gegenüberstellung Wärmebereitstellung und Wärmeverbrauch Stadt Bad Mergentheim	8
Abbildung 5	Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern Stadt Bad Mergentheim	9
Abbildung 6	Entwicklung von Neubaustandards in Deutschland	14
Abbildung 7	Darstellung der Potenzialkategorien für die Nutzungsmöglichkeit erneuerbarer Energien	17
Abbildung 8	Technisches Potenzial und Ausnutzungsgrad (in Prozent) erneuerbarer Energien zur Strombereitstellung in der Gemeinde Bad Mergentheim	28
Abbildung 9	Technisches Potenzial und Ausnutzungsgrad (in Prozent) erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung in der Gemeinde Bad Mergentheim	29
Abbildung 10	Prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahl bis 2040 in der Gemeinde Bad Mergentheim	31
Abbildung 11	Endenergieverbrauch (witterungskorrigiert) Gemeinde Bad Mergentheim nach Sektoren im Referenz- und Klimaschutzscenario	36
Abbildung 12	Endenergieverbrauch Gemeinde Bad Mergentheim nach Energieträgern im Referenz- und Klimaschutzscenario	37
Abbildung 13	Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien Gemeinde Bad Mergentheim im Referenz- und Klimaschutzscenario	38
Abbildung 14	Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien Gemeinde Bad Mergentheim im Referenz- und Klimaschutzscenario	39
Abbildung 15	THG-Emissionen Gemeinde Bad Mergentheim nach Sektoren im Referenz- und Klimaschutzscenario	40
Abbildung 16	Vergleich Strombereitstellung durch erneuerbare Energien im Referenz-, Klimaschutz- und Perspektivscenario Gemeinde Bad Mergentheim	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Datenquellen zur Ermittlung von Energieverbrauch und Energieerzeugung	3
Tabelle 2	Endenergieträgerverteilung nach Sektoren und Energieträgern in der Stadt Bad Mergentheim im Jahr 2021 (in GWh)	6
Tabelle 3	Einordnung Indikatoren Bad Mergentheim im Verhältnis zu Baden-Württemberg bzw. Deutschland, Bezugsjahr 2021	10
Tabelle 4	Ergebnisse der Potenzialanalyse Windenergie in Bad Mergentheim	19
Tabelle 5	Ergebnisse der Potenzialanalyse Solarenergie in Bad Mergentheim	21
Tabelle 6	Ergebnisse der Potenzialanalyse Biomasse in Bad Mergentheim	22
Tabelle 7	Ergebnisse der Potenzialanalyse für die Nutzung von Erd- und Umweltwärme in Bad Mergentheim	24
Tabelle 8	Ergebnisse der Potenzialanalyse für die Nutzung von Wasserkraft in Bad Mergentheim	25
Tabelle 9	Ergebnisse der Potenzialanalyse Abwärme in Bad Mergentheim	26
Tabelle 10	Ausgewählte Annahmen zur Berechnung der Szenarien	33
Tabelle 11	Indikatoren für das Klimaschutzszenario Gemeinde Bad Mergentheim	41
Tabelle 12	Annahmen zur Berechnung des technischen Solarpotenzials	52
Tabelle 13	Annahmen zur Berechnung des technischen Bioenergiepotenzials	53

