



## Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Bad Kreuznach

- Beschlossen am 20.07.2023 -

Bad Kreuznach / Lampertheim, 23.06.2023



**Klimabüro**  
Bad Kreuznach

## Impressum

### Herausgeber

Stadtverwaltung Bad Kreuznach - Stadtbauamt  
Viktoriastr. 14  
55543 Bad Kreuznach  
Telefon: 0671 – 800 416  
E-Mail: [rudolf.rohrbacher@bad-kreuznach.de](mailto:rudolf.rohrbacher@bad-kreuznach.de)



Projektleitung:  
Rudolf Rohrbacher

Weitere Beteiligte:  
Bärbel Germann  
Carsten Schittko

### Konzepterstellung

EnergyEffizienz GmbH  
Gaußstraße 29a  
68623 Lampertheim  
Telefon: 06206 / 5803581  
Fax: 06206 / 5804712  
E-Mail: [jung@e-eff.de](mailto:jung@e-eff.de)



Projektleitung:  
Daniel Jung, M. Eng

Projektteam:  
Bianca Kohler  
Semen Pavlenko

### Förderung

Dieses Projekt wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit unter dem Förderkennzeichen 67K17698 gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBSR	Bundesinstitut für Bau-. Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk(e)
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
E-Fahrzeuge	Elektrofahrzeuge
EnEV	Energieeinsparverordnung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohner*in(nen)
fm	Festmeter (Raummaß für Rundholz)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KKP	Kommunaler Klimapakt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde(n)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	Life cycle assessment
LED	Lichtemittierende Diode
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Megawattstunde(n)
N <sub>2</sub> O	Lachgas
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SUV	Sport Utility Vehicle
TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 ZIELE UND PROJEKTRAHMEN .....</b>	<b>6</b>
1.1 Ausgangssituation und politische Weichenstellung.....	6
1.2 Kurzbeschreibung der Stadt .....	6
1.3 Bisherige Aktivitäten der Stadt Bad Kreuznach im Klimaschutz .....	7
1.4 Gegenstand und Ziel des Projekts .....	7
1.5 Inhaltlicher Aufbau des Konzeptes .....	8
<b>2 ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ.....</b>	<b>9</b>
2.1 Methodik.....	9
2.2 Datenbasis.....	9
2.3 Datengüte .....	10
2.4 Ergebnisse .....	10
2.4.1 Endenergiebilanz.....	10
2.4.2 Stromsektor.....	12
2.4.3 Wärmesektor .....	13
2.4.4 Verkehrssektor.....	15
2.4.5 Kommunale Verbräuche .....	16
2.4.6 Treibhausgasbilanz.....	19
<b>3 POTENZIALANALYSE.....</b>	<b>21</b>
3.1 Stromsektor .....	23
3.1.1 Effizienzsteigerung in Haushalten, Gewerbe und Industrie .....	23
3.1.2 Effizienzsteigerung in den kommunalen Liegenschaften .....	25
3.1.3 Windenergie.....	28
3.1.4 Photovoltaik .....	30
3.1.5 Wasserkraft.....	32
3.1.6 Biogasanlagen .....	33
3.1.7 Faulgas / Kläranlagen .....	34
3.1.8 Straßenbeleuchtung.....	35
3.1.9 Zusammenfassung .....	35
3.2 Wärmesektor .....	37
3.2.1 Sanierung der Wohngebäude .....	37
3.2.2 Sanierung der kommunalen Liegenschaften .....	39
3.2.3 Effizienz im Wärmeverbrauch der Sektoren Gewerbe und Industrie .....	41
3.2.4 BHKWs.....	42
3.2.5 Heizöl.....	42
3.2.6 Erdgas.....	45
3.2.7 Biomasse .....	47
3.2.8 Abfall .....	51
3.2.9 Solarthermie .....	52
3.2.10 Wärmepumpen/Geothermie .....	53
3.2.11 Nah- und Fernwärme .....	61

3.2.12 Wasserstoff .....	69
3.2.13 Fazit zum Wärmesektor .....	69
<b>3.3 Verkehrssektor .....</b>	<b>72</b>
3.3.1 Fuhrpark .....	72
3.3.2 Gesamtverkehr .....	73
3.4 Zusammenfassung der Potenziale .....	76
3.4.1 Reduktionspfad hin zur Klimaneutralität .....	77
3.5 Leitlinien der Potenzialanalyse .....	81
<b>4 AKTEURSBETEILIGUNG .....</b>	<b>82</b>
4.1 Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsveranstaltungen .....	82
4.2 Klimaschutzkommission .....	84
<b>5 MAßNAHMENKATALOG .....</b>	<b>85</b>
5.1 Organisatorisches und vorgelagerte Maßnahmen .....	85
5.2 Energieerzeugung und –effizienz .....	85
5.3 Mobilität .....	85
5.4 Stadtgrün und Klimafolgenanpassung .....	85
5.5 Nachgelagert Maßnahmen .....	85
5.6 Zusammenfassung .....	86
<b>6 VERSTETIGUNGSSTRATEGIE .....</b>	<b>87</b>
<b>7 KLIMASCHUTZCONTROLLING .....</b>	<b>88</b>
<b>8 KOMMUNIKATIONSSTRATEGIE .....</b>	<b>90</b>
8.1 Klimabüro Bad Kreuznach .....	90
8.2 Instrumente zur Information und Beratung .....	90
8.3 Instrumente zur Beteiligung .....	91
<b>9 FAZIT .....</b>	<b>92</b>
9.1 Kurzfristige Handlungsempfehlungen für Umsetzungsphase (1-3 Jahre) .....	92
<b>10 ANHANG NR. 1: WEITERE AUSFÜHRUNGEN ZUM REDUKTIONSPFAD .....</b>	<b>93</b>
10.1 Zukünftige Beheizungsstruktur .....	93
10.2 E-Mobilität, der resultierende Strombedarf und EE-Anlagen .....	98
<b>11 ANHANG NR. 2: AUSWERTUNG DER UMFRAGE ZUM KSK .....</b>	<b>101</b>
<b>12 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>102</b>

# 1 Ziele und Projektrahmen

## 1.1 Ausgangssituation und politische Weichenstellung

Das Pariser Klimaabkommen von 2015 mit dem 1,5°-Ziel ist die zentrale und oberste Vereinbarung von mittlerweile über 193 UN-Vertragsstaaten.

Das Bundes-Klimaschutzgesetz, mit dem Ziel die Treibhausgasneutralität bis 2045 zu erreichen, folgte im Jahre 2019; novelliert im Jahre 2021. Die Bundesverwaltung selbst will allerdings bereits im Jahre 2030 klimaneutral arbeiten.

Weitere Gesetze mit Fokus auf bestimmten Sektoren oder Potenzialen wie beispielsweise das Gebäudeenergiegesetz (GEG) oder das Windenergie-an-Land-Gesetz werden auf Bundesebene verabschiedet, um Vorgaben in Richtung der Länder und Kommunen zu konkretisieren.

Das Land Rheinland-Pfalz hat als eines der ersten Bundesländer bereits 2014 ein eigenes Klimaschutzgesetz (Landesklimaschutzgesetz – LKSG) vorgelegt und die Erarbeitung eines Landesklimaschutzkonzeptes (LKS) sowie dessen regelmäßige Fortschreibung vorgegeben. Das LKSG orientiert sich weitestgehend am Bundesgesetz, ist aber nicht verpflichtend für die Kommunen. Daher wurde 2023 vom Land RLP der Kommunale Klimapakt ins Leben gerufen, dem Städte, Landkreise und Gemeinden beitreten können. Dadurch stimmen sie den Klimaschutzzielen des Landes zu, erhalten gleichzeitig aber auch eine Fokusberatung durch die Energieagentur RLP.

Durch den Beitritt zum Kommunalen Klimapakt hat sich die Stadt Bad Kreuznach im Frühjahr 2023 den klaren Zielvorgaben des Landes angeschlossen, welche in Folge dessen mit dem nunmehr vorliegenden Bad Kreuznacher Klimaschutzkonzept in den folgenden Jahren umgesetzt werden sollen.

## 1.2 Kurzbeschreibung der Stadt

Bad Kreuznach hat ca. 52.000 Einwohner die sich auf die Kernstadt und die umliegenden Ortsteile Bad Münster am Stein-Ebernburg, Bosenheim, Ippesheim, Planig und Winzenheim verteilen.

Das hiesige Klima ist vergleichsweise warm, was an den überdurchschnittlich vielen Sonnenstunden von um die 2.100 Stunden pro Jahr liegt. Trotz der vielen Regentage (ca. 160) ist die gesamte jährliche Niederschlagsmenge eher gering (ca. 500 mm). Problematisch für die Kurstadt waren in der Vergangenheit die „Heißen Tage“ mit Lufttemperaturen von über 30°C. Diese können - auf Grund der gesundheitlichen Belastung durch Hitze - den Kurstatus einer Stadt in Gefahr bringen. Das Mikroklima könnte bei zu vielen Tagen über der 30°-Marke nicht mehr als heilungsfördernd eingestuft werden. Daher sind ebenfalls Klimaanpassungsmaßnahmen (neben den Klimaschutzmaßnahmen) nicht nur für die Bürgerinnen und Bürger, sondern auch im Kontext der Kurstadt und somit vor dem touristischen Hintergrund wichtig. Die historischen Kuranwendungen haben die Stadt geprägt, so gibt es in der Kreisstadt eine ausgedehnte Bäderlandschaft. Zusätzlich hat Bad Kreuznach viele Schulen, Krankenhäuser und öffentliche Gebäude, um die Kernstadt liegen auch einige Grünflächen und Parkanlagen.

Es gibt ein großes Industrie- und Gewerbegebiet in dem unter anderem die Michelin, Pall, Meffert und weitere Großunternehmen einen Firmensitz bzw. Produktionsstandort errichtet haben. Die Kurstadt profitiert vom Tourismus mit ihren Naturerlebnismöglichkeiten. Bad Kreuznach ist eine schöne Region im Nahetal, zwischen dem Kuhberg und Rotenfels, mit viel Waldfäche und Weinbergen, die auf etlichen Wegekilometern zum Wandern und Radfahren einlädt.

Dem gegenüber steht ein hoher Versiegelungsgrad der Innenstadt, insbesondere um Bahnhof und Fußgängerzone fehlt es an Stadtgrün. Das spiegelt sich auch im Deutschland-Ranking wieder, bei dem Bad Kreuznach mit über 60% versiegelter Fläche auf Platz 8! landet.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (Gesamtverband der Versicherer, 2023)

Bei der Fahrradfreundlichkeit liegt Bad Kreuznach im ADFC-Ranking von 2022 auf Platz 71 von 113 - ebenfalls kein gutes Ergebnis in der Kategorie 50.000 bis 100.000 Einwohner. Verbesserungen in der Radinfrastruktur können aber nicht einfach und kurzfristig umgesetzt werden, denn dazu fehlt derzeit die nötige Fläche. Die vorrangige Behandlung des motorisierten Individualverkehrs im Stadtgebiet war bisher Grundlage der meisten Planungsvorgänge. Das Kreuznacher Verkehrsaufkommen ist vergleichsweise hoch mit ca. 20.000 Einpendlern, häufige Verkehrsstaus zu den Stoßzeiten sind ein zentrales Problem der städtischen Mobilität, die Nutzungsquote für Rad und die öffentlichen Verkehrsmittel ist niedrig. Dennoch hat die Stadt gute Voraussetzungen: Das integrierte Verkehrsentwicklungskonzept zeigt, dass unserer Wege in der Stadt kurz und damit für das Fahrrad geeignet sind. Die zahlreichen Parkhäuser im Stadtgebiet sind außerdem ein Ansatzpunkt für ein Parkraummanagement, welches versucht Freiflächenparkplätze zu reduzieren.

Zudem gilt die Stadt Bad Kreuznach als finanzschwache Kommune, dadurch wird dieses Klimaschutzkonzept und die Personalstelle des Klimaschutzmanagers für die ersten zwei Jahre zu 100% gefördert. Schaut man über die Städtegrenzen hinaus sind im Landkreis Bad Kreuznach in den Jahren 2022/23 viele neue Klimaschutzmanager hinzugekommen. In der direkten Nachbarschaft von Bad Kreuznach ist das beispielsweise die Verbandsgemeinde Rüdesheim.

### 1.3 Bisherige Aktivitäten der Stadt Bad Kreuznach im Klimaschutz

Bisher wurde der Klimaschutz in Bad Kreuznach eher sporadisch und bei größeren Projekten berücksichtigt. Vor der Einstellung eines Klimaschutzmanagers (2022) gab es keine festen Strukturen oder Personalstellen, die sich dauerhaft mit der Aufgabe des Klimaschutzes beschäftigen. An einzelnen Stellen wurden Konzepte entwickelt, die Maßnahmen zur Treibhausgaseinsparung aufzeigen:

- Das Integrierte Verkehrsentwicklungskonzept von 2016
- Die Planungsleitsätze in der Stadtentwicklung zu Klimaschutz und Klimaanpassung von 2021
- Eine Potenzialstudie zum kommunalen Abwasserbetrieb.

Auf diesen Konzepten baut das vorliegende Klimaschutzkonzept auf und besonders die Umsetzung wird im Maßnahmenkatalog festgehalten. An dieser Stelle sollte auch der Umweltbericht 2000, das integrierte Klimaschutzkonzept Rheinhessen-Nahe und der Bericht vom Klimaschutzmanagement des Landkreises Bad Kreuznach erwähnt werden.

Ein zentraler Schritt hin zu einem Klimaschutzmanagement wurde im Dezember 2019 gemacht, als der Stadtrat die Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes beschloss. Die Einstellung des Klimaschutzmanagers erfolgte zum 01.01.2022. Der erste wichtige Auftrag an den Klimaschutzmanager bestand in der Erarbeitung eines integrierten Klimaschutzkonzepts der Stadt, das auf den **genannten bisherigen** Arbeiten der Stadtverwaltung Bad Kreuznach **forciert** aufsetzt.

### 1.4 Gegenstand und Ziel des Projekts

Der Klimaschutz kann nicht am Rande eines jeden Projekts mitbetrachtet werden, sondern stellt viel mehr eine zentrale Querschnittsaufgabe dar.

Bad Kreuznach gilt als finanzschwache Kommune mit vielen sanierungsbedürftigen Liegenschaften und einer geringen Erzeugungsquote an erneuerbaren Energien. Klimaschutzprojekte können nicht nur Treibhausgase einsparen, sondern auch weitere Probleme der Kurstadt entschärfen oder sogar lösen und weitreichende Synergieeffekte erzeugen. Regionale Wertschöpfung, höhere Lebensqualität für Bürgerinnen und Bürger, mehr soziale Gerechtigkeit und Sicherheit können potente Nebeneffekte von intelligenten Klimaschutzmaßnahmen sein.

Das Integrierte Klimaschutzkonzept ist die Grundlegung für die bilanzielle Klimaneutralität<sup>2</sup> von Bad Kreuznach bis zum Jahr 2045 und die ebenfalls bilanziell klimaneutrale Stadtverwaltung bis zum Jahr 2030. Das entspricht den Zielen aus dem Kommunalen Klimapakt (KKP).

## 1.5 Inhaltlicher Aufbau des Konzeptes

Im Anschluss an diese Einleitung erfolgt eine detaillierte Darstellung der Energie- und Treibhausgasbilanz für die Stadt Bad Kreuznach. Auf Basis dieser Status-Quo-Analyse werden zunächst die Potenziale ermittelt, wie auf dem Kreuznacher Stadtgebiet Treibhausgasemissionen eingespart werden können. Im Kern drehen sich die Bemühungen um eine Verbrauchsreduktion von fossiler Energie. Zum einen funktioniert das durch Einsparmaßnahmen z.B. durch Effizienzsteigerung und zum anderen durch den Aufbau von erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen (z.B. Dachflächenphotovoltaikanlagen). Aus diesen Informationen (Bilanz & Potenziale) werden sodann zwei Szenarien modelliert: Das **Referenzszenario**, anhand dessen man die Entwicklung nach den heutigen Trends erkennen kann, und das **Klimaschutzszenario**, welches die Effekte eines funktionierenden Klimaschutzmanagements abbildet. Insgesamt besteht das Klimaschutzszenario aus einer Vielzahl an Maßnahmen, die jeweils im strukturierten Maßnahmenkatalog detailliert darstellt werden. Die beiden Szenarien lassen einen Vergleich zu, aus dem sich für die städtischen Entscheidungsträger die Notwendigkeit und Gestaltungsansätze eines langfristigen Klimaschutzes ergeben. Wichtige weitere Bestandteile des Klimaschutzkonzeptes sind die im Rahmen des Konzepts durchgeführten Beteiligungsformate, eine Verstetigungsstrategie, wie Klimaschutz mittel- bis langfristig in der Verwaltungsstruktur verankert wird, ein Klimaschutzcontrolling, mit dessen Hilfe man wichtige Kennzahlen wie die Zielerreichung oder die Ressourcenintensität feststellen kann, und abschließend eine Kommunikationsstrategie, um erfolgreiches Schlüsselpersonenmanagement und gute Öffentlichkeitsarbeit zu gewährleisten.

---

<sup>2</sup> Bilanzielle Klimaneutralität bedeutet, dass durchaus noch Treibhausgase emittiert werden, diese werden jedoch an anderer Stelle eingespart oder wieder aus der Atmosphäre entzogen – beispielsweise durch Baumpflanzungen.

## 2 Energie- und Treibhausgasbilanz

Für die Messbarkeit konkreter Zielsetzungen im Bereich Klimaschutz ist als Ausgangspunkt eine Energie- und Treibhausgasbilanz unerlässlich. Im Folgenden werden die Bilanzen für die Stadt Bad Kreuznach und das Bilanzjahr 2019 dargestellt.

### 2.1 Methodik

Die Bilanzierung erfolgt nach der Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO). Die Systematik wurde vom ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH<sup>3</sup>) im Rahmen eines vom BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) geförderten Vorhabens mit Vertretern aus Wissenschaft und Kommunen entwickelt. Die entwickelte Methodik zur Bilanzierung ist ein deutschlandweit gängiger Standard für kommunale Energie- und THG-Bilanzen und soll das Bilanzieren von Treibhausgasemissionen in Kommunen harmonisieren und vergleichbar machen. Ein weiteres Kriterium ist die Konsistenz innerhalb der Methodik, um Doppelbilanzierung sowie daraus folgende falsche Schlüsse lokaler Akteure zu verhindern – damit soll einfach gesagt eine doppelte Erfassung von Daten verhindert werden.

Die BISKO-Methodik schreibt eine endenergiebasierte Territorialbilanz vor. Dabei werden alle Verbräuche<sup>4</sup> auf Ebene der Endenergie bilanziert, welche im Gebiet der Stadt Bad Kreuznach auftreten. Über spezifische Emissionsfaktoren findet im Rahmen der Bilanzierung eine Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente statt. Diese berücksichtigen nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch die Emissionen anderer Treibhausgase, wie Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O), mit ihrer entsprechenden Treibhausgas-Wirkung. In diesem Bericht sind bei der Nennung von CO<sub>2</sub> immer die CO<sub>2</sub>-Äquivalente gemeint. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen darüber hinaus auch die Vorketten der jeweiligen Energieträger, also die Emissionen, die beim Abbau der Rohstoffe, bei der Aufbereitung, Umwandlung und dem Transport anfallen. Die Energieverbräuche und Emissionen werden den fünf Gruppen Haushalte, GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie, Verkehr sowie städtischen Einrichtungen zugeordnet. Die Einspeisung von nicht eigenverbrauchtem Strom aus erneuerbaren Energien wird nur bedingt eingerechnet, da der Fokus auf der Menge des vorhandenen Stromverbrauchs, den es zu reduzieren gilt, liegen soll. Ökostrom wird nach dem BISKO-Standard nicht in der kommunalen Bilanz verrechnet, da dieser bereits durch seine Auswirkung auf den Bundesstrommix berücksichtigt ist. Das Augenmerk eines Klimaschutzkonzeptes liegt auf den Bemühungen zur Energie- und Emissionseinsparung innerhalb des Gebietes der betrachteten Kommune.

### 2.2 Datenbasis

Das genutzte Bilanzierungstool, der „Klimaschutz-Planer“, stellt ein Mengengerüst (Daten zur Einwohnerzahl und Beschäftigung) zur Verfügung, welches zur Aufteilung der Energieverbräuche auf die Verbrauchergruppen herangezogen werden kann, sofern eine Aufteilung nicht bereits anderweitig vorliegt. Auf Basis von Daten der Energieversorger werden Werte für den Gas- und Stromverbrauch sowie für die Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung gestellt. Die Verbräuche von Heizöl, Flüssiggas und Biomasse beruhen auf der Auswertung der lokalen Schornsteinfegerdaten. Für den Ölverbrauch des Sektors Industrie wird auf statistische Zahlen des Landkreises zurückgegriffen, welche über das Verhältnis des Gasverbrauchs für die Stadt heruntergerechnet werden. Für die Nahwärme werden die Betreiber bekannter Netze zum jeweiligen

<sup>3</sup> Am 20.4.2023 hat die neue "Agentur für kommunalen Klimaschutz" des BMWK ihre Arbeit begonnen, mit Sitz im difu (Deutsches Institut für Urbanistik) in Berlin.

<sup>4</sup> Energie kann grundsätzlich weder erzeugt noch verbraucht, sondern lediglich von einer Form in eine andere umgewandelt werden (Erster Hauptsatz der Thermodynamik). Der Begriff des Energieverbrauchs steht im üblichen Sprachgebrauch wie auch in diesem Bericht in der Regel für die Umwandlung von Energie von einer höherwertigen in eine niederwertigere Energieform. Der Begriff der Energieerzeugung entsprechend umgekehrt.

Verbrauch kontaktiert. Ein Fernwärmennetz ist in der Stadt nicht vorhanden. Die Daten für die Nutzung von Solarthermie werden über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bezogen. Der Verbrauch der Wärmepumpen wird über Angaben des Energieversorgers zum Stromverbrauch der Wärmepumpen berechnet. Für den Verkehrssektor liegen statistische Hochrechnungen anhand von ifeu-Daten im Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer vor, die durch regionale Daten der Buslinien ergänzt werden. Darüber hinaus enthält die Bilanz Angaben zu den kommunalen Energieverbräuchen für die Liegenschaften, den Fuhrpark und die Straßenbeleuchtung. Die Emissionsfaktoren werden ebenfalls vom Klimaschutz-Planer bezogen, welcher die Faktoren inkl. Vorkette (LCA) zur Verfügung stellt.

## 2.3 Datengüte

Die Aussagekraft der Bilanz beruht auf der Qualität der zugrundeliegenden Daten. Während regionale Primärdaten, etwa vom lokalen Energieversorger sehr exakt sind, unterliegen Hochrechnungen anhand bundesweiter Kennzahlen einer gewissen Unschärfe. Die Qualität wird anhand ihrer Datenquelle als Datengüte angegeben und in folgende Kategorien unterteilt:

- Datengüte A: Regionale Primärdaten (z.B. Daten vom Energieversorger (EVU)) → Faktor 1
- Datengüte B: Primärdaten und Hochrechnung → Faktor 0,5
- Datengüte C: Regionale Kennwerte und Statistiken → Faktor 0,25
- Datengüte D: Bundesweite Kennzahlen → Faktor 0

Die Datengüte der Gesamtbilanz ergibt sich aus den Datengüten der einzelnen Datenquellen und deren Anteil an der Energiebilanz. Die Datengüte der Gesamtbilanz wird wie folgt bewertet:

Tabelle 1: Aussagekraft nach Datengüte, Quelle: (Difu, 2018)

Datengüte der Gesamtbilanz	Bewertung der Aussagekraft der Ergebnisse
> 0,8	Gut belastbar
> 0,65 – 0,8	Belastbar
> 0,5 – 0,65	Relativ belastbar
< 0,5	Bedingt belastbar

Die Datengüte der Bilanz für die Stadt Bad Kreuznach liegt bei 0,85 und fällt damit in die beste Kategorie „gut belastbar“.

## 2.4 Ergebnisse

Insgesamt werden in der Stadt Bad Kreuznach derzeit (Bilanzjahr 2019) rund 1.280.000 MWh Energie pro Jahr verbraucht und rund 391.700 t CO<sub>2</sub> emittiert. Im Folgenden wird dargestellt, wie sich die Energieverbräuche und Emissionen zusammensetzen.

### 2.4.1 Endenergiebilanz

Es zeigt sich wie in Abbildung 1 unten dargestellt, dass der Sektor Wärme mit rund 745.900 MWh den größten Anteil (58 %) am gesamten Endenergieverbrauch der Stadt ausmacht. Darauf folgt mit rund 307.200 MWh der Verkehrssektor (24 %) und mit rund 227.000 MWh der Stromsektor (18 %). Im Verkehrssektor ist der Großteil des Endenergieverbrauchs auf den Kraftstoff Diesel zurückzuführen (15 % des Endenergieverbrauchs), gefolgt von Benzin (9 %). Nur ein sehr geringer Anteil entfällt auf E-Mobilität und Erdgas oder Flüssiggas (jeweils <1%). Im Wärmesektor wird überwiegend der Energieträger Gas mit einem Anteil von 51 % am Gesamtenergieverbrauch genutzt. Darauf folgt der

Energieträger Öl mit 6 %. Der Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmesektor ist mit 13.800 MWh (1 %) recht gering.

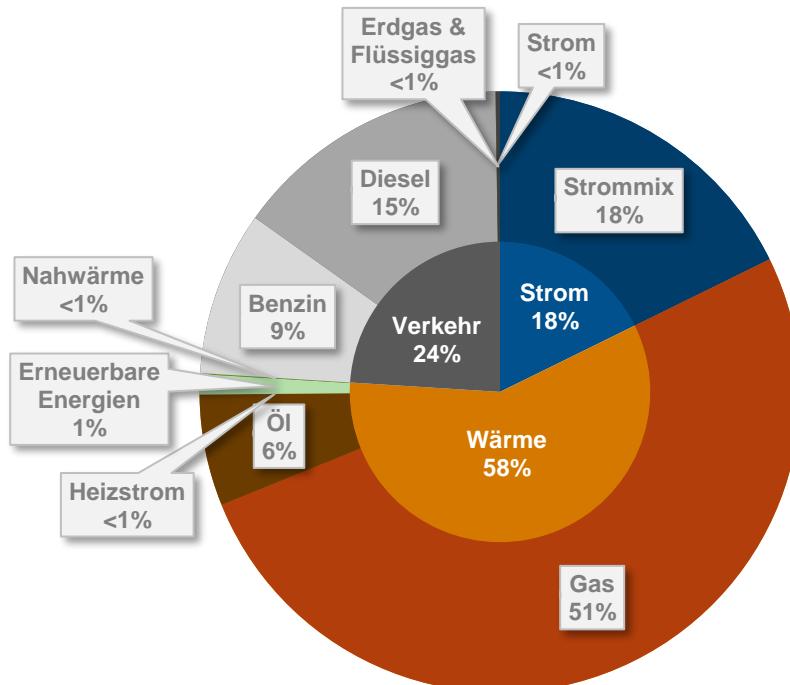


Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern (2019)

Nach Verbrauchergruppen aufgeteilt, wie in Abbildung 2 dargestellt, entfallen rund 388.400 MWh/a (30%) auf den Sektor Private Haushalte, 307.200 MWh/a (24%) auf den Sektor Verkehr, 305.500 MWh/a (24%) auf den Sektor Industrie sowie rund 270.000 MWh/a (21%) auf den Sektor Gewerbe. Die Verbräuche der kommunalen Liegenschaften machen nur 8.915 MWh/a aus (<1 %), dennoch wird ihnen im Klimaschutzkonzept aufgrund der Vorbildfunktion der Verwaltung eine besondere Bedeutung zugewiesen.