Literaturverzeichnis

- [AGEB 2024] AB Energiebilanzen e.V.; AG Energiebilanten e.V. *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland | Daten für die Jahre von 1990 bis 2022, 2024*
- [Agora 2021] Agora Energiewende; Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut; *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende*, Berlin, 2021
- [Agora 2021] Agora Energiewende; Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agorar Energiewende und Agorar Verkehrswende*, Berlin, 2021
- [BMEL 2022 a] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; *BMEL Statistik und Berichte des BMEL. Landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Kulturarten*, Berlin, 2022 a
- [BMEL 2022 b] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; — *Statistik und Berichte des BMEL. Anbau nachwachsender Rohstoffe und Energiepflanzen*, Berlin, 2022 b
- [BBSR 2021] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung *Raumordnungsprognose 2040*, Bonn, 2021
- [Bündnis 90/Die Grünen 2021] Bündnis 90/Die Grünen Bad Mergentheim; I. Boxler; J. Grzesiak; M. Helget; N. Jachol; A. Kurfeß; D. Lüdtker; R. Moritz; H. Schmieg & T. Tuschhoff *Vielfältig, aktiv, klimaneutral Mobilität im BadMergentheim vonmorgen*, 16, Bad Mergentheim, 2021
- [bwi 2024] Dritte Bundeswaldinventur (2012); *bwi.info*, <https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=5.01%20Eigentumsart&prRolle=public&prInv=BWI2012&prKapitel=5.01>, abgerufen am 15.02.2024
- [DBFZ 2011] Deutsches BiomasseForschungsZentrum; V. Zeller; C. Weiser; K. Hennenberg; F. Reinicke; K. Schaubach; D. Thrän; A. Vetter & B. Wagner *Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung*, 56, Leipzig, 2011
- [Deutsche WindGuard 2020] Deutsche WindGuard GmbH; D. WindGuard *Volllaststunden von Windenergieanlagen an Land - Entwicklung, Einflüsse, Auswirkungen*, 54, Varel, 2020
- [Deutsche WindGuard 2024] Deutsche WindGuard GmbH; Deutsche WindGuard GmbH *Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland | Jahr 2023*, Varel, 2024
- [dena 2021] Deutsche-Energie-Agentur; Deutsche-Energie-Agentur *dena-Gebäudereport 2021: Fokusthema zum Klimaschutz im Gebäudebereich*, Berlin, 2021
- [DVGW 2019] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.; Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. *Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen*, Bonn, 2019
- [effizienzhaus-online.de 2024] Effizienzhaus-online | Einfach. Energie. Einsparen; *Energieeffizienzklassen A+ bis H für Gebäude*, <https://www.effizienzhaus-online.de/energieeffizienzklasse/>, abgerufen am 01.10.2024
- [EGS-Plan 2023] EGS-Plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH; T. Nusser; M. Zeile-Lott & S. Sharma *Kommunale Wärmeplanung Bad Mergentheim im Auftrag der Stadt Bad Mergentheim*, 118, Stuttgart, 2023
- [energieheld.de 2024] energieheld | Einfach energetisch sanieren.; *Heizwert Holz: Verbrauch & Heizwert im Vergleich*, <https://www.energieheld.de/heizung/holzheizung/brennholz-heizwert-verbrauch>, abgerufen am 15.02.2024

- [energy4climate.nrw 2024] NRW.ENERGY4CLIMATE; *Agri-Photovoltaik | Grünen Strom erzeugen und gleichzeitig die Fläche für die Landwirtschaft nutzen*, <https://www.energy4climate.nrw/energiewirtschaft/photovoltaik/agri-pv#:~:text=Nach%20Aussagen%20des%20Fraunhofer%20ISE,bis%20400%20kWh%20pro%20Hektar.>, abgerufen am 15.02.2024
- [fnb-gas.de 2024] FNB Gas | Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V.; *Wasserstoff-Kernnetz*, <https://fnb-gas.de/wasserstoffnetz-wasserstoff-kernnetz/>, abgerufen am 24.09.2024
- [FNR 2024] Biogas Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR); *Faustzahlen*, <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>, abgerufen am 21.02.2024
- [Fraunhofer ISE 2022a] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; G. Stryi-Hipp; C. Kost; C. Schill; C. Balmus; A. März; D. Peper & B. Xu-Sigurdsson *Gutachten Photovoltaik- und Solarthermie-Ausbau in Schleswig-Holstein*, 133, Freiburg, Kiel, 2022a
- [Fraunhofer ISE 2022b] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme; M. Trommsdorff; S. Gruber; T. Keinath; M. Hopf; C. Hermann; F. Schönberger; P. Högy; S. Zikeli; A. Ehmann; A. Weselek; U. Bodmer; C. Rösch; D. Ketzer; N. Weinberger; S. Schindele & J. Vollprecht *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende*, Freiburg, 2022b
- [Gammel 2024] Gammel Engineering; *Heizwert - Brennwert*, <https://gammel.de/de/lexikon/heizwert---brennwert/4838>, abgerufen am 21.02.2024
- [ifeu 2024] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH; M. Dingeldey; B. Gugel & E. Rechsteiner *Energie- und CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO BW | Gebrauchsanweisung der Version 3.1 (2024)*, 44, Heidelberg, 2024
- [BICO2 BW 2024] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH *THG-Bilanzierungstool für Kommunen in Baden-Württemberg für die Jahre 2009 bis 2021 | Version 3.1 Stand - Januar 2024*, Heidelberg, 2024
- [ifeu 2019] Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg *EnEff: Wärme - netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (2019)*, Heidelberg, 2019
- [iwr.de 2024] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien - Bioenergie; *Planung einer Biogasanlage Checkliste: Planung & Leitfaden zum Bau einer Biogas-Anlage*, <http://www.iwr.de/bio/biogas/Checkliste-Biogas-Anlage.html#:~:text=Pro%20Gro%C3%9Fvieheinheit%20k%C3%B6nnen%20j%C3%A4hrlich%20400,pro%20ha%20Anbauf%C3%A4che%20zu%20erwarten>, abgerufen am 08.2024
- [Kaltschmitt 2003] SpringerVieweg; M. Kaltschmitt; A. Wiese & W. Streicher *Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*, 3. Auflage, Berlin, Heidelberg, 2003
- [klimareporter.de 2024] klimareporter; *Debatte um Zwei-Prozent-Flächenziel*, <https://www.klimareporter.de/technik/eine-million-fussballfelder-fuer-die-windkraft>, abgerufen am 11.07.2024
- [Kopernikus-Projekt Ariadne 2021] Kopernikus-Projekt Ariadne | Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK); L. Gunnar; K. Christoph; S. Dominika; G. Claudia; B. Falk; A. Cornelia; K. Florian; H. Andrea; R. Klara; B. Diana; U. Falko; P. Benjamin;