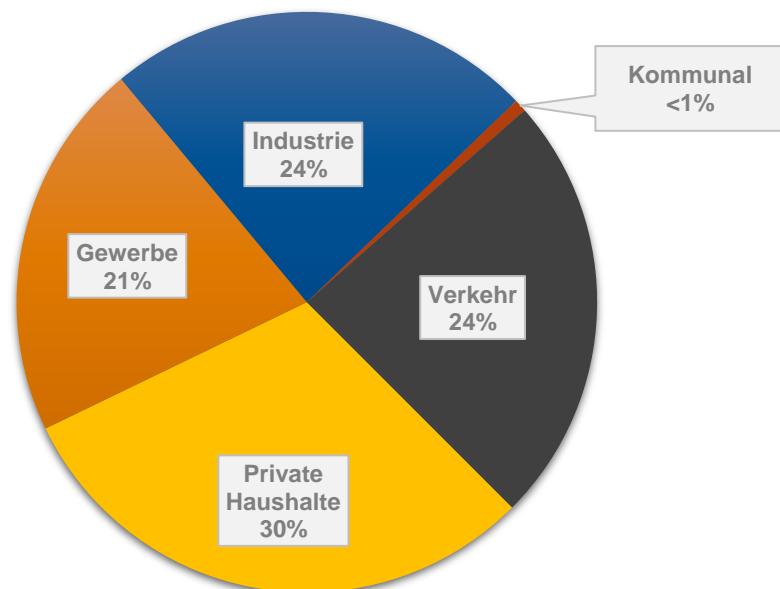


Abbildung 2: Endenergieverbräuche nach Verbrauchergruppen (2019)

## 2.4.2 Stromsektor

Der Stromverbrauch lag im Bilanzjahr 2019 bei rund 227.000 MWh. Dem Verbrauch gegenüberstehend wurden 2019 ca. 18.000 MWh Strom aus erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse) ins Bad Kreuznacher Netz eingespeist, was einem Anteil von 8 % des Stromverbrauchs entspricht, dargestellt in Abbildung 3. Damit liegt die Kurstadt weit hinter dem Bundesdurchschnitt von 42 %<sup>5</sup> im gleichen Jahr. Die Bilanz berücksichtigt auf Grund des Territorialprinzips nicht den Windpark in Fürfeld, an dem die Kreuznacher Stadtwerke zu 35% beteiligt sind (entspricht ca. 13.000 MWh/a).

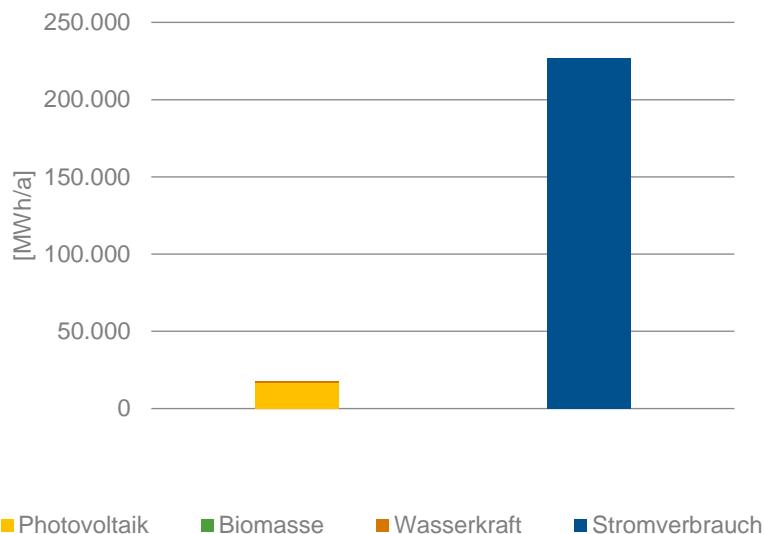


Abbildung 3: Stromeinspeisung vs. Stromverbrauch (2019)

Die Verteilung des Stromverbrauchs auf die verschiedenen Verbrauchergruppen wird in Abbildung 4 dargestellt. Die größten Anteile halten im Bilanzjahr 2019 die gewerblichen Anlagen mit 96.600 MWh/a sowie die privaten Haushalte mit 74.100 MWh/a. Der Industrie werden rund 53.300 MWh/a des Stromverbrauchs zugeordnet. Weitere 2.880 MWh/a (ca. 1,5 %) werden von den kommunalen Einrichtungen benötigt. Der Stromverbrauch des Kreuznacher Michelinwerks taucht nicht in der Bilanz auf - der Produzent betreibt auf seinem Werksgelände eine eigene Gasturbine, die entsprechend Prozesswärme und Strom bereitstellt. Die Gasmenge wird erfasst.

<sup>5</sup> Klimaschutz-Planer

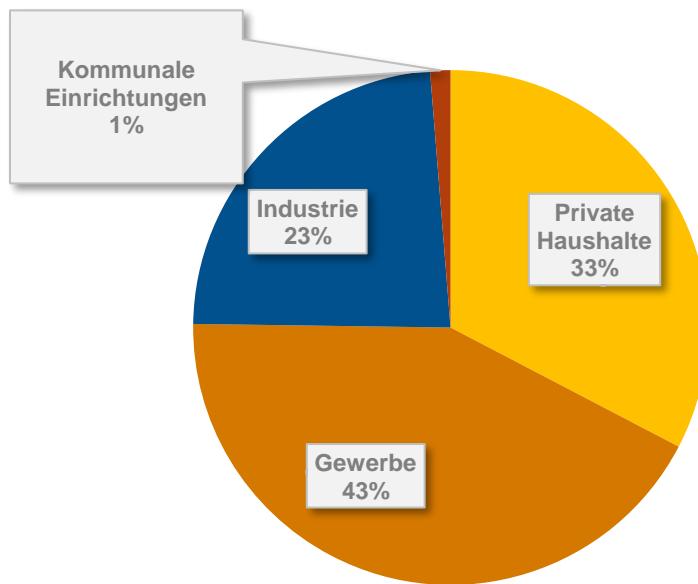


Abbildung 4: Stromverbrauch nach Verbrauchergruppen (2019)

#### 2.4.3 Wärmesektor

Der Wärmeverbrauch lag im Bilanzjahr 2019 bei etwa 745.900 MWh. Die Aufteilung nach Energieträgern ist in Abbildung 5 dargestellt. Rund 88 % der Wärme beruht derzeit auf dem Energieträger Gas mit 654.600 MWh/a und 10 % auf dem Energieträger Öl mit 76.600 MWh/a. Der Anteil erneuerbarer Energien liegt bei 2 %, damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der WärmeverSORGUNG deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 15 %.<sup>6</sup>

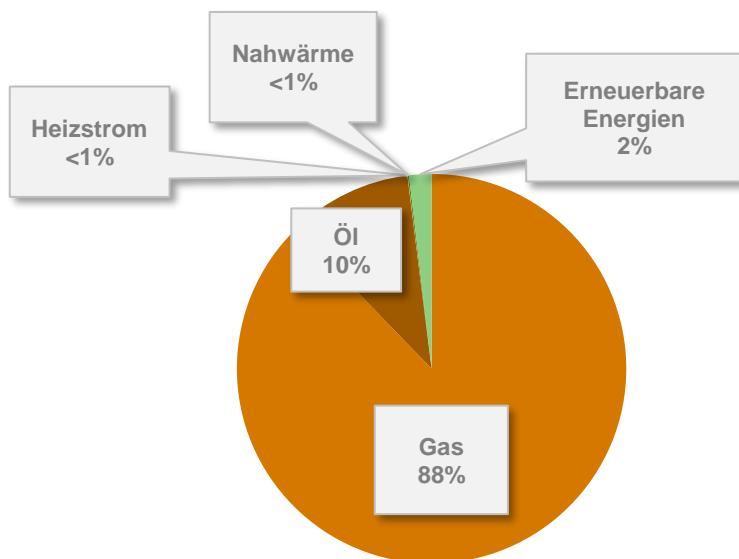


Abbildung 5: Energieverbrauch im Wärmesektor nach Energieträgern (2019)

Die Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmesektor ist im Bilanzjahr 2019 mit 12.300 MWh/a zu einem großen Teil auf Biomasse zurückzuführen, gefolgt von Solarthermie mit 1.300 MWh/a und Wärmepumpen mit ca. 200 MWh/a, zu sehen in Abbildung 6

<sup>6</sup> Klimaschutz-Planer

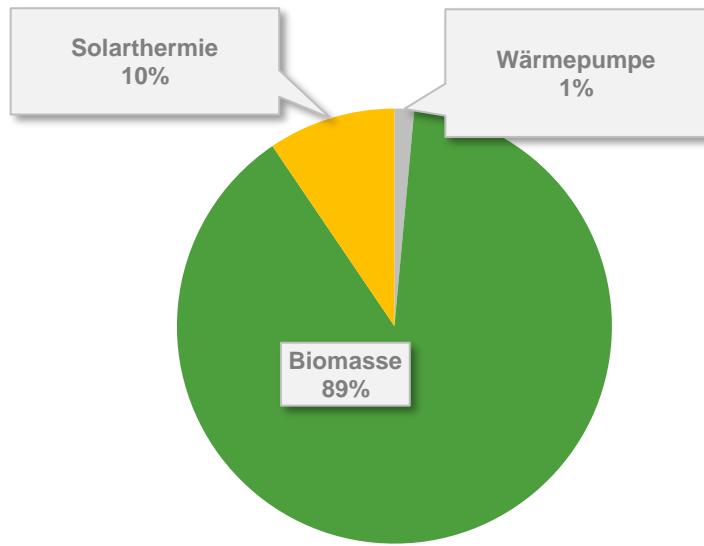


Abbildung 6: Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung (2019)

Die Verteilung des Wärmeverbrauchs auf die verschiedenen Verbrauchergruppen wird in Abbildung 7 dargestellt. Den größten Anteil hatten im Bilanzjahr 2019 die privaten Haushalte mit 314.300 MWh/a. Darauf folgt die Industrie mit 252.200 MWh/a. Das Gewerbe ist für 173.400 MWh/a des Wärmeverbrauchs verantwortlich. Die kommunalen Einrichtungen weisen den Wärmebedarf von rund 6.000 MWh/a auf.

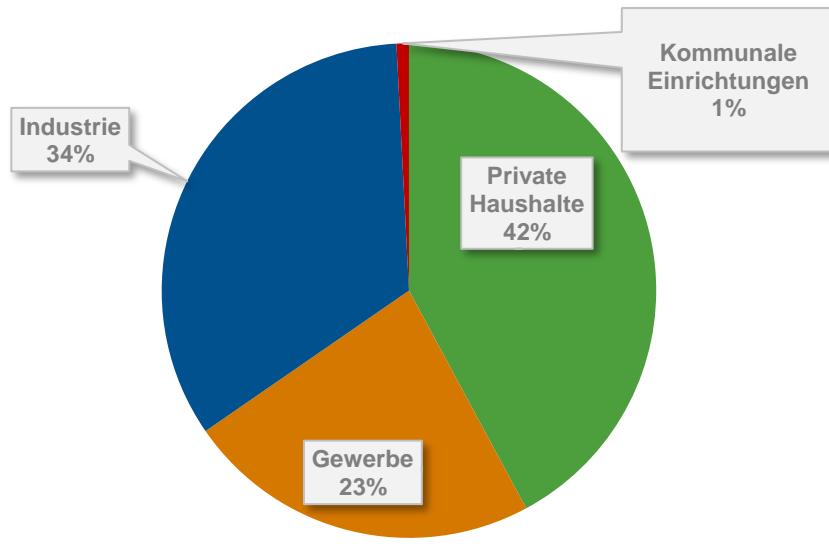


Abbildung 7: Wärmeverbrauch nach Verbrauchergruppen (2019)

## 2.4.4 Verkehrssektor

Der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors lag im Bilanzjahr 2019 bei rund 307.200 MWh. Nach der BISKO-Methodik wird der Verkehr rein territorial bilanziert, wodurch alle Verkehrsbewegungen, die innerhalb des Gebiets der Stadt Bad Kreuznach vollzogen werden, berücksichtigt werden. Die hier dargestellten Werte beruhen auf statistischen Berechnungen, die vom Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer zur Verfügung gestellt werden.

Damit kann der motorisierte Individualverkehr (MIV), den Straßen- und Schienengüterverkehr und der Schienenpersonenverkehr abgedeckt werden. Ergänzt wird das Verkehrsmodell um den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Hierzu werden die Fahrleistungen der Busse berücksichtigt. Da es sich bei diesem Modell um eine statistische Betrachtung handelt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die tatsächlichen Energieverbräuche und Emissionen des Verkehrs deutlich abweichen.

Die Verteilung nach Antriebsart zeigt, dass neben einer überwiegenden Nutzung von Diesel mit 191.000 MWh/a und Benzin mit 113.200 MWh/a die Nutzung von Strom deutlich weniger als 1 % ausmacht. Die Nutzung von Erdgas und Flüssiggas beträgt 1 %.

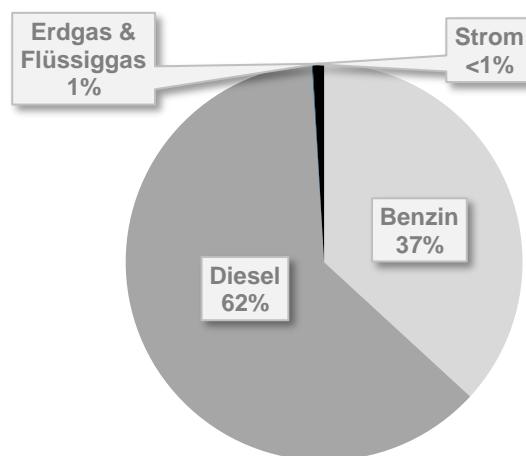


Abbildung 8: Endenergieverbrauch nach Antriebsart (2019)

Durch den motorisierten Individualverkehr wird in der Stadt Bad Kreuznach mit 71 % ein Großteil des verkehrsbedingten Energieverbrauchs verursacht. Dabei stellt der Pkw das dominante Fortbewegungsmittel dar. Der gewerbliche Verkehr (Lkw, leichte Nutzfahrzeuge und Schienengüterverkehr) ist für etwa 25 % des Energieverbrauchs verantwortlich. Mit rund 4 % hat der ÖPNV nur einen sehr geringen Anteil am Energieverbrauch.

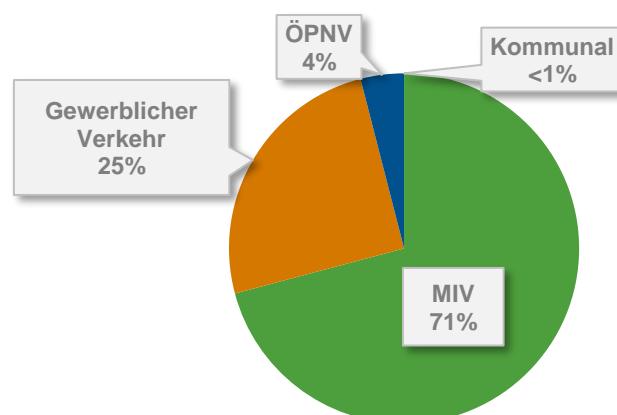


Abbildung 9: Endenergieverbrauch im Verkehr nach Fahrzeugarten (2019)

## 2.4.5 Kommunale Verbräuche

Aufgrund der Vorbildfunktion werden die Endenergieverbräuche und Emissionen der kommunalen Verwaltung detailliert betrachtet und dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Sektoren und genutzten Energieträger. Insgesamt lag der Energieverbrauch im Jahr 2019 bei rund 8.900 MWh in Sektoren Wärme und Strom. Werden die verkehrsbedingten Verbräuche addiert, ergibt sich ein Wert von ca. 11.050 MWh. Die daraus resultierenden Emissionen belaufen sich auf rund 3.100 t CO<sub>2</sub>/a.

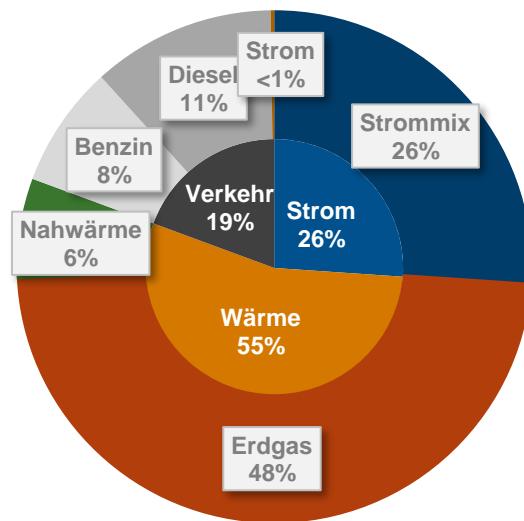


Abbildung 10: Kommunaler Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern (2019)

Der Wärmeverbrauch hat den größten Anteil an den Energieverbräuchen mit 6.030 MWh/a. Erdgas macht hier den größten Anteil mit rund 5.330 MWh/a aus, gefolgt von Nahwärme mit rund 700 MWh/a. Der Stromverbrauch ist für 2.880 MWh/a des Energieverbrauchs verantwortlich. Im Sektor Verkehr sind ca. 2.100 MWh/a<sup>7</sup> festzustellen.

In Abbildung 11 werden die Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften nach Gebäudekategorien und Energieträgern dargestellt. Die größte Verbrauchergruppe (25 % des Gesamtverbrauchs) stellen die Schulen mit Turnhallen mit rund 2.240 MWh/a dar. Hier bildet der Erdgasanteil den größten Anteil am Verbrauch. Die zweitgrößte Verbrauchergruppe stellen die sonstigen kommunalen Einrichtungen (17,5 %) mit 1.550 MWh/a dar. Diese haben ebenfalls einen hohen Wärmeverbrauch. Die drittgrößte Verbrauchergruppe bildet der Stromverbrauch für die Anlagen der Straßenbeleuchtung (17 %) mit 1.520 MWh/a, jedoch im Strom- und nicht im Wärmesektor.

Es sind aktuell nur drei PV-Anlagen auf den kommunalen Gebäuden der Stadt verbaut. Die Martin-Luther-Grundschule (Richard-Wagner-Straße) verpachtet ihre Dachfläche an einen externen Betreiber. Die Grundschule in Winzenheim erzeugt ebenfalls Solarenergie auf der Schulgemarkung – mit ca. 22.000 kWh/a deckt sie den eigenen Strombedarf zu ca. 46%. Auf dem Turnhallendach der Hofgartengrundschule setzt die Stadtverwaltung den Aufbau einer PV-Anlagen um, welche seit

<sup>7</sup> Es lässt sich erwähnen, dass die Bestimmung der Endenergieverbräuche von den kommunalen Fahrzeugen auf einem deutlich geringen Niveau der Datengüte durchgeführt wurde. Laut den Daten des lokalen Klimaschutzmanagements sind im kommunalen Eigentum ca. 190 Fahrzeuge zu finden, deren Typ (Leichtnutzfahrzeuge, Pkw oder Lkw) nicht zu bestimmen war. Ebenfalls war es aufgrund der bestehenden Datenlage unmöglich, den entsprechenden Energieträger des jeweiligen Fahrzeugs aufzufinden. Das gleiche betrifft die genauen Angaben zu der Fahrleistung. Es wurde entschieden, einen Mittelwert für die Bestimmung der erwarteten Fahrleistung zu nehmen (ca. 16.000 km pro Fahrzeug), und die Aufteilung nach Kraftstoffart auf Basis der bundesweiten Durchschnittsdaten (60% Diesel, 40% Benzin) vorzunehmen

Frühjahr 2023 im Testbetrieb läuft. Die genauen Angaben zum Ertrag lassen sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht genau festhalten. Auch auf dem Gebäude der Feuerwache Ost in Planig und auf dem Dach des Veranstaltungsgebäudes auf dem Freizeitgelände Kuhberg wurde jeweils eine Anlage geplant. Eine Realisierung mindestens einer Anlage soll noch 2023 erfolgen.

Viele Beschäftigte der Stadtverwaltung nutzen dienstlich ein Fahrrad. Die meisten tun das sporadisch, einige regelmäßig und ein paar Mitarbeitende fahren so gut wie alle Strecken mit dem Rad. Zudem gibt es insgesamt 197 Kfz, die über die Stadt versichert sind. Es gibt zurzeit keine andere Möglichkeit mit vertretbarem Aufwand Rückschlüsse auf die Zahl der Fahrzeuge, die von der Stadtverwaltung verwendet werden, durchzuführen. Der Fuhrpark besteht aus 7 Elektroautos, die jährlich zusammen ca. 112.000 km (entspricht ca. 25 MWh) verursachen und ansonsten aus Dieselfahrzeugen die zusammen auf geschätzte 3.040.000 km pro Jahr kommen (entspricht ca. 2.029 MWh)<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Anhand der Auswertung einiger vorhandenen Fahrtenbücher, wird eine durchschnittliche jährliche Fahrleistung von ca. 16.000 km für alle Fahrzeuge angenommen.

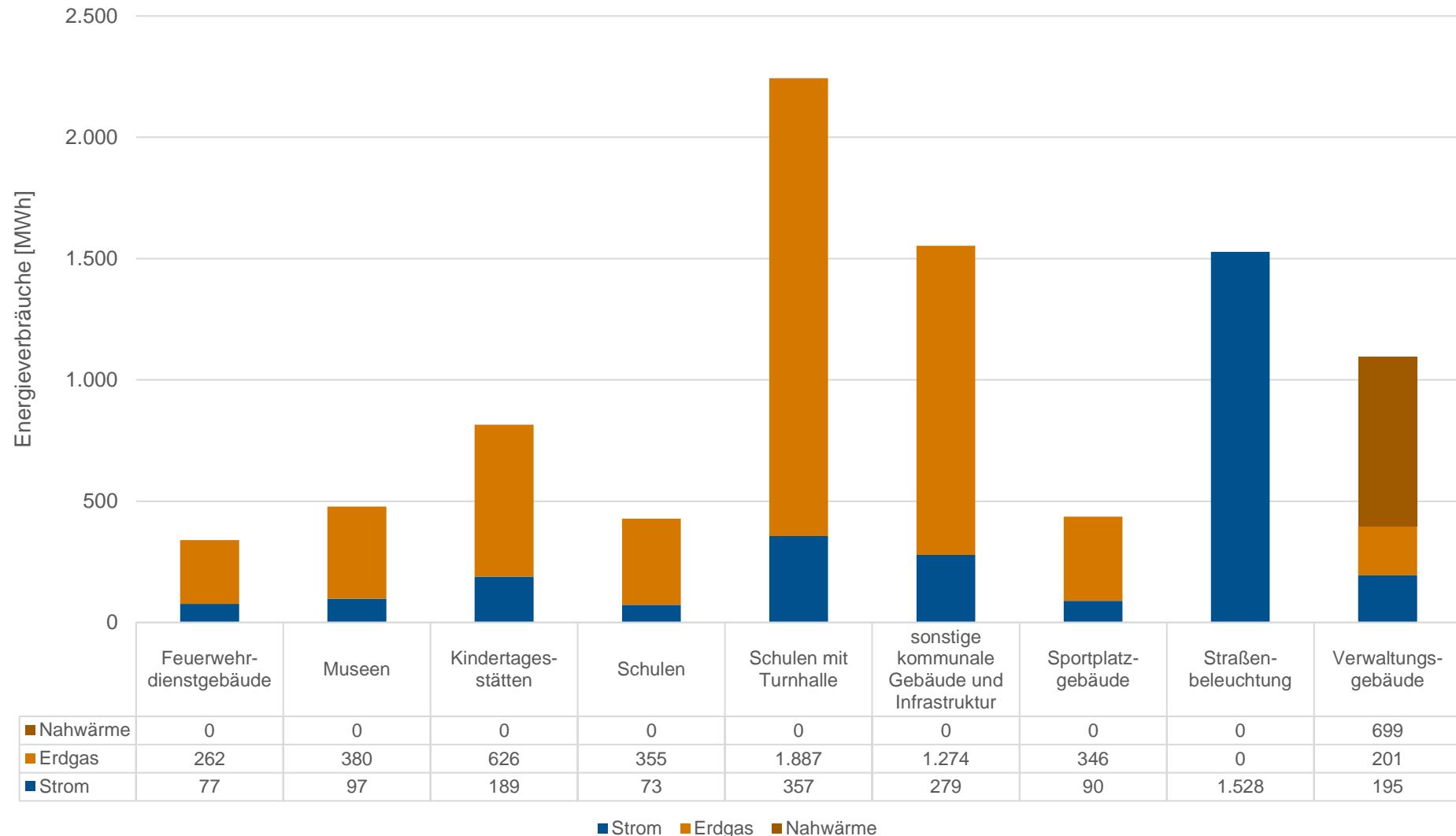


Abbildung 11: Energieverbräuche der kommunalen Gebäude nach Gebäudetyp und Energieträger inkl. Straßenbeleuchtung (2019)

## 2.4.6 Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasemissionen werden auf Grundlage der ermittelten Endenergieverbräuche und unter Anwendung der Emissionsfaktoren nach BISKO-Systematik ermittelt. Im Jahr 2019 betragen die Emissionen der Stadt Bad Kreuznach insgesamt rund **391.700 t CO<sub>2</sub>**. In Abbildung 12 sind die Werte nach den drei Sektoren Strom, Wärme und Verkehr dargestellt und nach Unterkategorien weiter aufgeschlüsselt. Die Pro-Kopf-Emissionen für die Stadt Bad Kreuznach liegen bei 7,7 t CO<sub>2</sub>/Kopf und damit leicht unter dem Bundesdurchschnitt von 10,8 t CO<sub>2</sub>/Kopf.<sup>9</sup> Ein Grund dafür dürfte das etwas wärmere Klima sein, welches in der Folge die Heizstunden verringert.