- W. Daniel; S. Jessica; M. Anne & Sebastia *Deutschland auf dem Weg zur klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Ariadne-Report*, Potsdam, 2021
- [LFA 2019] Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern; Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern *Wirtschaftlichkeit verschiedener Wertschöpfketten von halmgutbasierten Heizwerken und Nahwärmenetzen (WWHH)*, Gülzow, 2019
- [Lfl 2024] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; *Biogasausbeuten verschiedener Substrate*,
https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=20%2Cb&anker0=substratanker#substratanker, abgerufen am 15.02.2024
- [LLH 2022] Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH); *Hinweise zu Getreide und Nährstoffwert*,
<https://llh.hessen.de/unternehmen/unternehmensfuehrung/analyse-strategie-und-finanzen/hinweise-zu-getreidestroh-und-naehrstoffwert/>, abgerufen am 13.07.2022
- [LNW 2022] landwirtschaftskammer.de; *Kurzumtriebsplantagen*,
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/naw>, abgerufen am 14.07.2022
- [Lödl et al. 2010] TU München | Siemens AG; M. Lödl; G. Kerber; R. Witzmann; C. Hoffmann & M. Metzger *Abschätzung des Photovoltaik-Potenzials auf Dachflächen in Deutschland*, 14, Graz, 2010
- [LUBW 2023] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg; *Energieatlas BW*,
<https://www.energieatlas-bw.de/wind/potenzialanalyse/berechnungsmethodik>, abgerufen am 24.04.2023
- [next2sun 2024] next2sun; *Das Next2Sun konzept*, <https://next2sun.com/>, abgerufen am 15.02.2024
- [ökologisch-bauen.info 2024] ökologisch bauen; *Der Heizwert von Brennholz*,
<https://www.oekologisch-bauen.info/haustechnik/heizsysteme/heizwert-von-brennholz/>, abgerufen am 15.02.2024
- [RVHNF 2023] Regionalverband Heilbronn-Franken; A. Kammerer; R. Kist; C. Lang; E. Schmitt & S. Weisser *Teilfortschreibung Windenergie des Regionalplans Heilbronn-Franken 2020 im Zuge der Regionalen Planungsoffensive Erneuerbare Energien Beschluss über die Unterrichtung nach § 9 Abs. 1 ROG*, 2023
- [Schindele 2023] Eberhard Karls Universität Tübingen; S. Schindele *Nachhaltige Landnutzung Dank Doppelernte | Eine mehrdimensionale Politikanalyse der Agri-Photovoltaik-Diffusion in Deutschland*, 305, Tübingen, 2023
- [statistik-bw.de 2024b] Baden-Württemberg Statistisches Landesamt; *Betriebe und Tiere seit 1979 nach Tierarten*, <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Viehwirtschaft/0503504x.tab?R=GS128007>, abgerufen am 08.2024b
- [statistik-bw.de 2024a] Baden-Württemberg Statistisches Landesamt; *Fläche seit 1996 nach tatsächlicher Nutzung*, <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/015152xx.tab?R=GS128007>, abgerufen am 08.2024a

- [statistik-bw.de 2024c] Baden-Württemberg Statistisches Landesamt; *Hektarerträge der Feldfrüchte seit 1988*, <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Ernte/0502301x.tab?R=KR128>, abgerufen am 09.2024c
- [statistik-bw.de 2024d] Baden-Württemberg Statistisches Landesamt; *Bevölkerungsvorausberechnung nach Altersgruppen*, <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Vorausrechnung/98015021.tab?R=GS128007>, abgerufen am 10.2024d
- [Zensus2022 2024] Zensus Datenbank; *Ergebnisse des Zensus*, <https://ergebnisse.zensus2022.de/datenbank/online/>, abgerufen am 10.2024