Zum weiteren Vergleich: Um das 1,5°-Ziel erreichen zu können, liegt das derzeitige CO<sub>2</sub>-Budget pro Jahr weltweit bei 1,5 t CO<sub>2</sub>/Kopf.

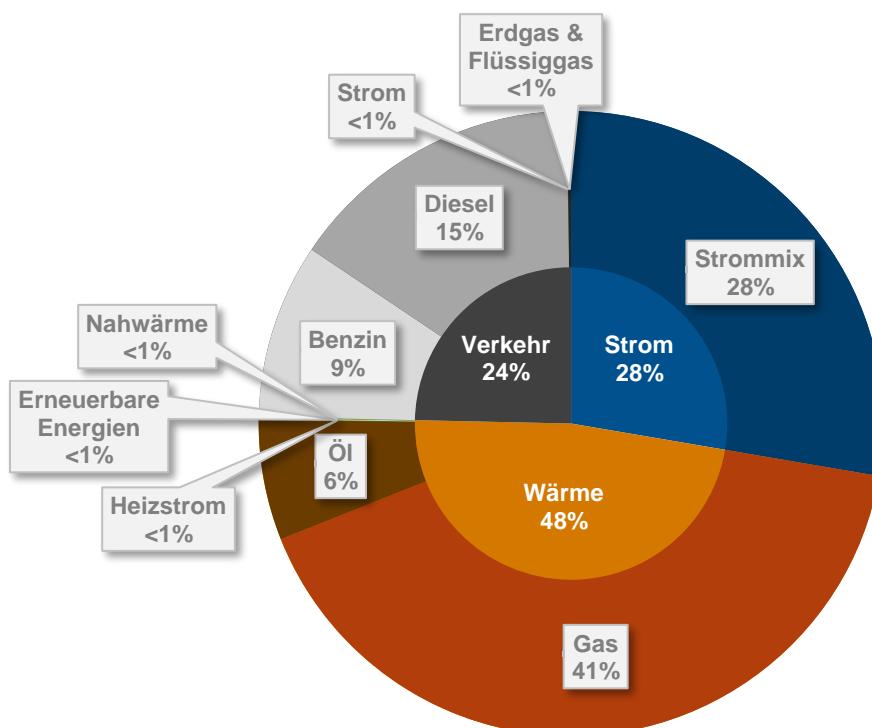


Abbildung 12: Treibhausgasemissionen nach Sektoren und Energieträgern (2019)

Die aus den Wärmeverbräuchen resultierenden Emissionen sind für 186.700 t CO<sub>2</sub>/a der Gesamtemissionen verantwortlich. Die Emissionseinsparung durch Einspeisung von erneuerbaren Energien als Anteil am Gesamtstromverbrauch wird nach BISKO-Standard nicht bilanziert, kann aber ergänzend dargestellt werden: Die lokale Stromeinspeisung entspricht 8 % des Stromverbrauchs und kann rein rechnerisch rund 7.900 t CO<sub>2</sub>/a einsparen. Nimmt man die lokale Stromeinspeisung mit in Betracht (nicht BISKO-konform) würden sich die Gesamtemissionen auf insgesamt 383.700 t CO<sub>2</sub> reduzieren.

Der Stromsektor hat in der Stadt Bad Kreuznach mit 108.400 t CO<sub>2</sub>/a den zweitgrößten Anteil an den Emissionen zu verzeichnen und knapp dahinter der Verkehrssektor, verantwortlich für rund 96.600 t CO<sub>2</sub>/a. Ein Großteil davon wird mit 60.200 t CO<sub>2</sub>/a durch den Kraftstoff Diesel verursacht. Rund 35.500 t CO<sub>2</sub>/a sind dem Kraftstoff Benzin und weniger als 1 % auf die Elektromobilität bzw. Erd- und Flüssiggas zurückzuführen.

<sup>9</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Die Verteilung nach Verbrauchergruppen zeigt folgendes Bild: Rund 114.500 t CO<sub>2</sub>/a entfallen auf den Sektor private Haushalte, 96.600 t CO<sub>2</sub>/a auf den Verkehrssektor und 89.600 t CO<sub>2</sub>/a auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD). Der Sektor Industrie ist für 88.100 t CO<sub>2</sub>/a der Emissionen verantwortlich. Der Anteil der Verwaltung an den Gesamtemissionen liegt unter 1 %.

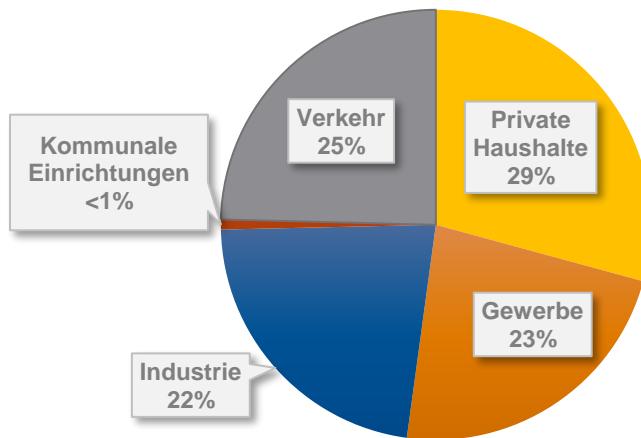


Abbildung 13: Emissionen nach Verbrauchergruppen (2019)

Eine finale Übersicht über den Energieverbrauch und die Emissionen der Stadt Bad Kreuznach im Jahr 2019 ist im Anhang in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** entlang der Energieträger dargestellt.

### 3 Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse werden für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr Potenziale zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen ermittelt. Anschließend erfolgt die Entwicklung zweier denkbarer Szenarien bis zum Zieljahr 2040 mit dem Zwischenziel 2030.

#### Potenziale

Grundsätzlich lassen sich auf zwei Arten Emissionen reduzieren. Zum einen durch eine Verringerung des Verbrauchs durch Energieeinsparmaßnahmen und Effizienzsteigerung. Zum anderen können der Einsatz erneuerbarer Energien und die Umrüstung auf klimafreundliche Technologien die Emissionen verringern. Die Energieeinsparung und Effizienzsteigerung sollte in ihrer Bedeutung nicht verkannt werden, da die klimafreundlichste Energieeinheit diejenige ist, die nicht verbraucht und deshalb nicht produziert werden muss. Entsprechend werden Einsparmöglichkeiten zuerst betrachtet, gefolgt von den Potenzialen zur Nutzung regenerativer Energien. Es werden die vorhandenen Potenziale dargestellt und Aussagen zur Nutzbarkeit vor Ort (soweit möglich) anhand von natürlichen oder regulatorischen Beschränkungen getroffen.

#### Szenarien

Auf Basis der Potenziale werden zwei Szenarien erstellt, die eine mögliche Energieversorgungssituation in der Zukunft – je nach Ausmaß des lokalen Klimaschutzes – beschreiben. Es ist wichtig zu beachten, dass die Szenarien Zukunftsbilder darstellen, die selten genauso eintreten wie geplant, aber hilfreiche Wenn-Dann-Überlegungen darstellen und einen Orientierungspunkt für eine strategische Implementierung von lokalem Klimaschutz geben. Folgende zwei Szenarien werden in jedem Sektor betrachtet:

#### Referenzszenario

Das Referenzszenario (auch „Business-as-usual-Szenario“ genannt) basiert einerseits auf der bisherigen Entwicklung der Verbräuche in der Stadt Bad Kreuznach und andererseits auf dem aktuellen Stand der Politik in puncto Energiewende und Klimaschutz. Dieses Szenario zeichnet sich dadurch aus, dass in Zukunft keine zusätzlichen Anstrengungen unternommen werden, Energiewende und Klimaschutz in der Stadt voranzutreiben. Vielmehr wird der bisherige Trend fortgeschrieben.

#### Klimaschutzszenario

Im Gegensatz zum Trendszenario basiert dieses Szenario auf der Annahme, dass sowohl in der Stadt vermehrt Klimaschutzaktivitäten durchgeführt als auch auf bundespolitischer und gesetzgeberischer Ebene zusätzliche Aktivitäten zu Energiewende und Klimaschutz vorangetrieben werden. Dabei steht insbesondere das Ziel von Rheinland-Pfalz bis 2040 weitgehende Treibhausgasneutralität zu erreichen, im Vordergrund. Die getroffenen Annahmen des Szenarios beruhen auf einer Analyse der lokalen Potenziale sowie den Ergebnissen bundesweiter Studien, welche Anpassungen notwendig und sinnvoll erscheinen. Insbesondere die Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (2021)<sup>10</sup> von Prognos AG et al. als auch der Ariadne-Report „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“ (2021) wurden für die Annahmen im Strom- und Wärmesektor genutzt. Für den Verkehrssektor wurden insbesondere die Ergebnisse der „Renewability-Studie“ als Grundlage genommen. Da nicht für jede

<sup>10</sup> Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende

Gebietskörperschaft ein einheitliches Zielbild erstellt werden kann - die lokalen Potenziale und Ausgangsbedingungen müssen berücksichtigt werden - dienen die Studienergebnisse lediglich als Orientierung und die lokalen Szenarien können in ihren Annahmen abweichen. Auch ist darauf hinzuweisen, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, dem Ziel der Treibhausgasneutralität näher zu kommen. Unterschiedliche Studien gewichten etwa den Einfluss verschiedener Technologien und Energieträger stärker oder schwächer (Beispiel Wasserstoff). Entsprechend sind auch andere Entwicklungen als hier formuliert denkbar, jedoch erscheint das dargestellte Szenario unter den gegebenen Ausgangsbedingungen und den getroffenen Annahmen als besonders passend.

**Im jeweiligen Fazit sind alle relevanten Veränderungen des Sektors (Strom, Wärme, Verkehr) übersichtlich dargestellt. Welche Ausbauziele dafür notwendig sind und welches Potenzial in der Stadt Bad Kreuznach vorhanden ist, wird in den jeweiligen vorherigen Unterkapiteln im Detail erläutert.**

### 3.1 Stromsektor

Um Aussagen über die Potenziale im Stromsektor treffen zu können, wird zunächst untersucht, wie sich der Stromverbrauch selbst entwickeln wird. Hierbei sind Einsparungen durch technologische Fortschritte hin zu einer erhöhten Energieeffizienz von Geräten zu erwarten ebenso wie eine Verhaltensänderung hin zu einem sparsameren Umgang mit Energie, welche notwendig ist und deshalb aktiv beworben wird. Gleichzeitig ist von einer deutlichen Steigerung des Strombedarfs aufgrund der Umstellung auf strombasierte Technologien insb. durch Nutzung von Wärmepumpen im Wärmesektor und Elektromobilität im Verkehrssektor auszugehen.

Anschließend wird geprüft, welche Technologien eingesetzt werden können, um einen möglichst hohen Anteil des Strombedarfs durch lokale und emissionsarme Erzeugung zu decken. Es spielen sowohl Großanlagen wie Windkraft, Biogasanlagen und Freiflächen-Photovoltaik eine Rolle als auch kleine Anlagen für den Eigenbedarf wie PV-Dachflächenanlagen von Wohngebäuden. Während Dachflächen-PV in jeder Kommune ausgebaut werden kann, können sich die Voraussetzungen für Großprojekte regional stark unterscheiden, weshalb in der Praxis überregional gedacht und kooperiert werden sollte.

#### 3.1.1 Effizienzsteigerung in Haushalten, Gewerbe und Industrie

##### 3.1.1.1 Grundsätzliches Potenzial

Den Energieverbrauch selbst zurückzufahren ist der primäre Schritt zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Stadt. Werden in diesem Bereich große Fortschritte erzielt, fallen die folgenden Schritte der Substitution von Energieträgern und gegebenenfalls die Kompensation deutlich geringer aus. In der Energieeffizienzstrategie 2050 hat sich Deutschland das Ziel gesetzt, den Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 um 50 % zu reduzieren. Bis 2030 soll eine Reduktion um 30 % des Primärenergieverbrauchs erreicht werden. Dazu sind verschiedene Maßnahmen im Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE 2.0) festgelegt.

Ein wichtiger Faktor, der zur Reduktion des Stromverbrauchs beiträgt, ist der technologische Fortschritt und die Produktion immer effizienterer Geräte. Das EU-Energielabel bietet dabei eine gute Orientierung. Es wird angenommen, dass es in der Stadt Bad Kreuznach durch den vermehrten Einsatz energiesparender Anlagen (Haushaltsgäte, Beleuchtung usw.) zu einem Rückgang des Stromverbrauchs der Haushalte kommt. Daneben spielt die Verhaltensänderung eine entscheidende Rolle. Das Bewusstsein für vorhandene Einsparpotenziale durch z.B. das vollständige Abschalten nicht genutzter technischer Produkte etc. muss gestärkt werden. Wie die Analyse der Stromverbräuche in der Bilanz zeigt, wird rund 75% des Stroms in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie von den privaten Haushalten verbraucht.

Für Unternehmen bestehen – wie auch für Haushalte – geförderte Möglichkeiten der Energieberatung, um Einsparpotenziale zu identifizieren. Der Einsatz energieeffizienter Anlagen wird in Zukunft entscheidend sein (Beleuchtung, Lüftung, IKT; Maschinen, etc.).

##### 3.1.1.2 Szenarien

Deutschlandweit sank der Nettostromverbrauch in den Jahren 2010-2019 um rund 5 %.<sup>11</sup> Unter den verschiedenen Verbrauchergruppen ist kein relevanter Unterschied zu verzeichnen. Entsprechend

<sup>11</sup> (BMWi, 2019)

hoch ist die Notwendigkeit umfassende Veränderungen vorzunehmen, um die deutschlandweiten Ziele zu erreichen.

Die Energieeffizienzstrategie Deutschlands sieht ambitionierte Reduktionsziele für den Energieverbrauch vor. Im Klimaschutzszenario wird von einer für den Zeitraum bis 2040 heruntergebrochenen Zielsetzung einer Stromverbrauchsreduktion um 25 % ausgegangen. Konkret ergeben sich daraus die Szenarien wie folgt. Zu beachten: Ausgenommen bei diesen Reduktionen sind die elektrische Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen und der Stromverbrauch verursacht durch Elektromobilität. Ihr Energieverbrauch und die resultierenden Emissionen werden im vorliegenden Konzept in den Sektoren Wärme und Verkehr betrachtet. Durch ihren Stromverbrauch wird der in der folgenden Abbildung dargestellte Rückgang des „klassischen“ Stromverbrauchs überkompensiert. Dies wird im folgenden Fazit zum Stromsektor informativ ergänzend dargestellt.

### **3.1.1.3 Referenzszenario**

Angelehnt an die bisherigen deutschlandweiten Entwicklungen wird für alle Sektoren eine Reduktion von 6,2 % bis 2030 und 11,5 % bis 2040 angenommen. Der Gesamtstrombedarf sinkt um rund 25.000 MWh auf 202.000 MWh bis 2040. Die Realisierung des Reduktionspotenzials entspricht einer Emissionseinsparung von ca. 12.000 t CO<sub>2</sub>, wenn mit dem Bundesstrommix von 2019 gerechnet wird.

### **3.1.1.4 Klimaschutzszenario**

Die bundesweite Zielsetzung der Energieeffizienzstrategie wird auf den betrachteten Zeitraum von 2019 – 2040 heruntergebrochen und eine Reduktion des klassischen Stromverbrauchs von 15 % bis 2030 und von 25 % bis 2040 für die Haushalte, das Gewerbe und für die Industrie angenommen. Der Gesamtstrombedarf sinkt bis 2040 um ca. 55.000 MWh/a, während die Realisierung des Reduktionspotenzials einer Emissionseinsparung von ca. 26.500 t CO<sub>2</sub> entspricht, wenn mit dem Bundesstrommix von 2019 gerechnet wird.

Es ist zu beachten, dass die hier beschriebenen Emissionseinsparungen im Vergleich zum Bundesstrommix von 2019 und dessen Emissionsfaktor berechnet wurden. Die tatsächliche Emissionseinsparung wird im Jahr 2040 deutlich geringer ausfallen, da der Emissionsfaktor des Bundesstrommix sich entsprechend der derzeitigen Ausbauziele für erneuerbare Energien stark verbessern wird. Um jedoch die Klimaschutzwirkung der einzelnen Maßnahmen darzustellen, wird für die Einzeldarstellungen der Vergleich mit den Emissionen von 2019 herangezogen.

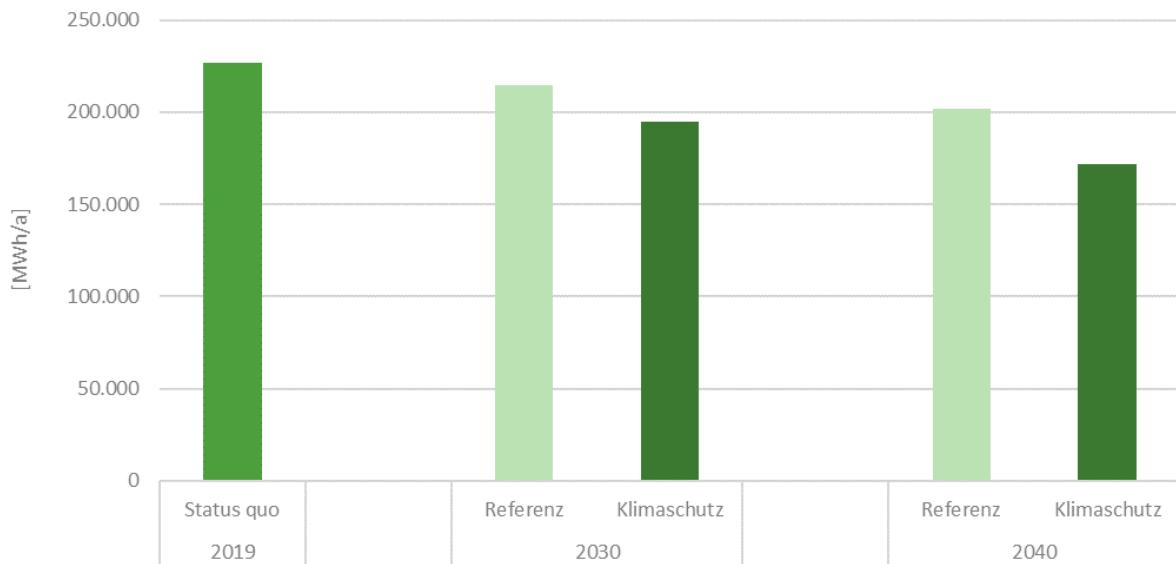


Abbildung 14: Resultierender Stromverbrauch nach Szenarien in der Stadt Bad Kreuznach

### 3.1.2 Effizienzsteigerung in den kommunalen Liegenschaften

Kommunale Liegenschaften können und sollen bei der Umsetzung der angestrebten Emissionsziele eine bedeutende Rolle spielen, um die Vorbildfunktion der Verwaltung zu stärken. Für die Liegenschaften der Stadt werden die spezifischen Stromverbräuche (Verhältnis der mittleren Verbräuche<sup>12</sup> gegenüber der Nettogrundfläche) ermittelt. Daraus lässt sich eine gewisse Effizienz der jeweiligen Gebäude ableiten. Die spezifischen Verbräuche der kommunalen Liegenschaften sind in der Abbildung am Ende dieses Kapitels dargestellt. Des Weiteren sind die Referenzwerte für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“ aufgetragen, wie sie vom BMWK vorgegeben werden.<sup>13</sup> Insgesamt wurden die Stromverbrauchswerte von 37 Liegenschaften<sup>14</sup> zur Verfügung gestellt. Eine Potenzialanalyse aufgrund der Vollständigkeit der Daten konnte nur bei 19 Gebäuden durchgeführt werden. Bei 17 Gebäuden wurden die Referenzwerte für den Stromverbrauch überschritten.<sup>15</sup>

Dank den primär erhobenen Daten zum Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften lassen sich konkrete Einsparpotenziale ermitteln. Die Differenz zwischen den spezifischen Stromverbräuchen und den Referenzwerten multipliziert mit der vorhandenen Fläche ergibt sich ein Einsparpotenzial pro Gebäude. Den größten spezifischen Stromverbrauch weist die Grundschule Hofgarten (Grundschulpavillon) mit ca. 109 kWh/(m<sup>2</sup>\*a), das liegt wahrscheinlich an der elektrischen Beheizung der Räumlichkeiten. Darauf folgen das Stadion Salinental mit rund 75 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)<sup>16</sup>, das Kurmittelhaus mit einem spezifischen Verbrauch von rund 59 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) und die Kindertagesstätte „Zur Klaster“ mit 49 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Das größte Einsparpotenzial (gegenüber guten Bestandsgebäuden) liegt bei dem

<sup>12</sup> Es wird ein Mittelwert der absoluten Verbräuche über die Jahre 2018 und 2019 gebildet.

<sup>13</sup> „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ (BMWK, Vom 15. April 2021)

<sup>14</sup> Einzelne kommunale Gebäude sind nicht abgebildet, wenn keine Informationen zu Verbräuchen oder Grundflächen vorliegen.

<sup>15</sup> Gebäude wurden nicht erfasst, wenn ihr Verbrauchsvergleichsweise gering ist, keine Flächenangaben für das Gebäude vorliegen oder der Stromverbrauch mehrere Gebäude von einem Stromzähler erfasst wird und so eine genaue Zuordnung der Verbrauchsdaten nicht möglich ist. Ohne diese zentralen Informationen kann kein Potenzial festgestellt werden. Diese Informationslücke zu schließen ist eine Priorität des KSK.

<sup>16</sup> Der hohe Stromverbrauch ist auf die Flutlichtanlage zurückzuführen, die über diesen Zähler läuft.

erwähnten Kurmittelhaus mit 109 MWh/a, gefolgt von dem Feuerwehrdienstgebäude Süd mit 49 MWh/a.<sup>17</sup>

Die daraus resultierenden Strom- und Emissionseinsparungen sind in der folgenden Tabelle 2 für die jeweiligen Szenarien dargestellt. Die Emissionsreduktion ist mit Annahme des Bundesstrommix von 2019 berechnet, um das Einsparpotenzial von Maßnahmen darzustellen. Im Jahr 2040 wird diese Einsparung deutlich geringer ausfallen, da von einem stark verbesserten Bundesstrommix ausgegangen wird.

Die Ergebnisse beruhen auf einer ersten Analyse von Kennzahlen und enthalten entsprechend eine gewisse Unschärfe. Die tatsächlich realisierbaren Reduktionspotenziale bedürfen einer fachmännischen Vor-Ort-Analyse der einzelnen Gebäude und Gegebenheiten. Durch die Einführung eines Energiemanagementsystems würde die Möglichkeit einer genaueren Datenerfassung sowie einer spezifischeren Analyse der Daten der kommunalen Liegenschaften bestehen.

Tabelle 2: Effizienzsteigerung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien

Szenario	Ausgestaltung	Energie-einsparung	Emissions-reduktion
Referenz	Realisierung des Einsparpotenzials aus dem Vergleich mit „guten Bestandsgebäuden“	438 MWh/a	209 t CO <sub>2</sub> /a
Klimaschutz	Realisierung des Einsparpotenzials bei Sanierung auf KfW-70-Standard	585 MWh/a	279 t CO <sub>2</sub> /a

<sup>17</sup> Dies ist eine erste Potenzialabschätzung ohne Detailbetrachtung, sodass die tatsächlichen Werte davon deutlich abweichen können.

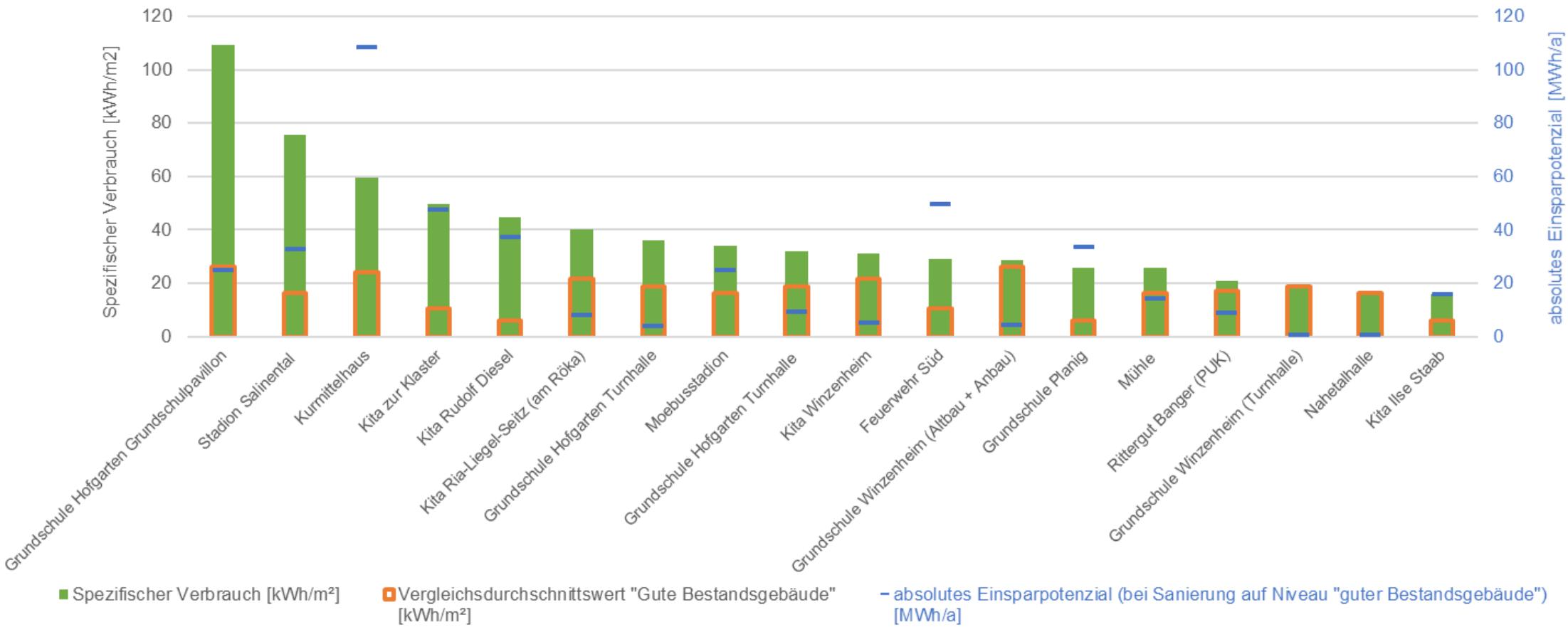


Abbildung 15: Spezifischer Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften in der Stadt Bad Kreuznach



### 3.1.3 Windenergie

#### 3.1.3.1 Grundsätzliches Potenzial

Die raumplanerischen Regelungen für den Windkraftausbau werden auf Landesebene über den Landesentwicklungsplan (LEP) festgelegt, welcher in Rheinland-Pfalz derzeit in der vierten Teilstudie überarbeitet wird. Darin werden insbesondere die Abstandsregelungen niedergeschrieben, welche bisher bei 1.000 m lagen (in Ausnahmefällen darüber). Aufgrund der politischen und gesellschaftlichen Veränderungen sowie einer deutlich ambitionierteren Klimaschutzpolitik auf Bundes- und Landesebene, hier ist insbesondere das Windenergieflächenbedarfsgesetz zu nennen, werden die Abstandsregeln in Rheinland-Pfalz auf 900 m reduziert und so die Flächenkulisse deutlich erweitert. Die Landesregierung sieht unter anderem vor, die Genehmigungsverfahren zu beschleunigen, indem 2023 die Zuständigkeit von den regionalen Genehmigungsbehörden auf die SGD Nord und SGD Süd übertragen werden, um die regionalen Genehmigungsbehörden zu entlasten.

Auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach sind laut dem Energieatlas Rheinland-Pfalz keine Windkraftanlagen errichtet. Auf der Fläche der Stadt lassen sich nur wenige Flächen mit einer ausreichenden mittleren Windgeschwindigkeit für die Installation der Windkraftanlagen finden. Einige Gebiete südlich von Bad Kreuznach kommen theoretisch infrage, allerdings sind hier weiteren Einzelheiten der lokalen Raumplanung und Natur- und Umweltschutzaspekte zu berücksichtigen. Eine detailliertere Analyse der zusätzlichen Flächen sowie eine genauere Untersuchung des lokalen Windenergiopotenzials vor Ort erscheint in diesem Falle relevant.

Trotz des bereits vorhandenen kommunal beschlossenen Verbots von Windenergieanlagen auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach ist es sinnvoll, weiteres Potenzial zu bestimmen, da die dadurch entstehenden Energiemengen den Strombedarf der benachbarten Kommunen abdecken können. Ausschlaggebend ist in diesem Fall die Betrachtung der mittleren Windgeschwindigkeiten (Höhe: 140 m) vor Ort.

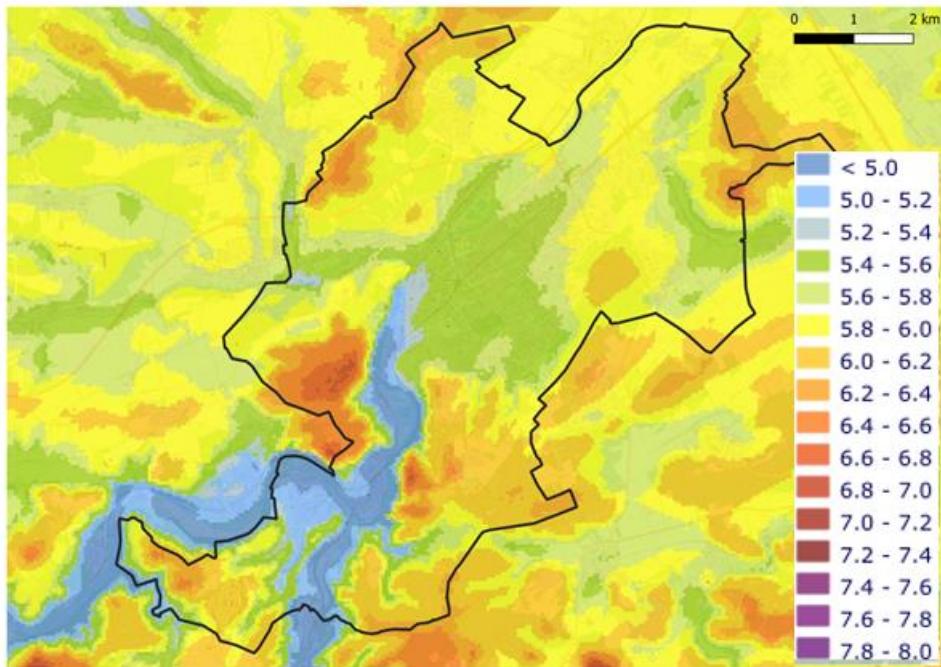


Abbildung 16: Abbildung der mittleren Windgeschwindigkeiten auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach. Für die pixelgenaue Abbildung der Informationen siehe Originalquelle. Quelle der Daten: Energieatlas Rheinland-Pfalz. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH<sup>18</sup>

### 3.1.3.2 Szenarien

Folgende zwei Szenarien werden für die Windenergie betrachtet:

#### 3.1.3.3 Referenzszenario

Aktuell befindet sich keine WEA in Planung oder Beantragung. Für die Vollständigkeit der Analyse wurde jedoch entschieden, den Zubau einer Windenergieanlage bis zum Zwischenjahr 2030 anzunehmen. Bis zum Zieljahr 2040 wird ein Zubau von insgesamt zwei Anlagen angenommen. Es wird von einer durchschnittlichen Leistung von 5 MWp pro Anlage und ca. 1.700 Volllaststunden ausgegangen. Bis 2030, gemäß den getroffenen Annahmen, wird mit einer Einspeisung von ca. 8.800 MWh gerechnet. Bis 2040 erhöht sich die Einspeisung auf rund 17.600 MWh. Dies entspricht einem zusätzlichen Emissionsreduktionspotenzial bis 2030 von rund 4.100 Tonnen CO<sub>2</sub>/a und von ca. 8.200 Tonnen bis 2040.

#### 3.1.3.4 Klimaschutzszenario

In der Stadt Bad Kreuznach lassen sich keine Windenergieanlagen finden, die den lokalen Strombedarf abdecken könnten. Jedoch wird aufgrund der derzeitigen Überarbeitung der Flächenkulisse in Rheinland-Pfalz, der erwarteten Steigerung des Strombedarfs sowie der Notwendigkeit der bundesweiten Aktivitäten im entsprechenden Bereich dennoch ein theoretischer Referenzwert für den optionalen Ausbau von Windkraft vor Ort an dieser Stelle dargestellt. Für die Realisierung ist die Überarbeitung der Flächenkulisse und Festlegung von für Windkraft geeigneten Gebieten auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach notwendig.

Bis 2040 wird mit dem Zubau von fünf neuen Anlagen je 5 MWp gerechnet. Damit könnte man mit der zusätzlichen Einspeisung von ca. 43.800 MWh aus Windenergieanlagen rechnen. Die

<sup>18</sup> Zur vollen Ansicht gelangt man über (Arbeitsgemeinschaft der Regionalverbände Baden-Württemberg, 2022)

Emissionsreduktion beläuft sich bis 2040 auf 20.500 t CO<sub>2</sub>/a, wenn mit dem Bundesstrommix von 2019 verglichen wird.

### 3.1.4 Photovoltaik

#### 3.1.4.1 Grundsätzliches Potenzial

In dem Stadtgebiet befanden sich 2019 nach den Daten des Marktstammdatenregisters 614 Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 20 MWp im Betrieb.

Im Jahr 2019 wurden durch die Anlagen rund 16,7 MWh Strom erzeugt und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von ca. 670 t CO<sub>2</sub>-Äq. vermieden. Die meisten Anlagen wurden in den PV-Boom-Jahren zwischen 2008-2012 errichtet (s. Abbildung unten). Danach hat sich das Tempo der Installation von neuen Anlagen aufgrund veränderter Förderbedingungen abgeflacht, seit 2017 ist wieder ein leichter Anstieg zu beobachten.

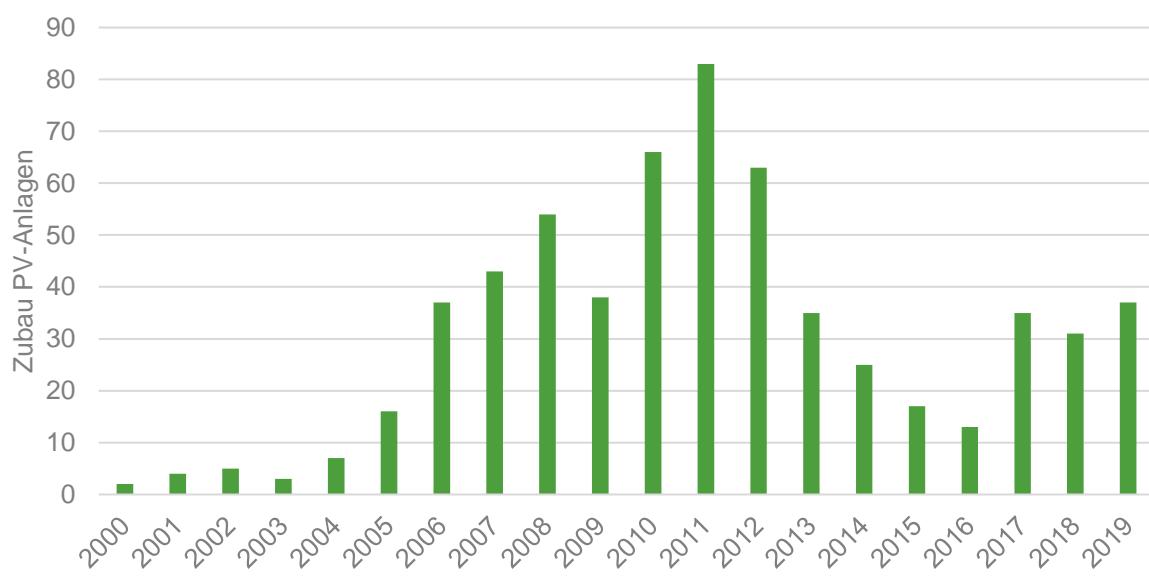


Abbildung 17: Anzahl jährlich zugebauter Photovoltaikanlagen in der Stadt Bad Kreuznach

Wären die Dachflächen-PV-Anlagen ausschließlich auf Wohngebäuden verbaut, würde dies einen Anteil von ca. 6 % der ca. 10.200 Wohngebäude (Stand 2019) ausmachen. Es wird daher ein weiterhin großes Potenzial für PV-Dachanlagen in der Stadt gesehen.

Leider bietet der Datenservice des Energieatlasses Rheinland-Pfalz keine Gesamtübersicht der für PV-Installationen geeigneten Dachflächen. Eine Auswertung kann nur gebäudespezifisch erfolgen. Gerade im Hinblick auf die zu erwartende steigende Anzahl an Wärmepumpen wird der Ausbau von PV-Anlagen in Kombination mit einer Wärmepumpe für viele Haushalte eine rentable Option darstellen. Die Installation der PV-Anlagen auf den Gebäudedächern in Rheinland-Pfalz hat sich im Laufe der letzten Jahre intensiviert. Die Gesamtanzahl der Anlagen liegt über 119.000, während sich die Gesamtleistung der installierten Anlagen auf ca. 2.5 GWp beläuft. Damit konnten 2020 fast 2,2 TWh Strom erzeugt und 1,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden<sup>19</sup>. Die lokale Regierung bereitet auch die entsprechende gesetzgeberische Kulisse für die Intensivierung der Solaroffensive vor: neben dem postulierten Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 werden andere Gesetze, Regelungen und Anreize genutzt. Rheinland-Pfalz zeigt sich im kommunalen Klimaschutz besonders progressiv – nicht

<sup>19</sup> (Energieagentur RLP, 2023)

zuletzt dank dem neulich veröffentlichten Kommunalen Klimapakt<sup>20</sup>, welcher die Wichtigkeit der interkommunalen Zusammenarbeit auf dem Feld der EE-Ausbau unterstreicht.

Nicht zuletzt sind die Fördermittel zu erwähnen, die die lokale Regierung für die klima- und umweltschutzbezogenen Initiativen zur Verfügung stellt<sup>21</sup>.

Bezüglich Freiflächen-PV-Anlagen sind nach EEG 2023 grundsätzlich

- auf einem 500 m breiten Streifen entlang von Schienen, Autobahnen und allen Bundesstraßen
- auf Konversionsflächen und bereits versiegelten Flächen und
- nach Landesverordnung freigegebenen benachteiligten Grünlandflächen möglich.

Darüber hinaus wurden mit der EEG-Novelle „besondere Solaranlagen“ wie Agri-PV und Grünland-PV, Floating-PV, Moor-PV und Parkplatz-PV in die Förderung aufgenommen. Soll die Anlage nicht über das EEG gefördert werden, ist auch die Installation als nicht-privilegiertes Bauvorhaben im Außenbereich möglich.

Der weitere Ausbau der PV-Freiflächen auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen stößt verständlicherweise auf einen gewissen Widerstand einiger zivilgesellschaftlicher Organisationen. Einen möglichen Kompromiss stellt die Agri-Photovoltaik (Agri-PV) dar: Hierbei wird die gleichzeitige Nutzung einer Fläche für sowohl landwirtschaftliche Zwecke als auch die Stromproduktion durch Photovoltaik ermöglicht. Dies kann von hoch aufgeständerten PV-Anlagen, unter denen genügend Platz für Ackerbau oder auch Obstplantagen etc. zur Verfügung steht, bis hin Flächen mit extensiver Beweidung und nur geringfügigem Anpassungsbedarf für die Installation der PV-Module reichen. Durch die kombinierte Nutzung erhöht sich die Flächeneffizienz deutlich. Dadurch ergibt sich zusätzliches Potenzial für PV-Freiflächenanlagen.

### 3.1.4.2 Szenarien

Für die Zukunft wird angenommen, dass Altanlagen nach einer Lebensdauer von 25 Jahren vom Anlagenbetreiber erneuert werden und somit ein Verlust der am Netz angeschlossenen Anlagen nicht verzeichnet wird. Im Folgenden sind sowohl die Ausbauraten, welche für die einzelnen Szenarien angenommen werden, als auch die sich daraus ergebenden Einspeisemengen und Emissionsreduktionen angegeben:

### 3.1.4.3 Referenzszenario

Der Trend der Ausbaurate wird fortgesetzt: Es werden jährlich rund 21 Anlagen auf Wohngebäuden installiert. Damit wird der Trend der Jahre 2015-2019 fortgeschrieben. Die durchschnittliche Anlagengröße lag bei 8 kWp. Im gewerblichen Bereich wird von einem Zubau von sechs Anlagen jährlich ausgegangen mit durchschnittlich 94 kWp pro Anlage.<sup>22</sup> Bis 2030 können so rund 24.000 MWh/a bereitgestellt werden, was einer Emissionseinsparung von knapp 10.500 t CO<sub>2</sub> entspricht. Bis 2040 würden weitere rund 28.000 MWh/a erzeugt und damit eine Einsparung jährlicher Emissionen in Höhe von ca. 12.300 t CO<sub>2</sub> ermöglicht.

### 3.1.4.4 Klimaschutzszenario

Eine ambitioniertere Ausbaurate mit 42 Dachflächen-PV-Anlagen auf Wohngebäuden sowie 18 Anlagen im GHD-Sektor wird angenommen. Unter der Annahme, dass günstige Potenziale vor Ort genutzt werden sollten, um auch die Ziele des Landes Rheinland-Pfalz zum Ausbau erneuerbarer

<sup>20</sup> (Kommunaler Klimapakt RLP, 2022)

<sup>21</sup> (Kommunale Klima-Offensive RLP, 2022)

<sup>22</sup> Gemäß dem bisherigen Trend.

Energien zu erreichen, ist von einem intensiven Ausbau der Freiflächenanlagen ebenso auszugehen. Es wird von einem Ausbau von einer PV-Freiflächenanlage bis 2030 mit einer installierten Leistung von 1 MWp sowie drei Anlagen bis 2040 mit einer installierten Leistung von ca. 3 MWp ausgegangen.

Im Rahmen des hier vorliegenden Szenarios soll ein Referenzwert als Orientierungspunkt für den weiteren Ausbau von Photovoltaik aufgezeigt werden, der einen gewissen Rahmen liefert. Als Referenzwert wird der notwendige Ausbau angenommen, der für die Erreichung der 50%-Deckung des kompletten Strombedarfs in 2040 (inkl. Strombedarf für Wärmepumpen und E-Mobilität) ermöglicht.

Mit den getroffenen Annahmen bzgl. Dachflächen-PV sowie Freiflächenanlagen würde sich die Stromeinspeisung bis 2030 um rund 21.000 MWh/a steigern, was einer zusätzlichen Emissionseinsparung von 9.100 t CO<sub>2</sub>/a entspricht. Bis 2040 steigt die Stromeinspeisung in diesem Szenario um insgesamt rund 40.700 MWh/a. Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt bei 18.000 t CO<sub>2</sub>/a, wenn mit dem Emissionsfaktor des Bundesstrommix von 2019 verglichen wird.

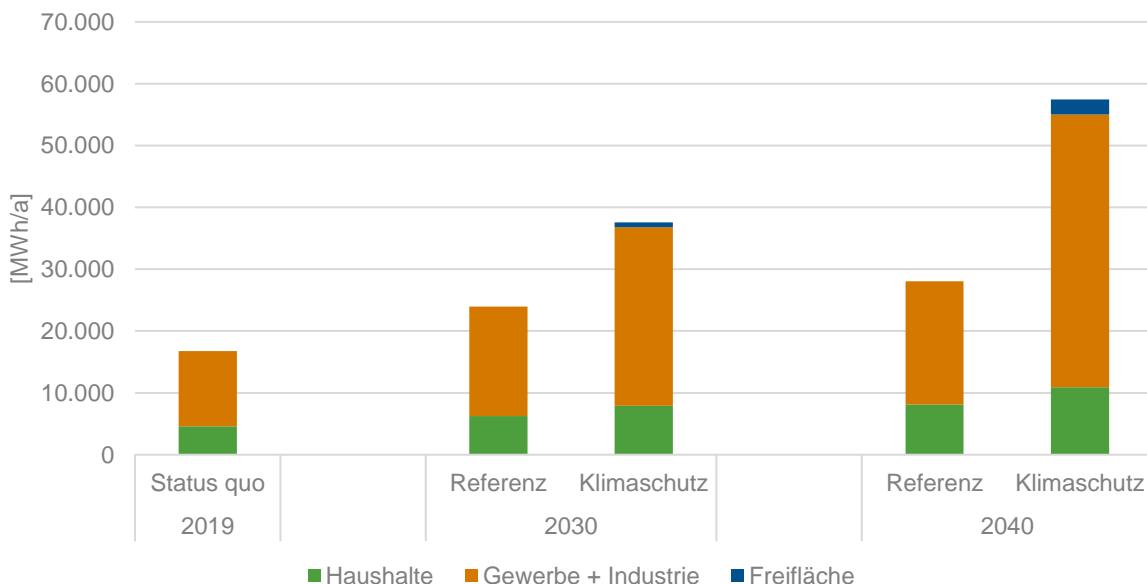


Abbildung 18: Entwicklung des Photovoltaikausbaus in der Stadt Bad Kreuznach nach Szenarien

Hierbei wird die beschriebene Emissionseinsparung verglichen mit dem Emissionsfaktor von 2019 dargestellt. Die tatsächliche Einsparung sinkt im Referenzszenario und fällt im Klimaschutzszenario sogar auf 0. Dies begründet sich in der Annahme eines im Jahr 2040 deutlich verbesserten Strommixes aufgrund der Ausbauziele für erneuerbare Energien der Bundesregierung. Bei einem Vergleich des durch Photovoltaik produzierten Stroms mit dem jetzigen Stromemissionsfaktor wären die Einsparungen offensichtlicher. An dieser Stelle sei angemerkt, dass sich eine Verbesserung des Bundesstrommixes nur durch lokales Engagement realisieren lässt. Dadurch werden die in der Realität sinkenden Emissionseinsparungen relativiert, die nur eine Folge des notwendigen ambitionierten Ausbaus der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ist.

### 3.1.5 Wasserkraft

Auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach sind laut den Daten des lokalen Klimaschutzmanagements zwei Wasserkraftanlagen mit der Gesamtleistung von 215 kW installiert. Das weitere Potenzial für den Ausbau von Wasserkraft wird als gering eingeschätzt und entsprechend

kein Zubau in den Szenarien angenommen. Um weitere Ausbaupotenziale zu erfassen wäre eine vertiefte Potenzialstudie oder Einzelfallbetrachtung notwendig.

Gradierwerke und Wasserräder

### 3.1.6 Biogasanlagen

Potenzielle der Bioenergie befinden sich vor allem im landwirtschaftlichen Bereich durch Energiepflanzen und der Verwertung von Reststoffen (Vergärung von Gülle/Festmist etc.). Außerdem kann Biogas bei der Abfallverwertung genutzt werden, insbesondere bei der Vergärung von Bioabfällen, der Verbrennung von Grüngut und bei Kläranlagen. Ein großer Vorteil der Stromerzeugung aus Biogas ist die konstante Energiebereitstellung, die im Gegensatz zu den fluktuierenden Energiequellen der Wind- und Photovoltaikenergie leichter steuerbar ist. Sie wird deshalb als Ersatz für das Erdgas in der Spitzenlast gesehen.<sup>23</sup> Aufgrund der geänderten gesetzlichen Regelungen stagnierte mit Einführung des EEG2013 der Ausbau von Biogasanlagen weitgehend.

Das Potenzial der Biogasanlagen in Deutschland wird in verschiedenen Studien als eine der möglichen Antworten auf die Gas- und Energieknappheit eingeschätzt.<sup>24</sup> Gleichzeitig wird aufgrund von Zielkonflikten zwischen der klimafreundlichen Energiebereitstellung und der ausreichenden Lebensmittelversorgung der Anbau von Energiepflanzen häufig kritisch gesehen.<sup>25</sup> Eine Lösung bietet der Wechsel der Einsatzstoffe von Energiepflanzen hin zu landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen, welche ein noch großes teilweise ungenutztes Potenzial bieten.<sup>26</sup> Die gegenwärtige Erzeugung der ca. 32.000 GWh Strommenge durch die fast 13.000 Anlagen (deutschlandweit)<sup>27</sup> weist auf die bereits vorhandene Infrastruktur und Erfahrungen in der Planung, Umsetzung und Betrieb der Anlagen hin, was zukünftige Investitionen stärken sollte. Auch die Repowering-Maßnahmen der bestehenden Anlagen sollen berücksichtigt werden, da diese den Stromertrag erheblich erhöhen können.<sup>28</sup> Die Stromerzeugung aus Biogas beträgt derzeit deutschlandweit mengenmäßig rund 15 % der Stromerzeugung aus Erdgas. Mit verstärkten Anstrengungen wird davon ausgegangen, dass fast 50 % des derzeitigen Gasverbrauchs zur Stromerzeugung durch Biogas gedeckt werden könnte.<sup>29</sup>

Obwohl sich die gesetzgeberische Szene zu diesem Zeitpunkt etwas robust gegenüber den Entwicklungen in dem genannten Bereich erweist<sup>30</sup> (bspw. die aktuelle Gasnetzzugangsverordnung, Biomasse-Strom-Nachhaltigkeitsverordnung), wird eine genauere Analyse der Biogas-Potenziale vor Ort als sinnvoll erachtet. Neben dem Einsatz zur Stromerzeugung durch landwirtschaftliche Abfallprodukte, ist die Nutzung von aufbereitetem Biogas als Ersatz für Erdgas im Wärmesektor denkbar<sup>31</sup>, was die Bedeutung von Biogas für eine erfolgreiche Energiewende unterstreicht.

#### 3.1.6.1 Grundsätzliches Potenzial

In der Stadt Bad Kreuznach sind keine Bioenergieanlagen zu finden (Stand 2019). Aufgrund von Zielkonflikten zwischen der klimafreundlichen Energiebereitstellung und der ausreichenden Lebensmittelversorgung wird der Anbau von Energiepflanzen häufig kritisch gesehen. Das Umweltbundesamt weist explizit auf die Möglichkeit einer Energiewende ohne die Nutzung von

<sup>23</sup> (DBFZ, 2022)

<sup>24</sup> (DBFZ, 2022), (Neumann, 2022)

<sup>25</sup> (UBA, 2020)

<sup>26</sup> (Neumann, 2022)

<sup>27</sup> (DBFZ, 2022), S.19

<sup>28</sup> (DBFZ, 2022)

<sup>29</sup> (DBFZ, 2022)

<sup>30</sup> (Tagesschau, 2022)

<sup>31</sup> (Neumann H., 2022)

Energiepflanzen hin.<sup>32</sup> Aus diesen Gründen wird für die Szenarien von keinem weiteren Ausbau von Biogasanlagen ausgegangen.

Als konfliktfrei wird die Nutzung von Gülle und Grassilage (im Gegensatz zu Maiskulturen) zur Biogaserzeugung angesehen, da hierbei kein Wettbewerb zur Humanernährung besteht. Eine genaue quantitative Analyse der Biogas- bzw. Biomethanpotenziale in der Stadt Bad Kreuznach bedarf einer vertieften Potenzialstudie. Aufgrund des nur moderaten lokalen Potenzials wird für die vorliegenden Szenarien von keinem Ausbau ausgegangen, jedoch empfohlen, das überregionale Heben der vorhandenen Potenziale weiter auf ihre Realisierbarkeit zu prüfen.

### 3.1.7 Faulgas / Kläranlagen

Weiteres Potenzial zur Herstellung von klimafreundlichem Strom bietet die energetische Verwertung von Faulgasen, welche bei der Abwasserentsorgung anfallen. Die Abfallstoffe können ein hohes Potenzial zur Energiebereitstellung bergen. In der Stadt Bad Kreuznach sind die eigenwirtschaftlich agierenden Abwasserbetriebe für die Abwasserbeseitigung zuständig und betreiben insgesamt drei Anlagen. Die größte Anlage befindet sich im Industriegebiet Bad Kreuznach (Abwassermenge ca. 6.500.000 m<sup>3</sup> pro Jahr), eine weitere in Bad Münster am Stein-Ebernburg (Abwassermenge ca. 448.000 m<sup>3</sup> pro Jahr) und die kleinste in Hallgarten (Abwassermenge ca. 42.000 m<sup>3</sup> pro Jahr). Auf der zentralen Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 110.000 Einwohnerwerten fallen insgesamt ca. 1.600 Tonnen Klärschlamm pro Jahr an.<sup>33</sup> Wenn man von 50g mittlerer Feststoffmenge pro Einwohner und Tag im Abwasser ausgeht<sup>34</sup>, ergibt sich eine Auslastung der Kläranlage von knapp 80% und ein Einwohnerwert von 87.671.

Zur Energieeffizienz lässt sich anhand der öffentlich zugänglichen Informationen etwas feststellen: Die vorhandene Mikrogasturbine im Hauptklärwerk hat im Jahr 2016 ca. 281 MWh/a Strom erzeugt, während die übrigen Anlagen zur Abwasserbehandlung einen Netzbezug von 3.234 MWh/a verursacht haben. Der gesamte Stromverbrauch der Kläranlage belief sich im Jahr 2016 auf 3.515 MWh/a.<sup>35</sup> Bezogen auf den geschätzten Einwohnerwert ergibt das einen spezifischen Gesamtstromverbrauch von 36,89 kWh/E/a mit Eigenstromerzeugung bzw. von 40,1 kWh/E/a ohne. Moderne und effiziente Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von über 100.000 Einwohnerwerten sollten nicht viel mehr als 20 kWh/E/a Strom benötigen.<sup>36</sup> Legt man die Annahme zugrunde, dass die Bad Kreuznacher Kläranlage auf Grund ihres Alters nicht ganz dieses Niveau erreicht, sondern lediglich 25 kWh/E/a, errechnet sich ein Einsparpotenzial von ungefähr 1.042 MWh/a bezogen auf den Stromverbrauch mit Eigenerzeugung.