Anhang

Tabelle 12 Annahmen zur Berechnung des technischen Solarpotenzials

	Solarthermie	Photovoltaik
Dachanlagen	Spezifischer Ertrag: 400 kWh/m² [Fraunhofer ISE 2022a]	- Gebäudegrundfläche: 1,91 km² - Für PV-Belegung nutzbarer Flächenanteil: 50 % [Lödl et al. 2010] - Spezifischer Flächenbedarf: 2,0 MWp/ha - Spezifischer Ertrag: 1.000 kWh/kWp
Freiflächenanlagen 500-Meter-Streifen entlang von Schienenwegen	Keine Berücksichtigung von Flächen für die Nutzung von Solarthermie	- Flächen entlang von Schienenwegen (500 m Korridor – EEG 2023 § 37/1/2c): 2,20 km² - Für PV-Belegung nutzbarer Flächenanteil 50 % [Fraunhofer ISE 2022a] - Spezifischer Flächenbedarf: 0,8 MWp/ha [Fraunhofer ISE 2022a] - Spezifischer Ertrag: 1.000 kWh/kWp
Agri-PV/Freiflächenanlagen benachteiligte Gebiete	65.750 MWh (aus der Kommunalen Wärmeplanung übernommen)	- Fläche auf benachteiligten Gebieten: 54,24 km² - Für PV-Belegung nutzbarer Flächenanteil: 4 % [Fraunhofer ISE 2022b] - Spezifischer Flächenbedarf: 0,5 MWp/ha [energy4climate.nrw 2024] - Spezifischer Ertrag: 1.097 [next2sun 2024] [Schindele 2023]
Carports/Parkflächen	Keine Berücksichtigung von Flächen für die Nutzung von Solarthermie	- Parkplatzflächen von Parkplätzen > 875 m²: 0,17 km² [Fraunhofer ISE 2022a] - Für PV-Belegung nutzbarer Flächenanteil: 50 % - Spezifischer Flächenbedarf: 2,0 MWp/ha - Spezifischer Ertrag: 850 kWh/kWp [Fraunhofer ISE 2022a]

Tabelle 13 Annahmen zur Berechnung des technischen Bioenergiepotenzials

Biomasse	Annahmen und Kennzahlen
Holz aus Kurzumtriebsplanta- gen	- Landwirtschaftlich genutzte Fläche 2022: 66,9 km² [statistik-bw.de 2024a] - Flächenanteil KUP an landwirtschaftlich genutzter Fläche 14 % [Agora 2021] - Energieholzertrag 8 t_{TM}/(ha*a) [LNW 2022] - Heizwert KUP-Holz 4.200 kWh/t [ökologisch-bauen.info 2024] - Endenergiebereitstellung durch Pelletkessel mit einem Gesamtwirkungsgrad von 85 % [FNR 2024]
Waldholz	- Waldfläche: 42,7 km² [statistik-bw.de 2024a] - Jahresholzzuwachs 12,3 m³/ha [bwi 2024] - Anteil der energetischen Verwertung des Holzzuwachses 30 % - Heizwert Waldholz 2.452 kWh/m³ [energieheld.de 2024] - Endenergiebereitstellung durch Pelletkessel mit einem Gesamtwirkungsgrad von 85 % [FNR 2024]
Tierische Exkremeunte davon	- Viehbestand 2020 [statistik-bw.de 2024b] - Energiegehalt Biogas: 5 kWh/m³ - Biogasertrag pro Großvieheinheit: 500 Nm³/a [iwr.de 2024] - Endenergiebereitstellung durch Biomasse BHKW (Gesamtwirkungsgrad 81 %; 34 % thermischer Wirkungsgrad) [FNR 2024]
Bioabfälle	- Bioabfälle pro Kopf 122 kg/a [Destatis 2019] - Biogasertrag aus Bioabfall 0,11 m³/(kg*a) [UMBW 2015] - Endenergiebereitstellung durch Biomasse BHKW (Gesamtwirkungsgrad 81 %; 34 % thermischer Wirkungsgrad) [FNR 2024]
Stroh	- Hektarertrag Getreide 5,66 t/(ha*a) [statistik-bw.de 2024c] - Korn-Stroh-Verhältnis Getreide 1,25 [LLH 2022]

	▪ Nutzungsanteil des Strohertrags für die energetische Nutzung 0,27 [DBFZ 2011] ▪ Biogasertrag aus Stroh 292 Nm³/t [LfL 2024] ▪ Nutzungsanteil Stroh in Biogasanlagen 50 % (50 % in Halmgutheizwerken) ▪ Heizwert Stroh 4.800 kWh/t [Gammel 2024] ▪ Energiegehalt Biogas 5 kWh/m³ [FNR 2024] ▪ Wärmeertrag Stroh im Halmgutheizwerk 3,2 MWh/(t*a) [LFA 2019] ▪ Endenergiebereitstellung durch Biomasse BHKW (Gesamtwirkungsgrad 90 %; 34 % thermischer Wirkungsgrad)
--	--