Die während der Abwasserreinigung entstehenden Klärschlammengen können – genauso wie das Klärgas – durch Verbrennung energetisch verwertet werden. Die tatsächlichen Mengen des jährlich entstehenden Klärschlammes lagen im Jahr 2016 auf allen drei Anlagen insgesamt bei ca. 1.770 t (entwässert). Unter der Annahme, dass pro Kilogramm Klärschlamm ca. 3 kWh Energie gewonnen werden kann, ist mit den theoretischen Energiemengen von 5.310 MWh/a zu rechnen. Die regionale Nutzung ist allerdings auf Grund eines Liefervertrages zu einer Verwertungsanlage in Mainz vorerst nicht möglich. Der Vertrag ist auf Grund neuer gesetzlicher Verpflichtungen zur Phosphatrückgewinnung abgeschlossen worden.

<sup>32</sup> (UBA, 2020)

<sup>33</sup> (ABW, 2019)

<sup>34</sup> (Lenntech, 2022)

<sup>35</sup> (ABW, 2016)

<sup>36</sup> (HUBER SE, 2021)

### 3.1.8 Straßenbeleuchtung

Die durchgeführte Bilanzanalyse für die Stadt zeigt, dass für die Straßenbeleuchtung in der Stadt Bad Kreuznach 2019 ca. 1.527 MWh/a verbraucht wurden. Ein erheblicher Anteil davon lässt sich auf die alten Glühbirnen zurückführen, unter anderem in Bad Kreuznach und Bad Münster, wo insgesamt ca. 1.800 Straßenbeleuchtungsanlagen noch nicht auf LED-Lampen umgerüstet wurden.

Die untenstehende Grafik bildet die Anteile der LED-Beleuchtung in dem jeweiligen Stadtteil mit der konkreten Anzahl der zu ersetzen alten Beleuchtungsanlagen. Es lässt sich ablesen, dass die größeren Ortschaften das größte Einsparpotenzial aufweisen. Von insgesamt ca. 8.200 Straßenlampen sind noch rund 2.100 umzutauschen, 1.500 davon – in der Kernstadt Bad Kreuznach.

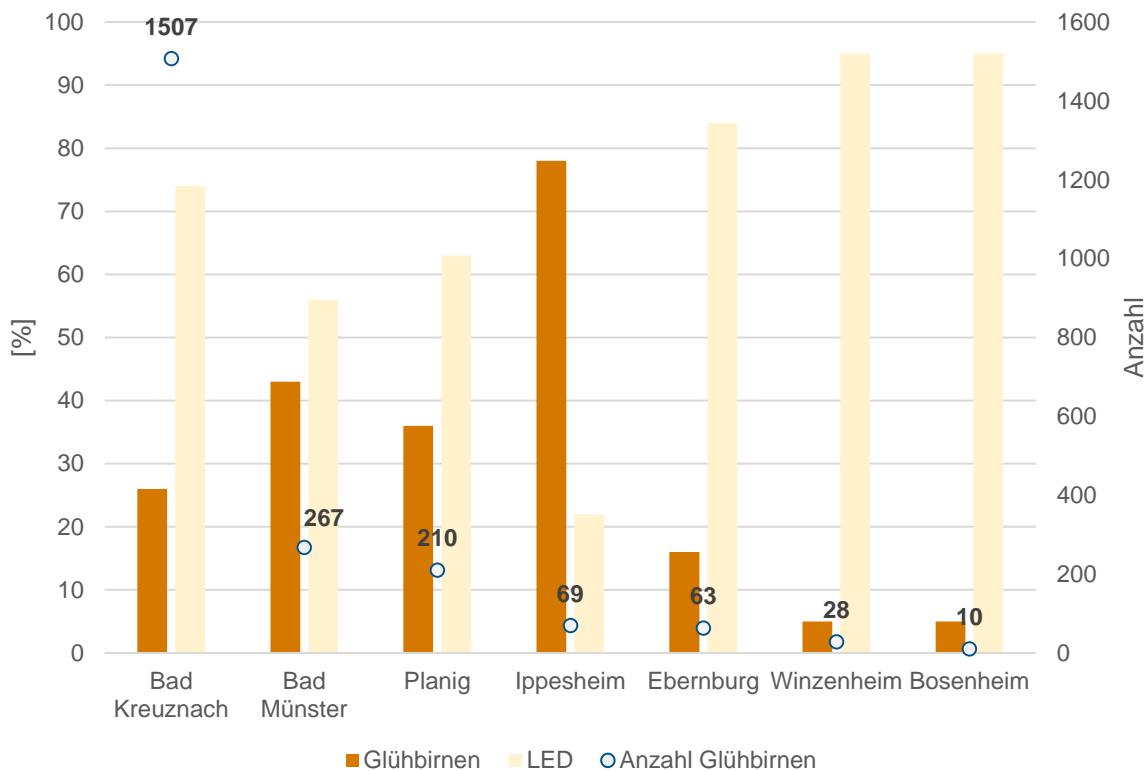


Abbildung 19: Übersicht der bestehenden Straßenbeleuchtungsanlagen je Ortsteil der Stadt Bad Kreuznach. Quelle der Daten: Klimaschutzmanagement der Stadt Bad Kreuznach. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

Unter der Annahme, dass LED-Leuchten im Vergleich zu den alten Lampen ca. 90% der Energie einsparen, sind infolge des theoretischen Ersatzes der oben aufgeführten Straßenbeleuchtungsanlagen ca. 1.300 MWh des Stromverbrauchs vermeidbar.

### 3.1.9 Zusammenfassung

Die Analyse des Stromsektors hat gezeigt, dass Photovoltaik, Windkraft und Stromeinsparung die wesentlichen Stellschrauben zur Verringerung der Emissionen im Stromsektor der Stadt Bad Kreuznach sein werden. Abbildung 20 stellt den Stromverbrauch und dessen Reduktionspotenzial der Einspeisung aus erneuerbaren Energien gegenüber. Beim Stromverbrauch ist ebenfalls der zusätzliche Strombedarf durch die Nutzung von Wärmepumpen und Elektromobilität schraffiert dargestellt. Für die Gesamtbetrachtung des Stromsektors von großer Bedeutung, wird er in der Bilanz jedoch unter den Sektoren „Wärme“ und „Verkehr“ bilanziert. Es ist erkennbar, dass die Stromeinspeisung in allen Szenarien ansteigt. Dies ist auf den Zubau von PV-Anlagen und ggf. Windkraft zurückzuführen. Im

**Referenzszenario** deckt die lokale Stromeinspeisung den bestehenden Strombedarf **im Jahr 2030 zu 14 %**, bis **2040** steigt dieser Anteil auf **17 %**. Im Klimaschutzszenario kann eine Deckung des Eigenbedarfs von **19 % (2030)** erreicht werden, während im Jahr **2040** die **22 %** des projizierten Strombedarfs erreicht werden. Das Ziel der 100%igen Deckung würde einen weiteren noch ambitionierten Ausbau der Erneuerbaren erfordern. Dies ist keinesfalls ausgeschlossen, insbesondere für Freiflächen-PV sind grundsätzlich zahlreiche Flächen vorhanden, jedoch muss der Wille hierzu und etwaige Nutzungskonflikte mitbedacht und im Vornherein geprüft werden. Die Annahmen bezüglich der E-Mobilität lassen sich im Abschnitt „Weitere Ausführungen zum Reduktionspfad“ genauer untersuchen.

Es ist zu beachten, dass die Prozentwerte den stark ansteigenden Strombedarf durch die Nutzung von Wärmepumpen und Elektromobilität berücksichtigt – würde dieser außen vorgelassen, wäre eine Autarkie im Stromsektor bis 2040 gut machbar.

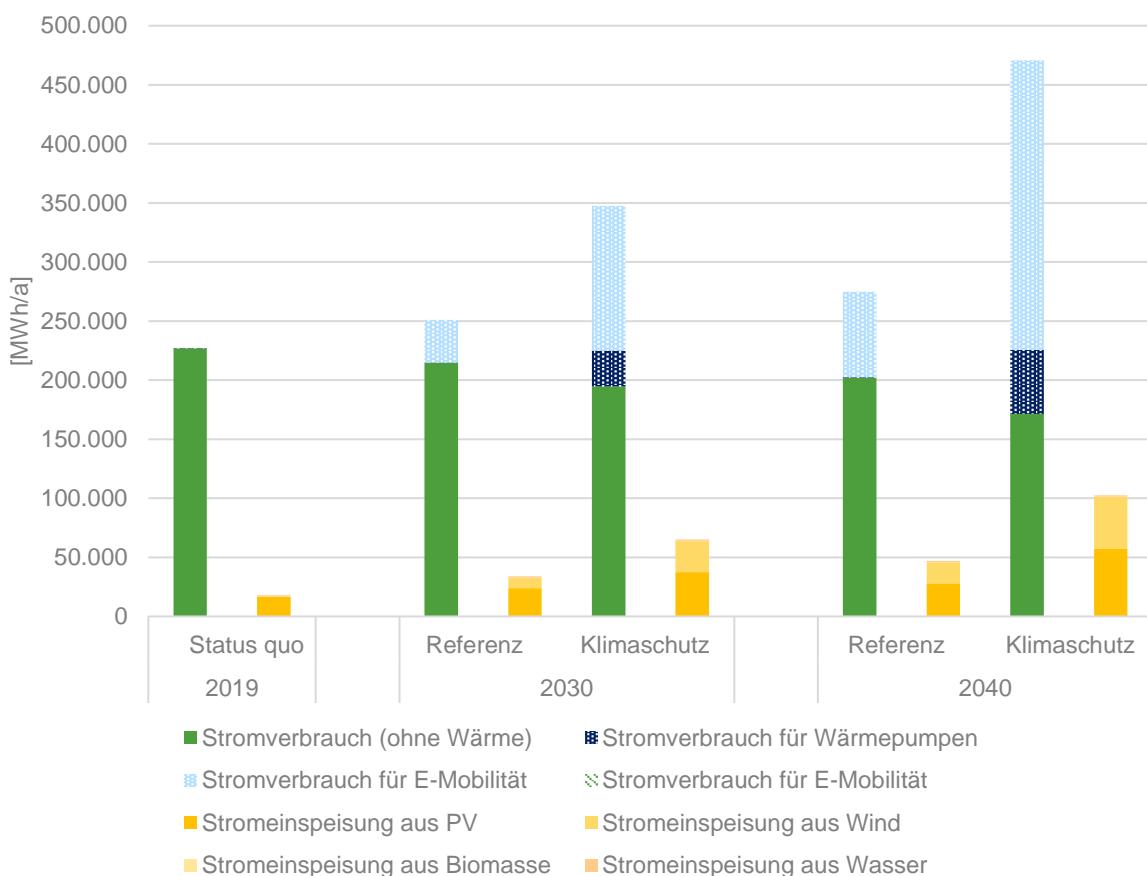


Abbildung 20: Entwicklung des Strombedarfs und der Stromeinspeisung aus Erneuerbaren (Status quo und Zukunftsszenarien 2030 und 2040)

## 3.2 Wärmesektor

Es wird zunächst untersucht, wie sich der Wärmebedarf (Verbrauch) in den unterschiedlichen Szenarien bis 2040 entwickelt. Dazu wird analysiert, wie sich eine Sanierung der Wohngebäude, Energieeffizienzmaßnahmen im Gewerbe und der Industrie sowie Sanierungsmaßnahmen bei den kommunalen Liegenschaften auswirkt, wobei die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung hierbei eine wichtige Rolle einnehmen kann.

Anschließend wird ermittelt, wie der Wärmebedarf möglichst klimafreundlich gedeckt werden kann (Erzeugung). Dazu wird das Potenzial der Wärmeerzeugung aus Biomasse, Solarthermie und Umweltwärme (Wärmepumpen) untersucht und für die einzelnen Szenarien zielführende Ausbauraten abgeleitet. Außerdem werden die Möglichkeiten und Vorteile der Nutzung von Nahwärmenetzen thematisiert.

Im Folgenden werden die verschiedenen Aspekte zu klimafreundlicher Umgestaltung des Wärmesektors in der Stadt Bad Kreuznach betrachtet.

### 3.2.1 Sanierung der Wohngebäude

#### 3.2.1.1 Grundsätzliches Potenzial und Szenarien

Neben der Verwendung von erneuerbaren Energien liegt ein großes Potenzial zur Emissionseinsparung in der Verminderung der Energieverbräuche. Eine Schlüsselrolle nimmt dabei die Sanierung der Wohngebäude ein. Zur Untersuchung des Sanierungspotenzials in privaten Haushalten wird der derzeitige Wohnungsbestand in der Stadt Bad Kreuznach betrachtet. Etwa 63 % aller Wohngebäude wurden vor 1979 erbaut<sup>37</sup>. Es ist daher davon auszugehen, dass die Sanierung des Gebäudebestands einen großen Beitrag zum Klimaschutz in der Stadt Bad Kreuznach leisten kann. Je nach Szenario werden unterschiedliche Sanierungsraten, Sanierungszyklen und Sanierungsstandards angenommen und über den betrachteten Zeitraum bis 2040 angewendet. Die Sanierungsrate beschreibt den Anteil der jährlich sanierten Gebäude zum Gesamtgebäudebestand und liegt in Deutschland aktuell bei 0,8 % pro Jahr. Auch wenn dem Begriff eine genaue Definition fehlt, wird darunter gemeinhin sowohl Komplettsanierungen als auch Einzelmaßnahmen (Fensteraustausch, Dachdeckensanierung etc.) verstanden. Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu verwirklichen, ist eine Erhöhung der Sanierungsrate auf 2 - 3 % nötig. Der Sanierungszyklus beschreibt die Dauer, bis ein bestimmter Teil des Gebäudes saniert wird. Bei der Gebäudehülle liegt der Zeitraum bei etwa 30 bis 40 Jahren<sup>38</sup>.

Als Sanierungsstandards werden im Referenzszenario die Anforderung des GEG<sup>39</sup> zugrunde gelegt, welche bei der Sanierung von bestimmten Bauteilen eingehalten werden müssen<sup>40</sup>. Diese betragen für Ein- und Zweifamilienhäuser 74 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) und für Mehrfamilienhäuser 77 kWh/(m<sup>2</sup>\*a).

Die weitere Berechnungsgrundlage basiert auf TABULA-Methodik – diese bezieht sich auf ein auf der EU-Ebene elaboriertes Konzept zur Ermittlung der Wärmebedarfswerte und Durchschnittswerte des Energieverbrauchs für die Zwecke der Wärmeversorgung von Gebäuden verschiedener Haustypen, Baualters, Konstruktion etc.<sup>41</sup> Diese an die deutschen Umstände angepasste Methodik<sup>42</sup> wird als Fundament des Klimaschutzszenarios genommen – je nach Baualtersklasse und Haustyp wird ein Wärmebedarf zwischen 40 und 60 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) angenommen.

<sup>37</sup> (Zensus Datenbank, 2011)

<sup>38</sup> (BMWI, 2014)

<sup>39</sup> Ehemals EnEV

<sup>40</sup> (GEG, 2020)

<sup>41</sup> (Institut Wohnen und Umwelt, 2022)

<sup>42</sup> (Episcope Tabula, 2022)

In Tabelle 3 werden die jährlichen Sanierungsquoten und Standards dargestellt, welche in den jeweiligen Szenarien zur Berechnung der Einsparpotenziale verwendet werden. Daraus ergeben sich die angegebenen szenariospezifischen Sanierungsanteile des heutigen Wohnbestandes.

Tabelle 3: Annahmen zur Berechnung der Einsparpotenziale von Wohngebäuden

Szenario	jährliche Sanierungs- quote	Sanierungs- standard	Sanierungsanteil am Bestand (2030)	Sanierungsanteil am Bestand (2040)
<b>Referenz</b>	0,83 %	Gesetzlicher Standard (GEG)	13 %	19 %
<b>Klimaschutz</b>	3 %	Sanierungs-paket TABULA	44 %	59 %

Die Analyse des Einsparpotenzials durch Sanierung wird nicht anhand des tatsächlichen Verbrauchs, sondern anhand des theoretischen Wärmebedarfs der Wohngebäude durchgeführt. Dieser wird durch die Kombination von Daten der Zensus Befragung 2011 sowie Daten des statistischen Landesamts (1991-2019) und mit typischen spezifischen Wärmebedarfen in kWh/(m<sup>2</sup>\*a) ermittelt. Die Verwendung dieser flächenbezogenen Wärmebedarfe ist nötig, um das Einsparpotenzial bei Sanierungen auf einen bestimmten Standard zu ermitteln. Diese werden prozentual auf den tatsächlichen Wärmeverbrauch angerechnet.

Es ergeben sich für die verschiedenen Szenarien gegenüber dem Status quo die in der folgenden Abbildung dargestellten Wärmebedarfe. Für 2030 ergibt sich für das Referenzszenario eine Reduzierung des Wärmebedarfs um 12 %, für das Klimaschutzszenario um 39 %. Für 2040 steigt die Reduktion des Wärmebedarfs auf 17 % im Referenzszenario und 50 % im Klimaschutzszenario.

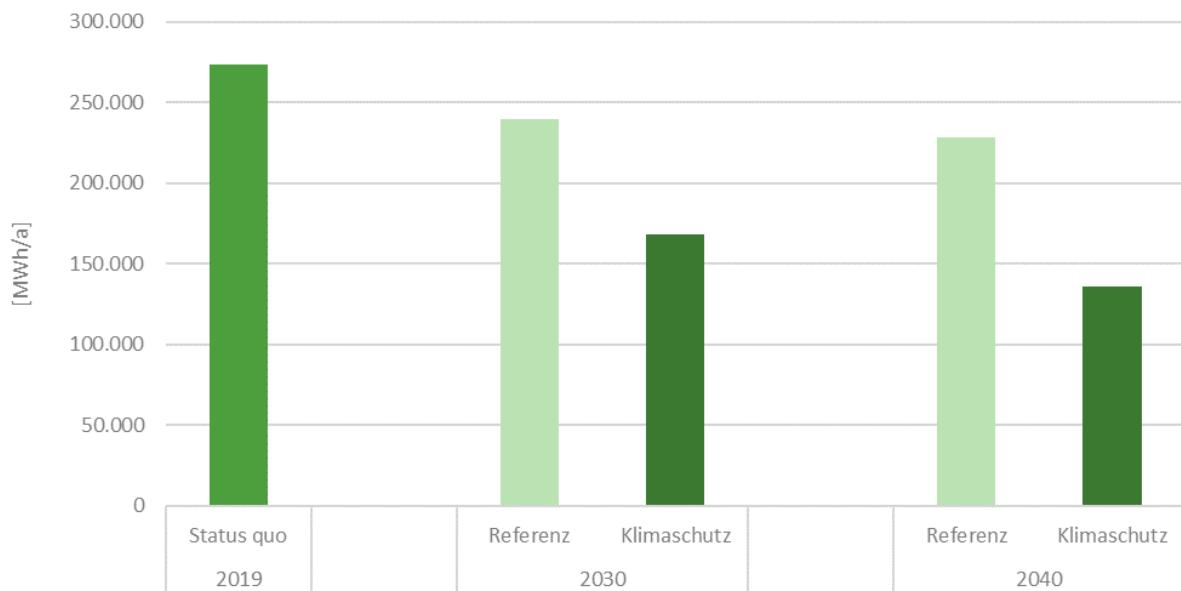


Abbildung 21: Wärmebedarf der Wohngebäude in der Stadt Bad Kreuznach nach Szenarien

### 3.2.2 Sanierung der kommunalen Liegenschaften

Neben den Wohngebäuden wird eine Sanierung der kommunalen Liegenschaften genauer untersucht. Eine Sanierung dieser Gebäude trägt der Vorbildfunktion der Verwaltung Rechnung und kann zu einer Stärkung des Bewusstseins für die Notwendigkeit von Klimaschutzaktivitäten in der Stadt beitragen. Die untenstehende Abbildung zeigt den spezifischen mittleren Wärmebedarf<sup>43</sup> der kommunalen Liegenschaften in kWh/(m<sup>2</sup>\*a) auf. Insgesamt wurden 31 Liegenschaften betrachtet, aufgrund der Datenlage konnten allerdings nur 23 Gebäude vollständig ausgewertet werden.<sup>44</sup> Des Weiteren sind die Referenzwerte für vergleichbare „gute Bestandsgebäude“ aufgetragen, wie sie vom BMWK vorgegeben werden.<sup>45</sup> Diese Referenzwerte werden bei allen abgebildeten Liegenschaften überschritten.

Den größten spezifischen Wärmeverbrauch weist die Grundschule Kleistschule (Sporthalle) mit 273 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Darauf folgt das Kurmittelhaus mit 215 kWh/(m<sup>2</sup>\*a), das Stadion Salinental mit 198 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) und die Kindertagesstätte Ria-Liegel-Seitz mit 169 kWh/(m<sup>2</sup>\*a).

Die Differenz zwischen den spezifischen Wärmeverbräuchen und den Referenzwerten multipliziert mit der vorhandenen Fläche ergibt das Einsparpotenzial pro Gebäude. Das größte Einsparpotenzial bei den kommunalen Gebäuden liegt bei dem Kurmittelhaus mit rund 395 MWh/a, gefolgt von der Martin-Luther-Grundschule mit 322 MWh/a und der Grundschule Kleistschule (ca. 181 MWh/a).

In Tabelle 4: Sanierung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien Tabelle 4 werden die Annahmen, welche in den jeweiligen Szenarien für die Sanierung getroffen werden, und die resultierenden Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 4: Sanierung der kommunalen Liegenschaften nach Szenarien

Szenario	Ausgestaltung	Energieeinsparung	Emissions-reduktion
Referenz	Realisierung des Einsparpotenzials aus dem Vergleich mit „guten Bestandsgebäuden“	2.084 MWh/a	514 t CO <sub>2</sub> /a
Klimaschutz	Realisierung des Einsparpotenzials bei Sanierung auf KfW-70-Standard	3.017 MWh/a	795 t CO <sub>2</sub> /a

<sup>43</sup> Mittlerer Wert der absoluten Verbräuche für 2018/2019.

<sup>44</sup> Nicht ausgewertet wurden Liegenschaften ohne Beheizung bzw. Liegenschaften mit unvollständig vorliegenden Daten (Verbrauch, Grundfläche et al.).

<sup>45</sup> (BMWK, 2021)

## Potenzialanalyse

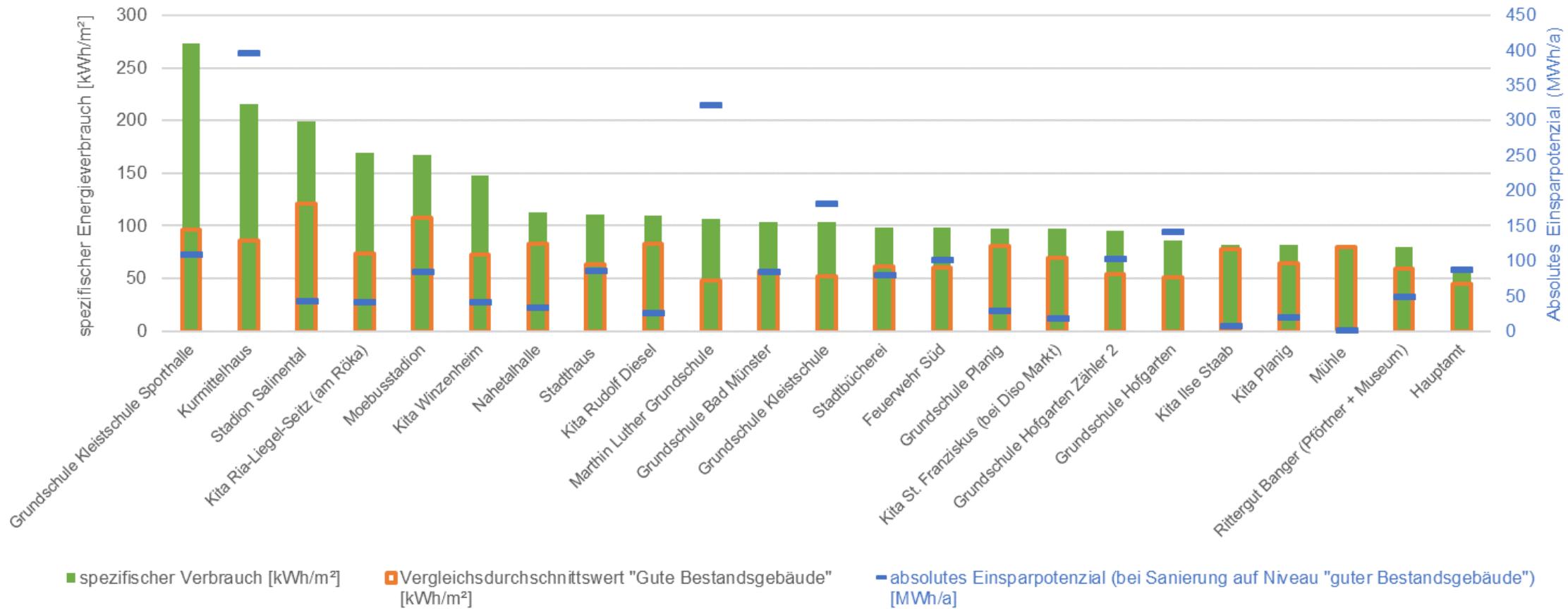


Abbildung 22: Spezifischer Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften der Stadt Bad Kreuznach

### 3.2.3 Effizienz im Wärmeverbrauch der Sektoren Gewerbe und Industrie

#### 3.2.3.1 Grundsätzliches Potenzial

Die Sektoren Gewerbe und Industrie werden in kommunalen Klimaschutzkonzepten meist nur am Rande betrachtet, da die Einflussmöglichkeiten der Kommune als vergleichsweise gering eingeschätzt werden. Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz beeinflussen sie jedoch je nach Situation vor Ort teilweise enorm. In der Stadt Bad Kreuznach spielt der GHD-Sektor zusammen mit der Industrie eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Um Aussagen über den zukünftigen Energieverbrauch der Sektoren Gewerbe und Industrie zu treffen, wird auf bundesweite Annahmen zurückgegriffen.<sup>46</sup> Die tatsächlichen energetischen Reduktionspotenziale sind stark unternehmensabhängig. Es ist zu beachten, dass im Sektor GHD der Wärmeverbrauch überwiegend auf verbrauchter Raumwärme beruht. Im Gegensatz dazu macht im Industriesektor der Hauptanteil des Wärmeverbrauchs die Prozesswärme aus. Entsprechend unterschiedlich sind die Einspar- und Effizienzmöglichkeiten sowie sinnvolle Maßnahmen diesbezüglich. Während im Sektor GHD Gebäudesanierungen in Betracht gezogen werden sollten, ist im Industriesektor der Einsatz effizienter Geräte und optimierter Abläufe entscheidend.

Deutschlandweit hat sich der Wärmeverbrauch im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen in den Jahren 2010-2019 um 11,3 % erhöht. Im Industriesektor hingegen stieg der Wärmeverbrauch im selben Zeitraum nur um 3,1% an.<sup>47</sup> Im Referenzszenario werden beide Entwicklungen entsprechend fortgeschrieben.

#### 3.2.3.2 Szenarien

Um die Ziele der Bundesregierung Richtung Klimaneutralität zu erreichen, sind massive Einsparungen auch in den Sektoren Gewerbe/Handel/Dienstleistungen als auch Industrie erforderlich. In der Studie „Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“<sup>48</sup> wird als notwendige Energieeinsparung für eine klimaneutrale Gesellschaft von einer Energieverbrauchsreduktion im Sektor GHD von rund 38 % und im Sektor Industrie von 23 % ausgegangen (verglichen mit dem Basisjahr 2015). Diese ambitionierten Reduktionsziele werden im Klimaschutzszenario auf den vorliegenden Betrachtungszeitraum (2019-2040) für die Stadt Bad Kreuznach übertragen. Es werden folgende Annahmen getroffen:

#### 3.2.3.3 Referenzszenario

Der bisherige Trend (2010-2019) wird fortgeschrieben. Entsprechend wird bis 2030 eine Reduktion des Wärmeverbrauchs im GHD-Sektor um 14,5 % und bis 2040 um 24 % angenommen. Für den Industriesektor liegt die angenommene Reduktion des Wärmeverbrauchs bei 4 % bis 2030 und 7 % bis 2040. Der Gesamtwärmeverbrauch der beiden Sektoren sinkt bis 2030 um rund 33.000 MWh/a und bis 2040 um 64.500 MWh/a. Das entspricht einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 9.300 t CO<sub>2</sub>/a bis 2030 und 17.000 t CO<sub>2</sub>/a bis 2040.<sup>49</sup>

---

<sup>46</sup> (Prognos, 2021)

<sup>47</sup> (BMWi, 2019)

<sup>48</sup> (Ariadne-Projekt, 2021)

<sup>49</sup> Bei Annahme der Wärmebedarfsdeckung durch Erdgas und Erdöl zu gleichen Anteilen.

### 3.2.3.4 Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario wird sich an den Zielen des Ariadne-Reports orientiert und die Einsparziele mit Basisjahr 2015 bis zur Klimaneutralität auf die Sektoren GHD und Industrie in der Stadt Bad Kreuznach angewendet. Entsprechend wird bis 2030 eine Reduktion des Wärmeverbrauchs im GHD-Sektor um 20 % und bis 2040 um 37,5 % angenommen. Für den Industriesektor liegt die angenommene Reduktion des Wärmeverbrauchs bei 12 % bis 2030 und 23 % bis 2040. Der Gesamtenergieverbrauch der beiden Sektoren sinkt bis 2030 um rund 64.500 MWh/a und bis 2040 um 123.000 MWh/a. Das entspricht einer durchschnittlichen Emissionsminderung von 18.000 t CO<sub>2</sub>/a bis 2030 und 34.000 t CO<sub>2</sub>/a bis 2040.<sup>50</sup>

### 3.2.4 BHKWs

Ein Ansatz zur Effizienzsteigerung, der aufgrund seiner Bedeutung ergänzend separat betrachtet werden soll, besteht in der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen). Das Prinzip der gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung führt dazu, dass weniger Energie beim Umwandlungsprozess verloren geht. Der Wirkungsgrad ist deshalb deutlich höher als bei der alleinigen Erzeugung von Strom oder Wärme. Entsprechend wird ihre Nutzung von Seiten des Bundes über den KWK-Zuschlag gefördert. Auch die Nutzung im Privatgebäudebereich in Form von Mini-BHKWs wird extra gefördert.

Sinnvoll ist ein Einsatz der BHKW-Technik insbesondere bei einem gleichmäßigen und hohen Wärme- und Strombedarf. Häufig bietet sich die Nutzung von BHKWs zur Energieversorgung mehrerer Gebäude an. Damit fallen sie in die Kategorie Nah- und Fernwärme, dessen Ausbau im entsprechenden Kapitel genauer betrachtet wird und für eine klimafreundliche Wärmeversorgung eine wichtige Rolle spielt. Während zum einen die erhöhte Effizienz zur Reduktion der Emissionen beiträgt, ist zum anderen der Betrieb mit regenerativen Energieträgern, etwa Biomasse, Wärmepumpen oder Solarthermie, entscheidend. Mögliche Ausbauraten zur Nutzung der regenerativen Energieträger zur Wärmeproduktion werden in den folgenden Unterkapiteln betrachtet. Insgesamt ist die verstärkte Nutzung von KWK-Anlagen sowohl in der Nahwärmeversorgung als auch im Einzelgebäudebereich im Sinne des Klimaschutzes zu empfehlen, wobei die Nutzung regenerativer Energieträger zur wirkungsvollen Emissionsreduktion entscheidend ist.

### 3.2.5 Heizöl

Die Annahmen zum Trend beruhen auf den derzeitigen Entwicklungen insb. der am 1. Januar 2021 eingeführten CO<sub>2</sub>-Steuer auf Heizöl, Gas, Benzin und Diesel. Der Preis von derzeit 25 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> soll auf 55 Euro pro Tonne im Jahr 2025 gesteigert werden. Die Mehrkosten für Heizöl belaufen sich von 8 ct pro Liter im Jahr 2021 bis 17,4 ct – bis 2025<sup>51</sup>. Zusätzlich besteht ein Verbot zum Einbau neuer Ölheizungen ab 2026<sup>52</sup>, so dass von einer moderaten Reduktion des Ölverbrauchs in Zukunft ausgegangen werden kann. Gleichzeitig ist das bundesweite Ziel der Treibhausgasneutralität nur mit einem vollkommenen Verzicht auf fossile Energieträger möglich, sodass im Klimaschutzszenario der Energieträger Öl vollständig aufgegeben wird.

<sup>50</sup> Bei Annahme der Wärmebedarfsdeckung durch Erdgas und Erdöl zu gleichen Anteilen.

<sup>51</sup> (Barmalgas, 2021). Die voraussichtlichen Pläne betreffen aber auch die Jahre 2024-2025

<sup>52</sup> Bis auf einzelne Ausnahmen.

### 3.2.5.1 Grundsätzliches Potenzial

Der Gesamtanteil von Heizöl lag 2019 bei 10 % der Wärmebereitstellung in der Stadt Bad Kreuznach. Der hohe Anteil an der Wärmeversorgung ist insbesondere auf ein fehlendes umfassendes Gasnetz zurückzuführen und resultiert in hohen jährlichen Emissionen von rund 24.300 t CO<sub>2</sub>.

Unter der Annahme, dass alle vor dem 01.01.1991 installierten Ölheizungen<sup>53</sup> ab 2021 ausgetauscht werden müssen<sup>54</sup>, sind in der Stadt ab sofort ca. 20.200 kW Ölheizungsleistung zu ersetzen. Folgende Szenarien bieten die Übersicht der zu ersetzenen Kapazitäten je nach Installationsjahr der Heizungsanlage an.

### 3.2.5.2 Szenarien

Im Rahmen des vorliegenden Klimaschutzkonzepts wird für das **Referenzszenario** eine moderate, aber stetige Reduktion des Öl einsatzes über alle Verbrauchergruppen hinweg um 33 % bis 2030 und um 66 % bis 2040 angenommen.

Es wird angenommen, dass Ölheizungen nach 30 Jahren durch eine neue Anlage ersetzt werden müssen. Das entspricht bis 2030 einer kumulierten Leistung aller Anlagen, die bis zum Jahr 2030 das Alter von 30 Jahren erreichen, von 42.500 kW. Bis 2040 erhöht sich diese Zahl auf 66.300 kW. Die Anzahl der entsprechenden Anlagen beläuft sich auf 1.142 im Jahr 2030, und auf 1.841 im Jahr 2040.

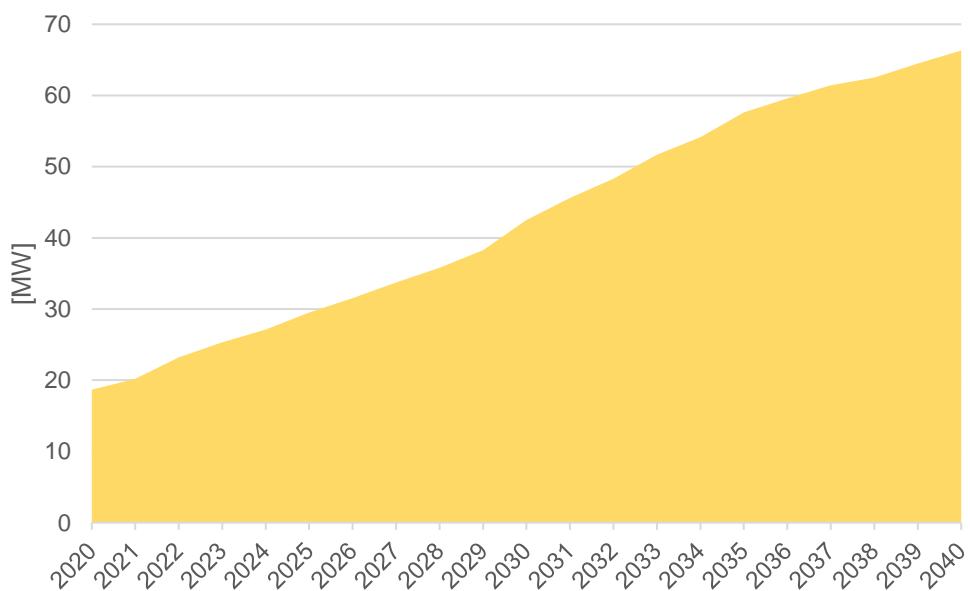


Abbildung 23: Kumulierte Leistung der Heizungsanlagen (Energieträger: Heizöl), die im jeweiligen Stichjahr 30+ Jahre alt sind. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

Im **Klimaschutzszenario** wird die Nutzung von Öl bis 2040 in allen Sektoren sukzessive auf null reduziert. Die Annahmen beruhen auf den oben genannten politischen Entscheidungen und der Notwendigkeit eines vollkommenen Verzichts auf fossile Energieträger, um das Ziel der Treibhausgasneutralität für Deutschland zu erreichen.

Im Klimaschutzszenario wird angenommen, dass die Ölheizungen größtenteils bereits nach 20 Jahren Laufzeit ersetzt werden. Bis zum Jahr 2040 ist hier mit einem vollständigen Ersatz der alten Ölheizungen zugunsten der regenerativen Energiequellen zu rechnen. Dies bedeutet, dass 2.117 Anlagen mit Leistungskapazität von ca. 78.000 kW bis 2040 zu ersetzen sind.

<sup>53</sup> Gemeint werden diejenigen Heizkessel, die keine Niedertemperatur-Heizkessel und/oder Brennwertkessel sind

<sup>54</sup> (Energie-Fachberater, 2021)

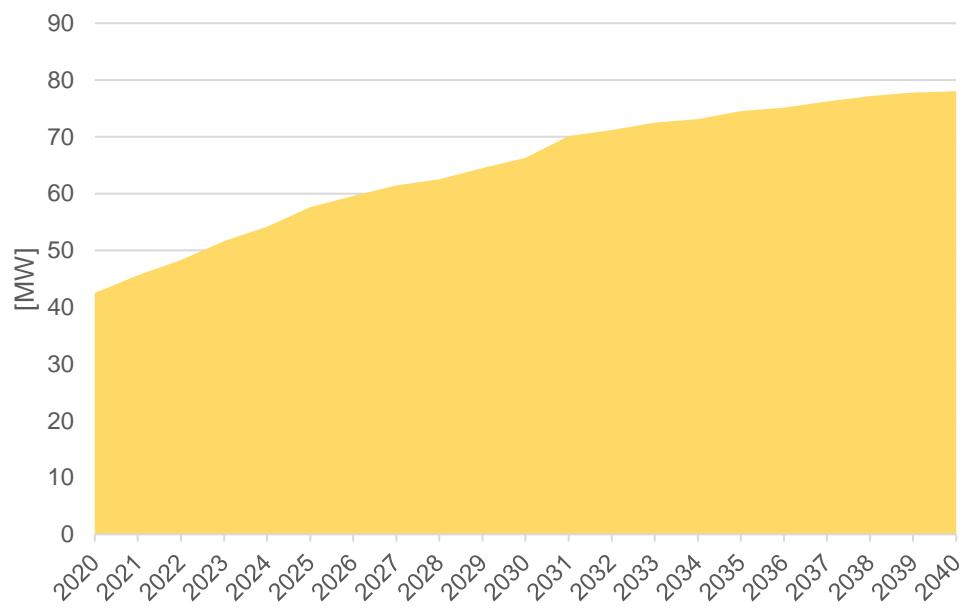


Abbildung 24: Kumulierte Leistung der Heizungsanlagen (Energieträger: Heizöl), die im jeweiligen Stichjahr 20+ Jahre alt sind. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

Der folgenden Abbildung ist der Vergleich zwischen den behandelten Szenarien abzulesen.

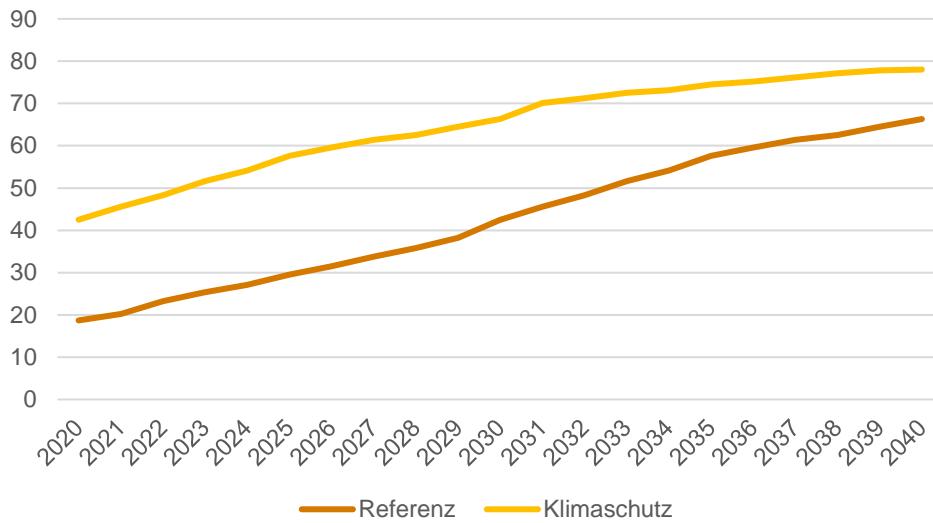


Abbildung 25: Kumulierte Leistung der veralteten Heizungsanlagen (Energieträger: Heizöl) nach Szenario in MWh. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

### 3.2.6 Erdgas

Die Nutzung von Erdgas spielt für die Energieversorgung in Deutschland eine zentrale Rolle. Ohne eigene bedarfsdeckende Ressourcen wird jedoch die enorme Gefahr einer Importabhängigkeit von ausländischem Gas und Öl aus nicht demokratischen Ländern mehr als deutlich und die Notwendigkeit einer schnellen Umrüstung auf eine autarke Energieversorgung wichtiger denn je. Die zukünftigen Entwicklungen zur Gasversorgung in Deutschland sind derzeit nicht absehbar, weshalb sich im Trendszenario an einer Fortschreibung der bisherigen Gasversorgung orientiert wird. Die Folgen des russischen Angriffs auf die Ukraine unterstreichen jedoch die Notwendigkeit eines Wechsels zum Klimaschutzzszenario, in dem der Gasverbrauch durch die Nutzung regenerativer Energieträger weitgehend aufgegeben wird.

Die gasbetriebenen Heizungsanlagen sind in der Stadt für ca. 88 % der Wärmeversorgung zuständig. Langfristig wird für das Klimaschutzzszenario jedoch ein Wechsel auf regenerative Energieträger angenommen. Ob Ersatzprodukte wie Wasserstoff oder Biogas über die bestehenden Gasnetze auch für die Wärmeerzeugung genutzt werden, bleibt von den zukünftigen technologischen und politischen Entwicklungen abhängig. Nach derzeitigem Stand wird in der vorliegenden Potenzialanalyse davon ausgegangen, dass andere Technologien (Wärmepumpen, Biomasse, Nahwärme) vorrangig genutzt werden.

Unter der Annahme, dass alle vor dem 01.01.1991 installierten Gasheizungen<sup>55</sup> laut GEG ausgetauscht werden müssen<sup>56</sup>, sind in der Stadt ab sofort ca. 37.600 kW Gasheizungsleistung zu ersetzen. Folgende Szenarien bieten die Übersicht der zu ersetzenen Kapazitäten je nach Installationsjahr der Heizungsanlage an.

<sup>55</sup> Gemeint werden diejenigen Heizkessel, die keine Niedertemperatur-Heizkessel und/oder Brennwertkessel sind

<sup>56</sup> (Energie-Fachberater, 2021)

## Referenzszenario

Durch Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen sowie einem moderaten Umstieg auf erneuerbare Energien sinkt der Gesamtbedarf an Erdgas. Jedoch wird Gas noch länger, insbesondere als Übergangslösung, genutzt werden, bis sich die erneuerbaren Energien etabliert haben.

Sollten die Anlagen ab dem 01.01.1991 installiert worden sein, sind sie nach dem Ablauf des 30. Betriebsjahres zu ersetzen. Die Anzahl der Anlagen, die im Jahr 2040 zu ersetzen wären, erweist den Wert i.H.v. 8.838 St. bzw. ca. 280 MW Leistung. Die folgende Grafik bietet die Übersicht der jeweiligen kumulierten installierten Leistung.

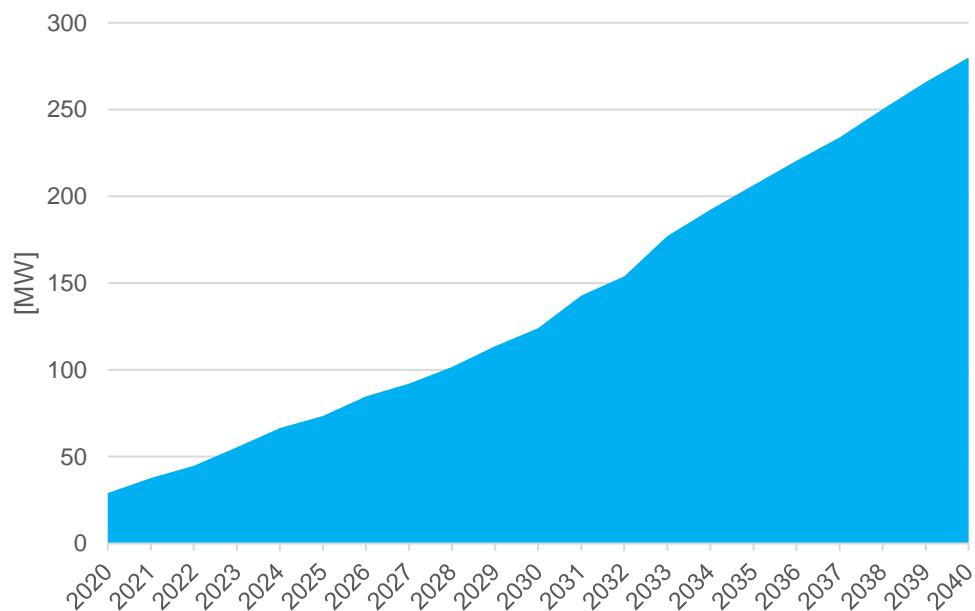


Abbildung 26: Kumulierte Leistung der Heizungsanlagen (Energieträger: Gas), die im jeweiligen Stichjahr 30+ Jahre alt sind. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

Im **Klimaschutzszenario** wird Erdgas bei den privaten Haushalten als auch im Gewerbesektor bis 2030 leicht und bis 2040 fast vollständig auf null reduziert. Insgesamt sinkt dadurch der Energieverbrauch an Erdgas bis 2030 um 327.000 MWh (52 %) sowie bis 2040 um rund 650.000 MWh (99 %). Die Emissionen reduzieren sich um 80.300 t CO<sub>2</sub> bis 2030.

Im Klimaschutzszenario wird unter anderem die Menge der installierten Leistung berechnet, die über 20 Jahre im Einsatz ist. Die folgende Grafik bietet die Übersicht der jeweiligen kumulierten installierten Leistung. Die Anzahl der zu ersetzenen Anlagen erweist den Wert von 8.838 im Jahr 2030, und 13.669 – im Jahr 2040.

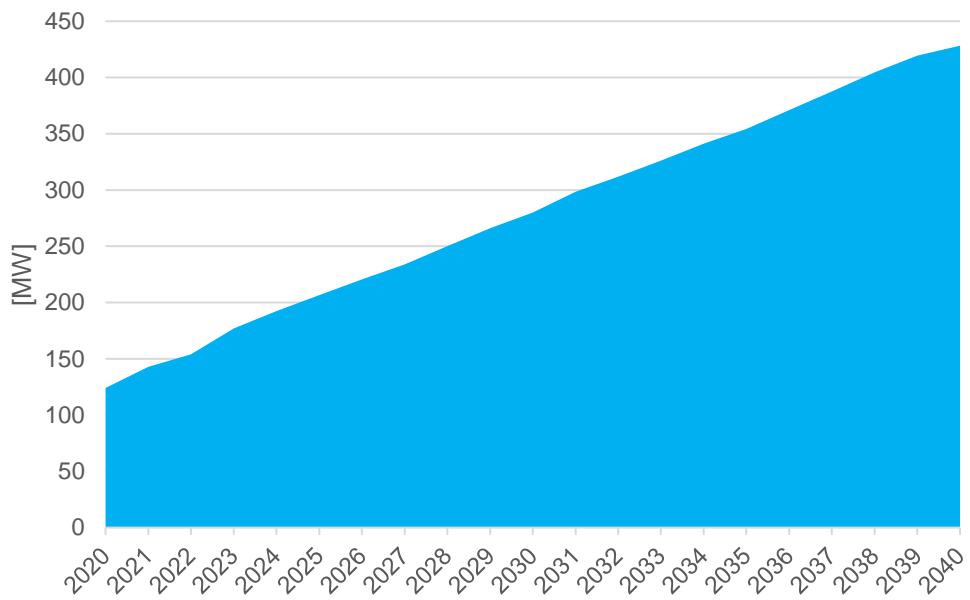


Abbildung 27: Kumulierte Leistung der Heizungsanlagen (Energieträger: Gas), die im jeweiligen Stichjahr 20+ Jahre alt sind. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

Folgende Abbildung bietet den grafischen Vergleich je Szenario.

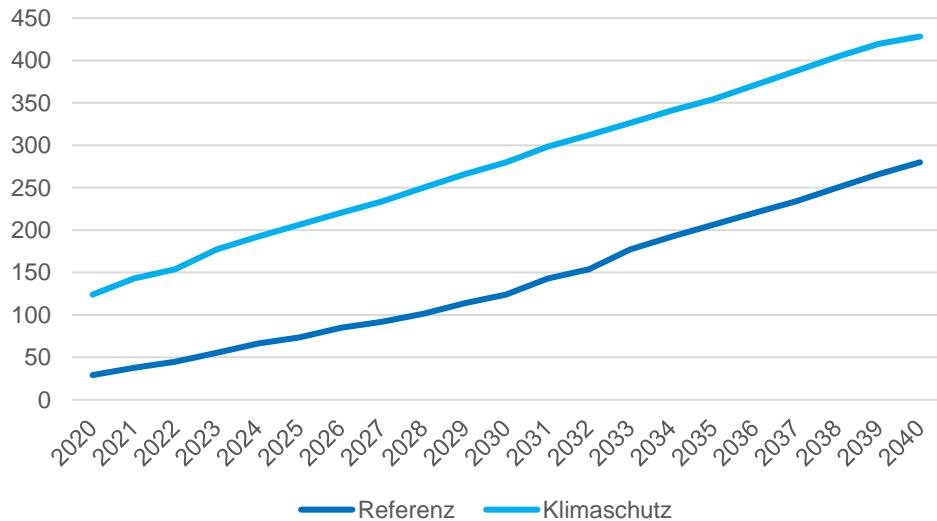


Abbildung 28: Kumulierte Leistung der Heizungsanlagen (Energieträger: Gas) nach Szenario. Quelle der Daten: Schornsteinfegerinnung. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

### 3.2.7 Biomasse

In Rheinland-Pfalz erzeugten die Pelletheizungen ca. 525 Mio. kWh/a der Wärmeenergie<sup>57</sup>, ca. 2,7 % aller Gebäude verfügen bereits über eine Pelletheizung. Deutschlandweit stieg die Nutzung von Pelletheizungen zur Wärmebereitstellung in den Jahren 2012 - 2021 konstant an und hat sich im besagten Zeitraum verdoppelt<sup>58</sup>.

Die Nutzung von Biomasse ist aus Sicht des Klimaschutzes bedingt empfehlenswert. Die bei der Verbrennung freiwerdenden Emissionen – im Gegensatz zu den Emissionen aus fossilen Brennstoffen

<sup>57</sup> (Agentur für Erneuerbare Energien, 2022)

<sup>58</sup> Anzahl der Pelletheizungen 2012: ca. 280.000, Anzahl der Pelletheizungen 2020: 570.000. Quelle: (Statista, 2022)

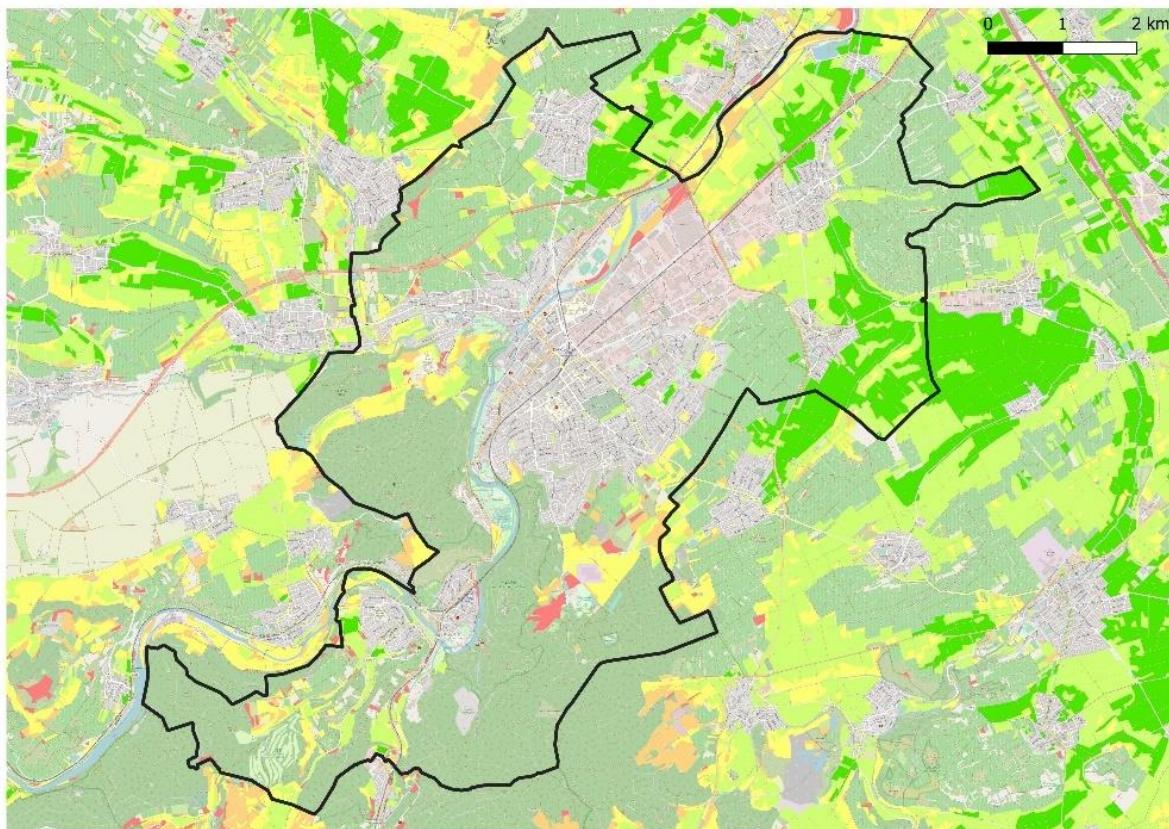
– werden dem Kreislauf des Wachstums und Kompostierung von Biomasse (insbesondere Holz) zugeordnet, so dass bilanziell nur sehr geringe Emissionen für Aufbereitung und Transport anfallen. Diese Rechnung geht allerdings nur auf, wenn entsprechende Biomasse nachwachsen kann. Zusätzlich ist die Nutzung von Biomasse zur Wärmeversorgung aufgrund bestehender Nutzungskonflikte nur in Maßen zu befürworten.

Der Begriff Biomasse oder Bioenergie ist ein Oberbegriff, der sowohl feste, flüssige als auch gasförmige Biomasse beinhaltet. Unter fester Biomasse werden gemeinhin Holz und Gehölz aus Forst- und Landwirtschaft verstanden, jedoch können auch feste biogene Abfall- und Reststoffe wie Dung, Stroh etc. dazugezählt werden. Die am häufigsten auftretende Form flüssiger Biomasse ist Pflanzenöl für Heizkraftwerke oder Biokraftstoffe. Gasförmige Biomasse ist insbesondere Biogas und Biomethan, welches durch Vergärung von Energiepflanzen produziert wird. Da Holz aus der Forstwirtschaft neben Biogas als wichtigster nachhaltiger Energieträger angesehen wird, wird sich an dieser Stelle darauf fokussiert, zumal Biogas bereits im Kapitel zum Stromsektor betrachtet wird, sowie biogene Abfallprodukte im nachfolgenden Kapitel zu Abfall.

Die Nutzung von Holz zur Energieproduktion ist umstritten. Zum einen stellt Holz einen wertvollen Rohstoff dar, für den höherwertige Verwendungsmöglichkeiten als die Verfeuerung bestehen (z.B. als Baumaterial), zum anderen stellt der Wald als solches eine wichtige CO<sub>2</sub>-Senke dar. Holz, welches nicht anderweitig genutzt werden kann, bietet jedoch eine klimafreundliche Energiequelle zur Wärmeversorgung.

### 3.2.7.1 Grundsätzliches Potenzial

In der Bilanz ist zu erkennen, dass die energetische Nutzung der Biomasse mit rund 12.300 MWh im Jahr 2019 etwa 2 % der Wärmeversorgung in der Stadt Bad Kreuznach einnimmt.



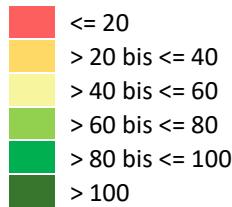


Abbildung 29: Ackerzahl auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach. Quelle der Daten inkl. Legende: Energieatlas Rheinland-Pfalz. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

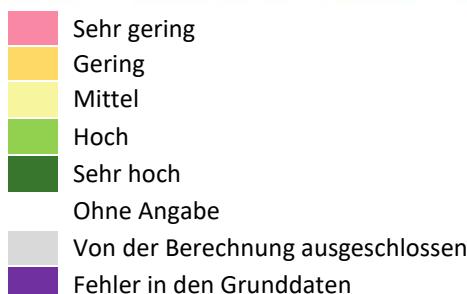
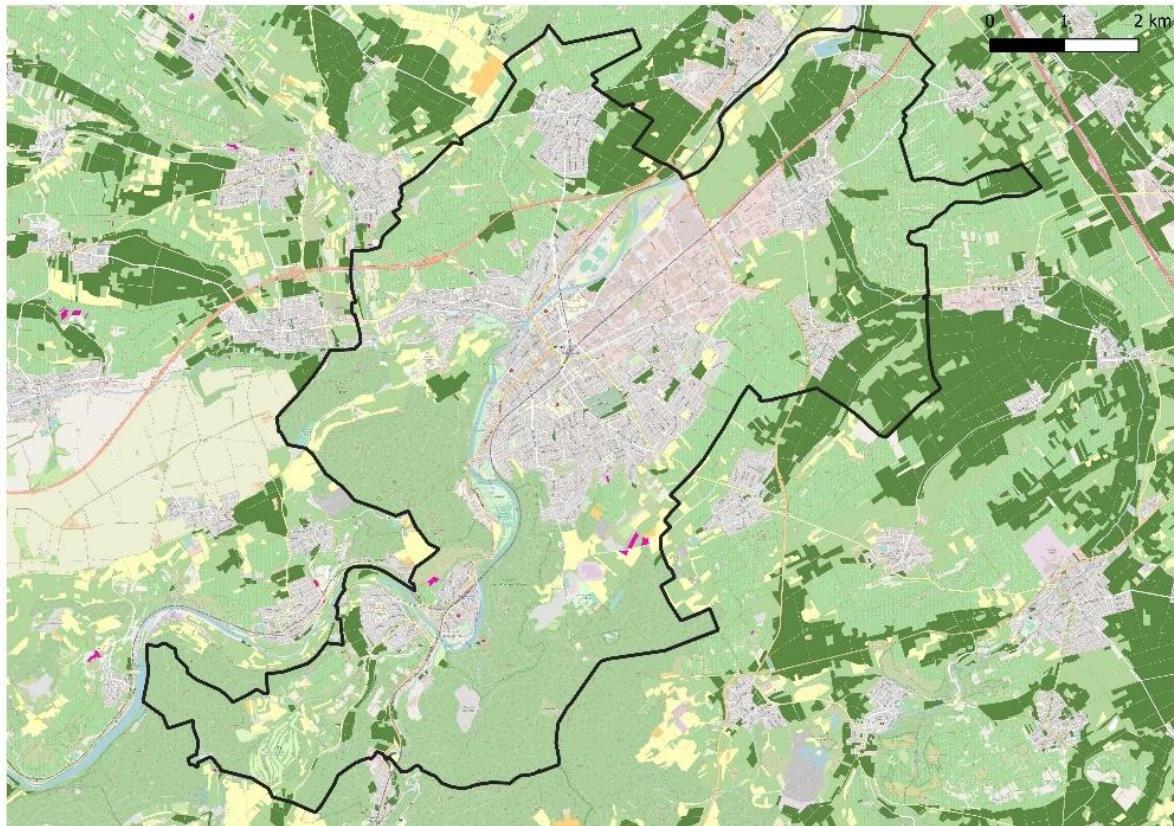


Abbildung 30: Potenzieller Biomasseertrag auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach. Quelle der Daten inkl. Legende: Energieatlas Rheinland-Pfalz. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

### 3.2.7.2 Szenarien

Der Rolle von Biomasse wird in verschiedenen bundesweiten Szenarien eine unterschiedliche Bedeutung zugeordnet. Aufgrund der lokalen Ressourcen und gleichzeitig der bereits genannten Nutzungskonflikte wird für die Stadt Bad Kreuznach von einer moderaten Nutzung des Energieträgers

zur Wärmeerzeugung ausgegangen. Für die Szenarien werden auf Basis des bisherigen Zubaus in der Stadt Bad Kreuznach und in Anlehnung an bundesweite Empfehlungen folgende Annahmen getroffen:

### 3.2.7.3 Referenzszenario

Der lokale Zubau in den vergangenen fünf Jahren (2015-2019) in der Stadt Bad Kreuznach von BAFA-geförderten Pellettheizungen entsprach jährlich durchschnittlich zwei Anlagen bei privaten Haushalten und einer Anlage im GHD-Sektor.<sup>59</sup> Im Referenzszenario wird von einer Fortführung dieses Trends ausgegangen. Bis 2030 können so weitere ca. 600 MWh/a Wärme bereitgestellt werden. Aufgrund der Sanierungen und weiteren Erneuerungen der Heizungsanlagen ist mit einer Reduktion des entsprechenden Ertrags zu rechnen (ca. -300 MWh). In der gesamtstädtischen Beheizungsstruktur erhält damit die Biomasse einen Anteil von ca. 2,1 % (2040). Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 160 t CO<sub>2</sub>/a.

Anmerkung: Neben dem Zubau wird der Verbrauch von Biomasse durch Sanierungsmaßnahmen deutlich reduziert, weshalb die Werte im Fazit nicht exakt der Summe des Status quo und des Zubaus entsprechen.

### 3.2.7.4 Klimaschutzszenario

Um dem Ziel der Klimaneutralität näher zu kommen, werden sowohl ambitionierte Sanierungsrate als auch ambitionierte Ausbauraten der regenerativen Wärmeträger angenommen. Die Ressource Biomasse ist jedoch limitiert und weitere wichtige Nutzungsmöglichkeiten des Rohstoffs bestehen.

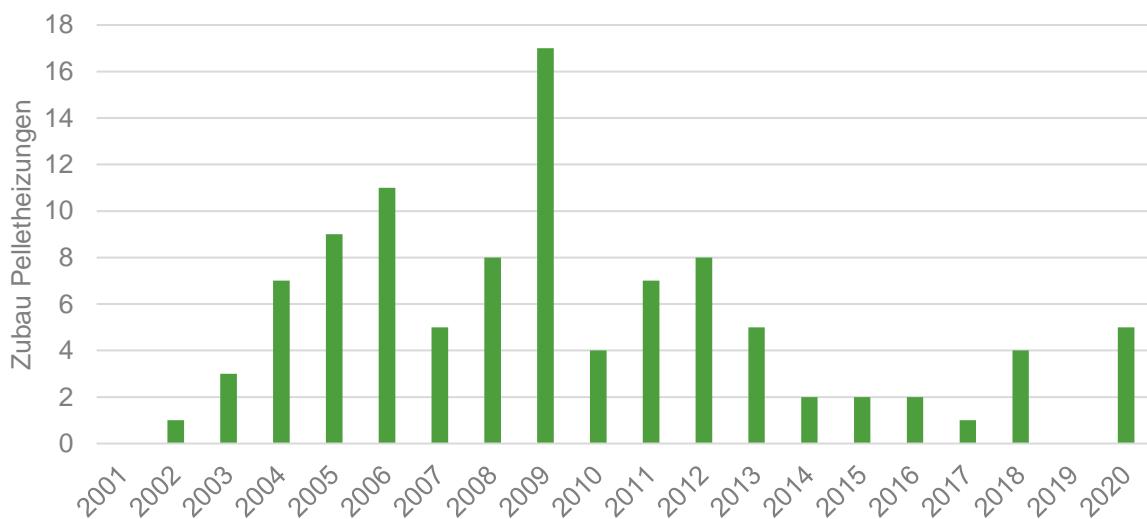


Abbildung 31: Zubau der BAFA-geförderten biomassebetriebenen Anlagen in der Stadt Bad Kreuznach. Quelle der Daten: BAFA. Eigene Darstellung der EnergyEffizienz GmbH

Der Zubau von Biomasse-Anlagen in der Stadt Bad Kreuznach war in dem Zeitraum 2015-2019 relativ gering. Jedoch wird der Zubau im vorliegenden Szenario auf ein sinnvolles Maß beschränkt, da es nicht empfehlenswert scheint, die Energieversorgung unverhältnismäßig stark auf Basis eines Energieträgers aufzubauen. Dadurch, dass die entsprechenden Anlagen bereits 90% der nachhaltigen Wärmeversorgung anbieten, wird ein jährlicher Zubau von zehn Anlagen pro Jahr für die privaten Haushalte angenommen.

Der Zubau von Biomasse-Anlagen in der Stadt Bad Kreuznach war in dem Zeitraum 2015-2019 relativ schwankend. Es wird ein jährlicher Zubau von 10 Anlagen pro Jahr für die privaten Haushalte sowie 24

<sup>59</sup> BAFA

Anlagen im gewerblichen Sektor angenommen. Auch im Industriesektor kommt Biomasse mit einem Zubau von 10 industriellen Anlagen jährlich zum Einsatz. Damit ist 2040 mit ca. 55.000 MWh/a auf die Biomasse bezogener Wärmeenergie zu rechnen. Bis 2040 erhöht sich der Anteil der Biomasse in der Beheizungsstruktur der Stadt auf 12 %.

### 3.2.8 Abfall

Die Behandlung des Themas Abfall ist in der Stadt Bad Kreuznach nur innerhalb der landkreisbezogenen Daten möglich, da das Thema der Abfallversorgung hauptsächlich auf der Ebene des Landkreises behandelt wird. Hier lassen sich erfahrungsgemäß hohe Verknüpfungen und Interdependenzen mit Nachbarkommunen identifizieren, was auf eine tiefere separate Analyse des Bereichs für die Stadt Bad Kreuznach selbst hinweisen soll.

Während Hausmüll klassischerweise thermisch entsorgt und die Verbrennung zur Energiegewinnung genutzt wird, bergen insbesondere die Abfallarten Grünschnitt und Bioabfall weiteres Potenzial. Projiziert man die landkreisbezogenen Daten ausschließlich auf die Bevölkerung der Stadt Bad Kreuznach, lassen sich folgende Werte ablesen:

Tabelle 5: Aufkommen an Bioabfall und Grünschnitt (Tonnen) aus öffentlicher Sammlung 2017-2020 in der Stadt Bad Kreuznach (Hochrechnung). Quelle: Klimaschutzmanagement der Stadt Bad Kreuznach

	Biomüll (t)	Grünschnitt (t)
2017	5.702	844
2018	5.650	767
2019	5.579	748
2020	5.824	447

Besondere Aufmerksamkeit ist hier den Bioabfällen zu widmen, da diese abschließend energetisch verwertet werden können. Der aktuelle Wert für die Stadt liegt bei ca. 121 kg pro Einwohner. Rein theoretisch kann man mindestens ein Drittel des Hausmülls dazu zählen, da die Bioabfälle oft inkorrekt sortiert werden<sup>60</sup>. Während bei der Vergärung Gas anfällt, welches klassischerweise (energetisch) genutzt wird, fällt bei der Kompostierung weniger Gas an, jedoch entweicht dieses ungehindert in die Atmosphäre. Hier entfällt insofern ein doppelter Effekt: Treibhausgase gelangen in die Luft und ihre energetische Verwertungsmöglichkeit wird nicht genutzt.

Pro Tonne Bioabfall lassen sich als grober Richtwert zwischen 85 und 125 m<sup>3</sup> Biogas erzeugen (Methangehalt: 50-80%). Die energetische Verwertung der Bioabfälle in Rheinland-Pfalz dient sowie der dezentralen Strom- als auch Wärmeerzeugung. Nimmt man diese Annahmen in Betracht und rechnet man diese Zahl runter, ergeben sich für die Stadt Bad Kreuznach folgende Werte:

Tabelle 6: Übersicht der theoretisch erreichbaren Energiemengen aus der Biomüllmengen der Stadt Bad Kreuznach

	Potenzial gesamt min	Potenzial gesamt max	Potenzial pro Kopf min	Potenzial pro Kopf max
Potenzieller Energieertrag der Stadt (MWh)	3.198	4.703	20,1	29,5

<sup>60</sup> Deutschlandweite Studien zeugen davon, dass ca. 40% des Restmülls der Biomülltonne zuzuordnen ist (Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg, 2022) S. 75

Unter der Annahme, dass eine Tonne der verwerteten Biomüllmenge ca. 194 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent einspart, könnte man in der Stadt allein 11.500 t CO<sub>2</sub> (224 kg pro Einwohner) vermeiden.

### 3.2.9 Solarthermie

#### 3.2.9.1 Grundsätzliches Potenzial

Der Zubautrend für Solarthermie ist deutschlandweit in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen, obwohl die Technologie geeignet ist, um klimafreundlich Wärme zu erzeugen und auch parallel zur Photovoltaik ausgebaut werden kann. Die gleiche Tendenz ist innerhalb der Stadt Bad Kreuznach zu beobachten. In dem Zeitraum 2015-2019 wurden nur 16 von der BAFA geförderten solarthermischen Anlagen zugebaut<sup>61</sup>. Derzeit werden mit 1.500 MWh/a nur 0,2 % der Wärmeversorgung in der Stadt Bad Kreuznach über Solarthermie gedeckt.

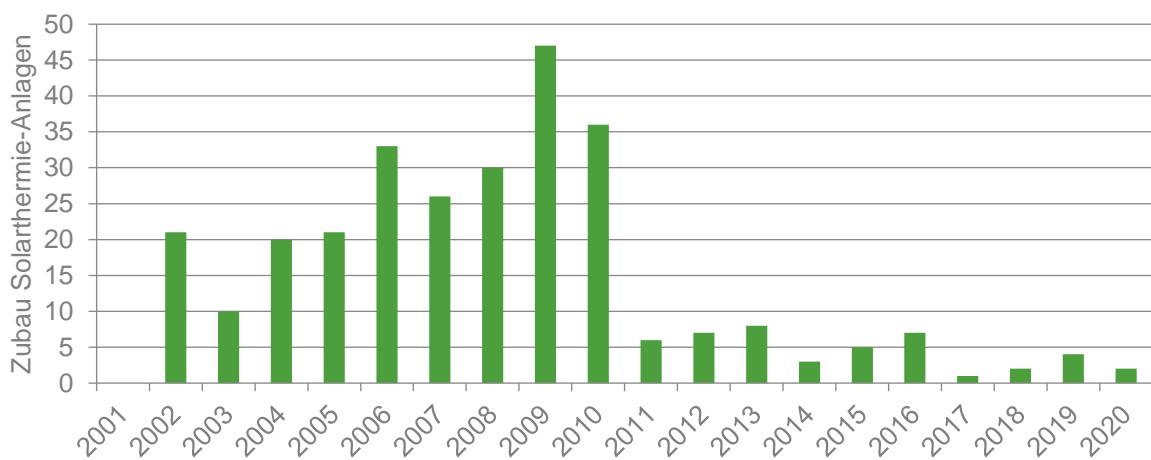


Abbildung 32: Zubauraten von solarthermischen Anlagen in der Stadt Bad Kreuznach. Quelle der Daten: BAFA. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

#### 3.2.9.2 Szenarien

Die in den meisten bundesweiten Studien deklarierten Anteile der Solarthermie an der lokalen Wärmeversorgung belaufen sich selten über den Wert von 5 %. Es besteht also mindestens ein 10-faches Potenzial zu dem weiteren Ausbau der entsprechenden Wärmeerzeugungsanlagen vor Ort. Es wird, wie bei Photovoltaik, davon ausgegangen, dass die bestehenden Anlagen nach ihrer angenommenen Lebensdauer erneuert werden und der Zubau dazu ergänzend erfolgt. Folgende Ausbauraten werden in den jeweiligen Szenarien angenommen:

#### 3.2.9.3 Referenzszenario

Der Trend der Ausbaurate von Solarthermieranlagen (2015-2019) liegt derzeit bei drei Anlagen bei den privaten Haushalten pro Jahr. Für das Referenzszenario wird der Trend fortgeschrieben sowie ein jährlicher Zubau von einer gewerblichen Anlage<sup>62</sup> angenommen. Bis 2030 können so weitere 130 MWh/a Wärme und bis 2040 rund 250 MWh/a zusätzlich aus Solarthermie bereitgestellt werden. In der gesamtstädtischen Beheizungsstruktur erhält damit die Solarthermie den Anteil von ca. 0,5 % (2040). Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 170 t CO<sub>2</sub>/a und 2040 bei 320 t CO<sub>2</sub>/a.<sup>63</sup>

<sup>61</sup> Anzahl 2020: 3 Anlagen, Anzahl 2021: 2 Anlagen

<sup>62</sup> Unter der Annahme, dass gewerbliche Annahmen gewerbliche Anlagen die gleiche Größenordnung haben wie Anlagen für private Wohngebäude.

<sup>63</sup> Die Emissionseinsparung bezieht sich auf den Ersatz einer Öl- oder Gasheizung.

### 3.2.9.4 Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario erfolgt ein deutlich intensiverer Ausbau der Solarthermie. Es ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Sanierungsmaßnahmen insgesamt weniger Wärme benötigt wird. Außerdem werden die anderen Wärmeerzeugungsanlagen (etwa Wärmepumpen und Biomasse) ebenso flächendeckend ausgebaut. Um den Anteil der Solarthermie an der lokalen Wärmeversorgung zu erhöhen (bis 5,3 % des gesamten Wärmebedarfs), wird der jährliche Zubau von 75 Anlagen im privaten Sektor benötigt, ergänzt von 20 gewerblichen Anlagen.

Bis 2030 können so weitere rund 7.300 MWh/a Wärme und bis 2040 rund 13.900 MWh/a zusätzlich aus Solarthermie bereitgestellt werden. In der gesamtstädtischen Beheizungsstruktur erhält damit die Solarthermie den Anteil von ca. 5,3 % (2040). Die Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 1.900 t CO<sub>2</sub>/a und 2040 bei 3.500 t CO<sub>2</sub>/a.

### 3.2.10 Wärmepumpen/Geothermie

Durch die Kombination eines Wärmetauschers mit einer Wärmepumpe kann die in der Umgebung gespeicherte Wärme zur Beheizung eines Gebäudes und zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Der Wärmetauscher kann dabei die Umgebungsluft, ein Erdwärmekollektor (horizontal, in ca. 1,5 m Tiefe), eine Erdwärmesonde (vertikal, bis zu 100 m Tiefe) oder das Grundwasser darstellen. Die Nutzung der Umgebungsluft ist uneingeschränkt möglich, aber weist im Vergleich zu den übrigen Wärmetauschern den geringsten Wirkungsgrad auf. Wird die Wärmepumpe mit grünem Strom betrieben, stellt sie eine der umweltfreundlichsten Heizformen dar, da der Emissionsfaktor sehr gering ausfällt. Deswegen bietet sich die Kombination einer Wärmepumpe mit einer PV-Anlage an. Entsprechend ihrer Funktionsweise haben Wärmepumpen ein begrenztes Temperaturniveau, welches ihren Einsatz hauptsächlich in Neubauten und sanierten Bestandsgebäuden sinnvoll macht. Durch Kombination mehrerer Wärmepumpen ist jedoch auch die Nutzung im gewerblichen und industriellen Bereich möglich.

Laut den BAFA-Daten wurden in der Stadt Bad Kreuznach (Stand 2019) 10 Wärmepumpen installiert. In den folgenden zwei Jahren (2020-2021) erlebte die lokale Wärmepumpen-Branche einen Aufschwung – zum Zeitpunkt 2022 können in der Stadt mindestens 25 Wärmepumpen gefunden werden. Es ist allerdings zu erwähnen, dass die bestehende Datengrundlage sich ausschließlich auf die geförderten Anlagen orientiert. Dies bedeutet, dass die tatsächliche Anzahl der installierten Wärmepumpen höher sein kann, besonders in einigen Neubauten und gewerblichen Gebäuden zum Zwecke der Selbstversorgung. Das Gesamtpotenzial der Stadt Bad Kreuznach für die Nutzung von Wärmepumpen lässt sich nicht beifern, da insbesondere die hierfür verwendete Umweltwärme aus der Luft annähernd uneingeschränkt vorhanden ist.

**Das Thema der Wärmepumpen wird in den darauffolgenden Abschnitten aufgrund der besonderen Bedeutung im gesamten deutschen Klimaschutzsektor detaillierter betrachtet.**

#### 3.2.10.1 Allgemeine Trends

In der Studie „Durchbruch für die Wärmepumpe“ weist Agora Energiewende darauf hin, dass die Realitätsverhältnisse der neuen Installationen von Wärmepumpen deutlich hinter den formulierten Zielen (6.5 Mio. Wärmepumpen bis zum Jahr 2030<sup>64</sup>) bleiben. Die Einführung von zusätzlichen

<sup>64</sup> (Prognos, 2021)

Anreizinstrumenten sowie die eigene Initiative der einzelnen Kommunen und Gebietskörperschaften auf Basis des Subsidiaritätsprinzips sind dementsprechend notwendig.

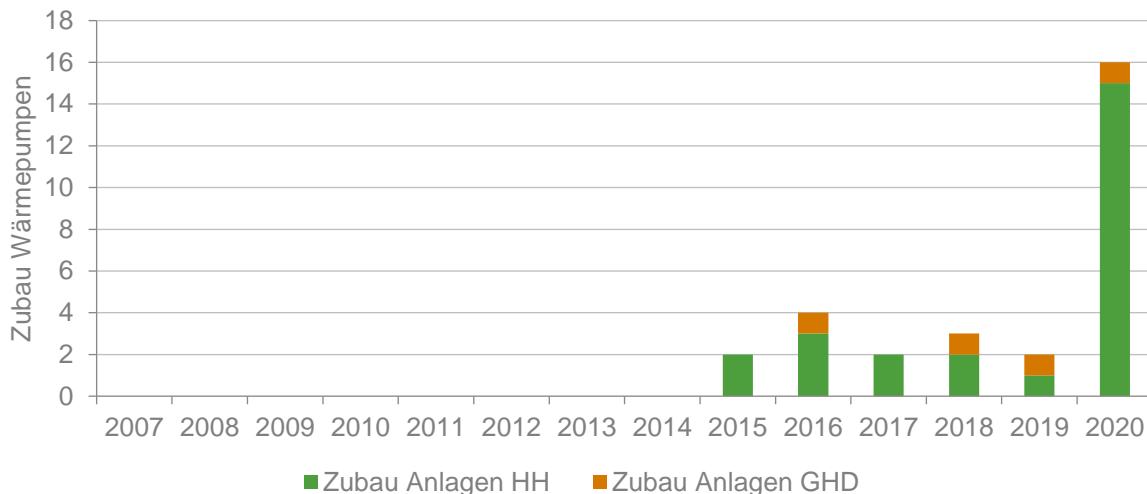


Abbildung 33: Zubauraten von Wärmepumpen in der Stadt Bad Kreuznach (im Sektor der privaten Haushalte und GHD-Bereich). Quelle der Daten: BAFA. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

### 3.2.10.2 Wärmepumpen und Gebäudebestand

Nimmt man in Betracht, dass die Wärmepumpen prädominant in den Ein- oder Zweifamilienhäusern installiert wurden (s. Studie „Durchbruch für die Wärmepumpe“ von Agora Energiewende), kommen für die Stadt Bad Kreuznach ca. 8.700 Gebäude in die engere Betrachtung für die Nutzung von Wärmepumpen.<sup>65</sup> Dazu kommt die Anzahl der Wärmepumpen in den geplanten zukünftigen Neubauten. Jedoch lässt sich auch eine verstärkte Nutzung auch bei den Bestandsgebäuden erkennen (siehe folgende Abbildung). Die Möglichkeit der Nutzung im Bestand wird grundsätzlich für 2/3 der Bestandsgebäude von Wohngebäuden ohne komplexe Sanierungs- oder Umbaumaßnahmen für möglich erachtet<sup>66</sup>.

<sup>65</sup> Grundlage der Berechnung: Daten der ZENSUS-Datenbank bezüglich der Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern in der analysierten Gemeinde

<sup>66</sup> (Öko-Institut und Fraunhofer ISE, 2022)

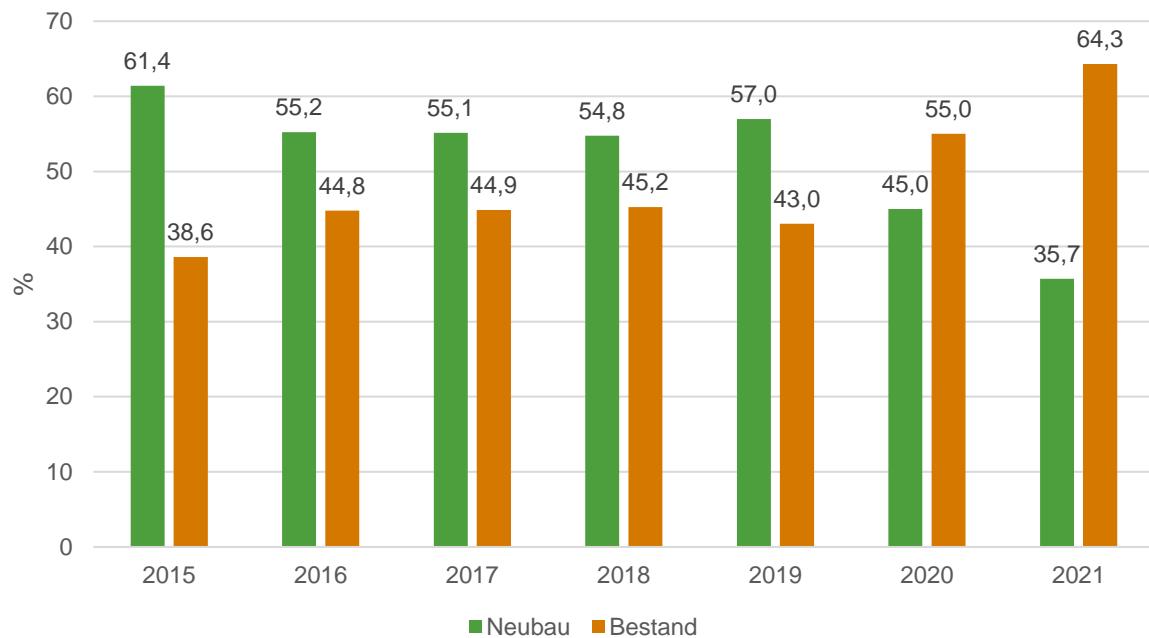
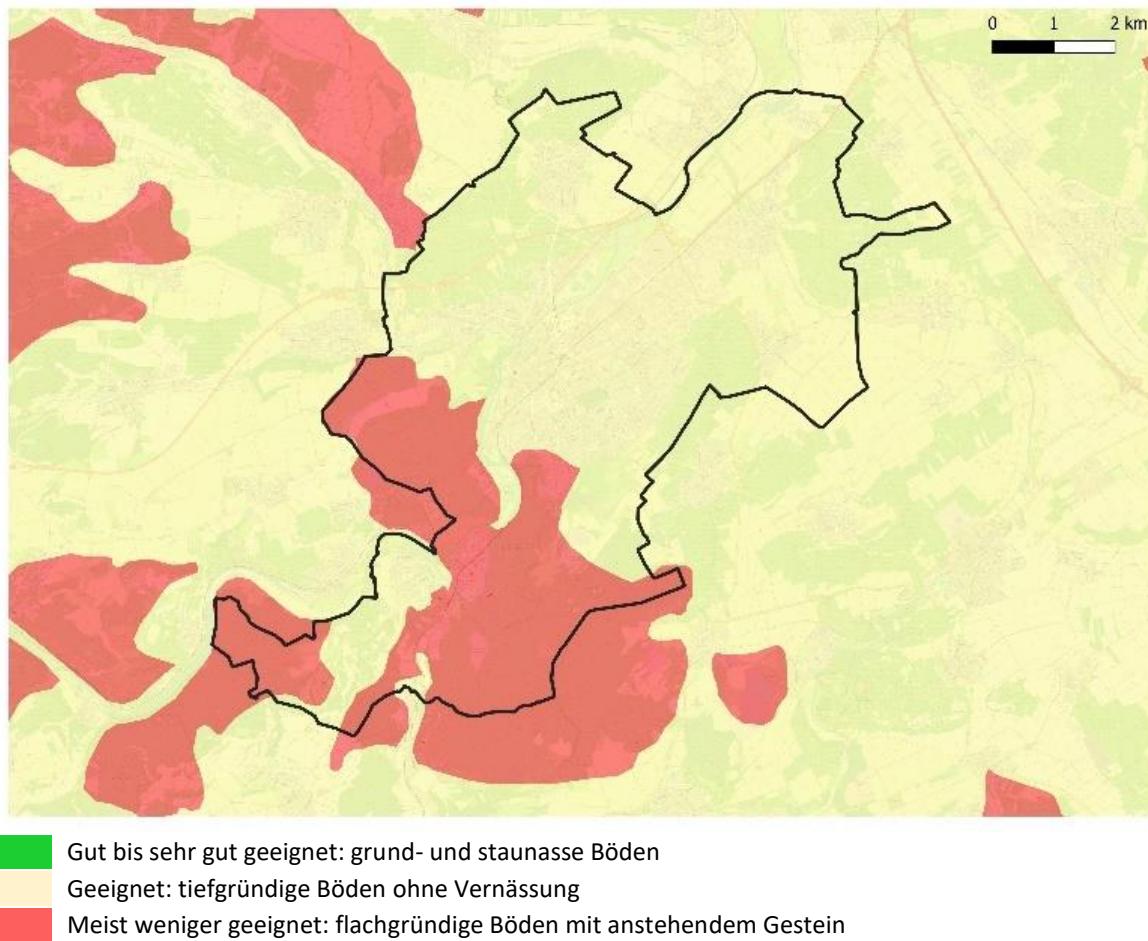


Abbildung 34: Prozentuale Anteile der installierten Wärmepumpen in Neubauten und bestehenden Gebäuden in Deutschland (Vergleich). Grundlage der Daten: Absolute Anzahl der Wärmepumpen in „Durchbruch für die Wärmepumpe“ (Agora Energiewende 2021 basierend auf Marktdaten des Bundesverbands Wärmepumpen (BWP) sowie Destatis (2022)). Eigene Darstellung der relativen Werte und Design der Energy Effizienz GmbH.

### 3.2.10.3 Erdwärmekollektoren & -sonden

Im Folgenden werden die Grundvoraussetzungen für oberflächennahe Erdwärmemenutzung vor Ort betrachtet.

Der Energieatlas Rheinland-Pfalz stellt eine detaillierte Geopotenzialkarte für Rheinland-Pfalz zur Verfügung, in der ortsgenau Informationen zur Eignung des Standorts für oberflächennahe Geothermie abgerufen werden können.<sup>67</sup> Die grundsätzliche Bodeneignung für die Installation der Erdwärmekollektoren und -sonden in der Stadt Bad Kreuznach ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Fläche ist insgesamt auf dem Großteil der Gemarkung der Stadt relativ geeignet.



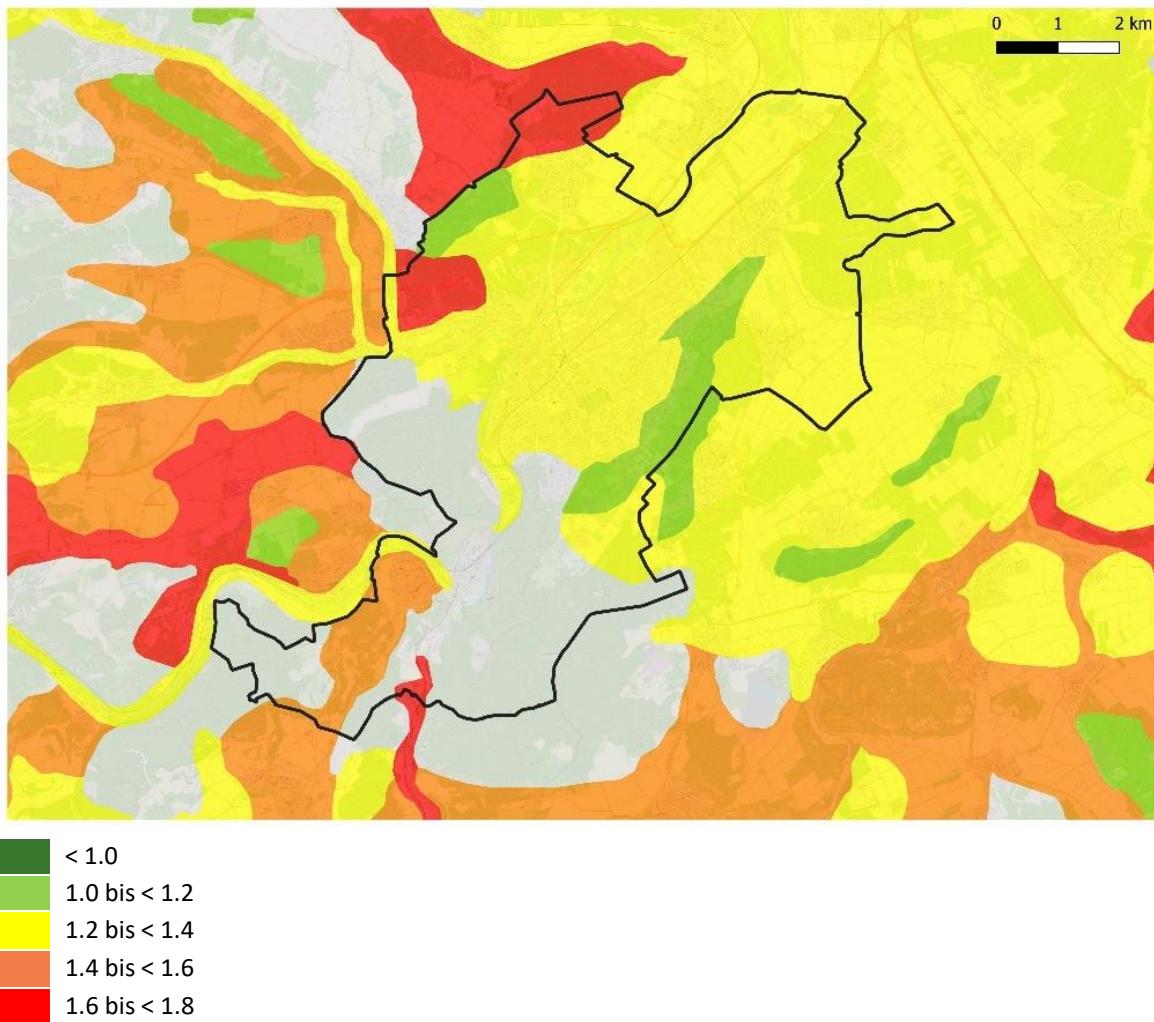


Abbildung 36: Darstellung der mittleren Wärmeleitfähigkeit des Bodens für die Installation der Erdwärmekollektoren. Quelle der Daten: Energieatlas Rheinland-Pfalz. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

Laut dem Energieatlas Rheinland-Pfalz sind auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach keine Trinkwasser- und Heilquellschutzwassergebiete zu finden.

Die Daten der Energieatlas bieten unter anderem die Übersicht der allgemeinen Effizienz der Fläche für die Installation der geothermischen Anlagen. Einige Gebiete im Nordwesten und Westen der Stadtgemarkung sind für den Einsatz der Erdwärmesonden wegen der vorhandenen Einschränkungen der Bohrtiefe eher nicht geeignet, allerdings bietet sich ca. 50 % der restlichen Fläche für die erwähnte Technologie der Wärmegegewinnung an.

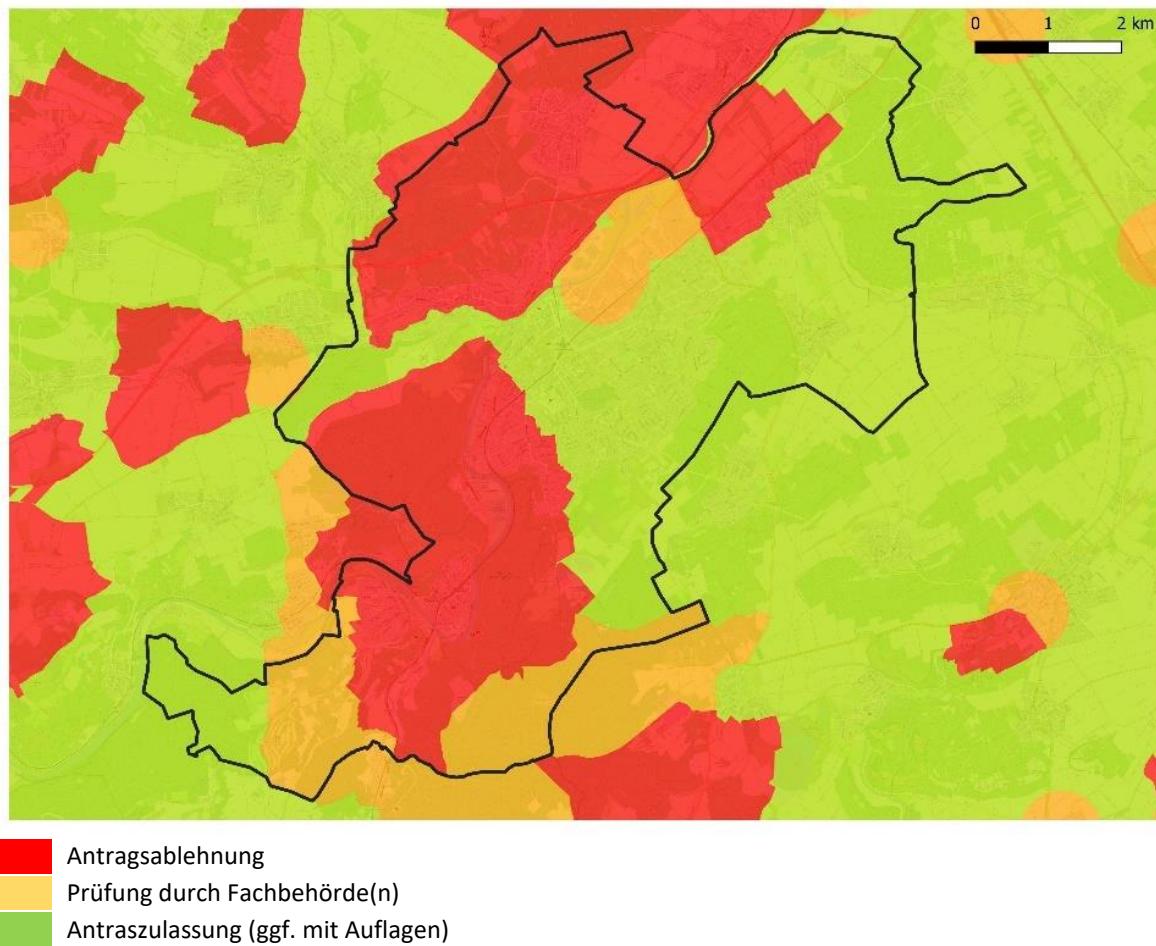


Abbildung 37: Geothermiebezogene Zulassungsregelungen auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach, Quelle der Daten inkl. Legende: Energieatlas Rheinland-Pfalz. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

Weiterhin erscheint es sinnvoll, die Grundwasserergiebigkeit zu betrachten. Dieser Faktor ist während der Planung der tiefen Erdsonden unabdingbar. Die entsprechenden Regelungen stellen einen der wichtigsten Einflussfaktoren während der Planung und Genehmigung von geothermischen Anlagen dar. Allerdings ist hier für die konkrete Planung eine separate Analyse notwendig.

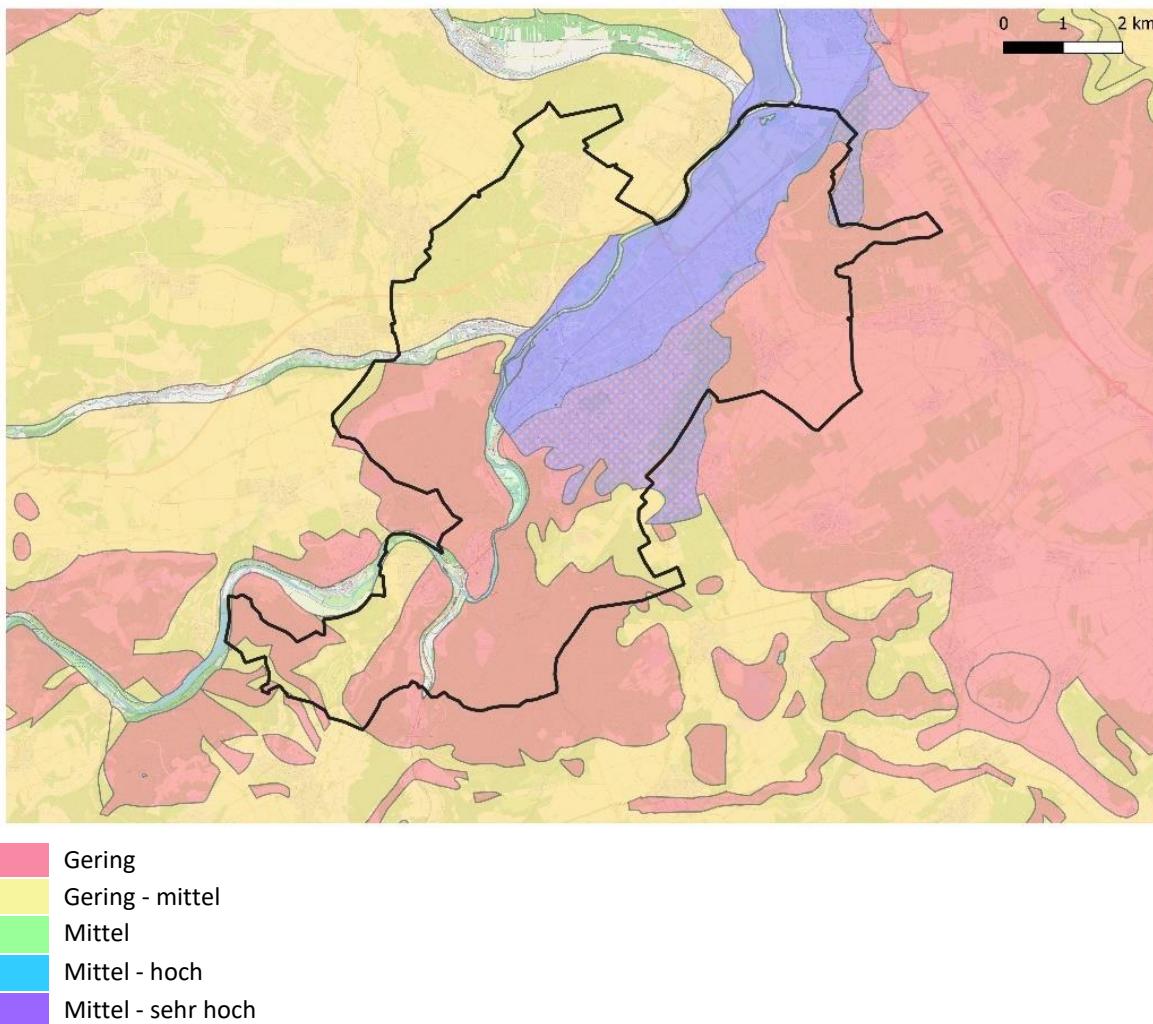


Abbildung 38: Übersicht der Grundwasserenergieigkeit auf der Gemarkung der Stadt Bad Kreuznach. Quelle der Daten inkl. Legende: Energieatlas Rheinland-Pfalz. Eigene Darstellung der Energy Effizienz GmbH

### 3.2.10.4 Luft-Wärmepumpen

Die Nutzung der Umgebungsluft ist grundsätzlich aufgrund der unbegrenzt vorkommenden Ressource nicht limitiert, Einschränkungen sind durch die Einhaltung von Mindestabständen zu Nachbargebäuden basierend auf der resultierenden akustischen Belastung gegeben (mind. 3 m). Im Vergleich zu den übrigen Wärmetauschern weisen Luft-Wärmepumpen den geringsten Wirkungsgrad auf. Eine detaillierte Analyse überschreitet den Umfang eines Klimaschutzkonzepts, kann aber in detaillierteren Analysen wie Quartierskonzepten betrachtet werden.

### 3.2.10.5 Szenarien

Die Szenarien werden im Folgenden mit den entsprechenden Ergebnissen beschrieben.

### 3.2.10.6 Referenzszenario

Der lokale Zubau in den vergangenen fünf Jahren (2015-2019) in der Stadt Bad Kreuznach von BAFA-geförderten Wärmepumpen entsprach jährlich durchschnittlich zwei Anlagen bei privaten Haushalten sowie durchschnittlich einer gewerblichen Anlage alle zwei Jahre.<sup>68</sup> Im Referenzszenario wird von einer Fortführung des Trends ausgegangen. Die zusätzliche Wärmebereitstellung durch Wärmepumpen beläuft sich 2030 auf rund 800 MWh/a und bis 2040 auf 1.600 MWh/a. In der gesamtstädtischen Beheizungsstruktur erhalten die Wärmepumpen den Anteil von ca. 0,6 % (2040). Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 200 t CO<sub>2</sub>/a und 2040 bei 420 t CO<sub>2</sub>/a.<sup>69</sup>

### 3.2.10.7 Klimaschutzszenario

Um dem Ziel der Klimaneutralität näher zu kommen, wird von ambitionierte Ausbauraten der regenerativen Wärmeträger ausgegangen. Wärmepumpen werden bundesweit als grundlegender Bestandteil der Energiewende angesehen.<sup>70</sup> Es wird ein jährlicher Zubau von 200 Anlagen pro Jahr für die privaten Haushalte, 40 im GHD-Sektor sowie 28 Anlagen im industriellen Sektor<sup>71</sup> angenommen. Bis 2030 können so weitere 90.000 MWh/a Wärme und bis 2040 rund 173.000 MWh/a zusätzlich durch Wärmepumpen bereitgestellt werden. In der Beheizungsstruktur der privaten Haushalte erhalten die Wärmepumpen den Anteil von ca. 60 % (2040). Die zusätzliche Emissionseinsparung liegt 2030 gegenüber 2019 bei rund 23.500 t CO<sub>2</sub>/a und 2040 bei 48.000 t CO<sub>2</sub>/a.

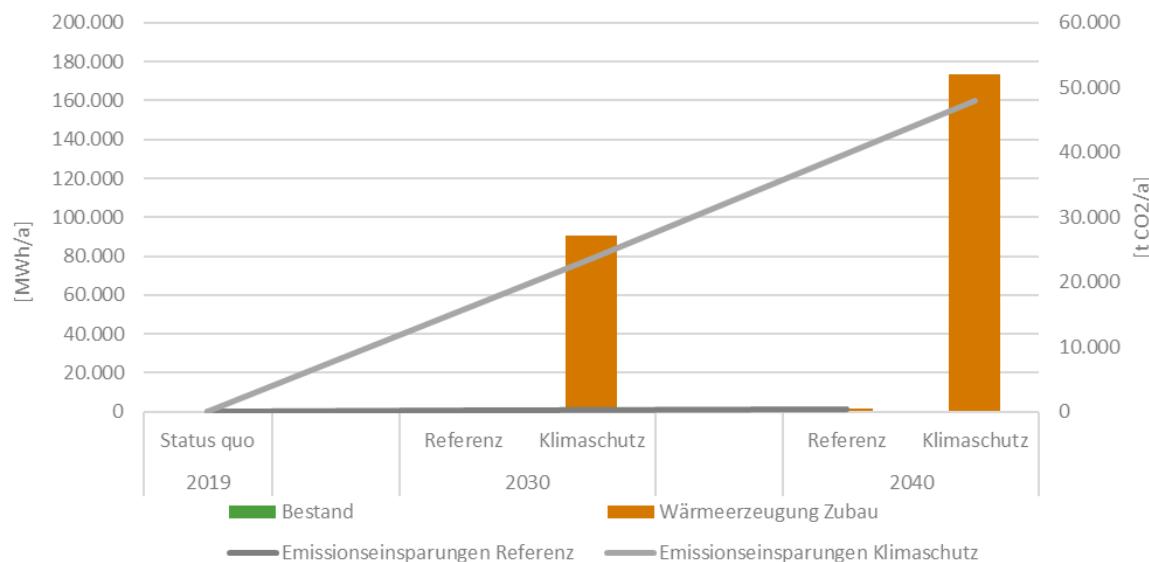


Abbildung 39: Ertrag und vermiedene Emissionen durch Wärmepumpen im Status quo und den Szenarien

<sup>68</sup> Wärmepumpenatlas

<sup>69</sup> Die Emissionseinsparung bezieht sich auf den Ersatz einer Öl- oder Gasheizung.

<sup>70</sup> Vergleiche Prognos-Studie und den Ariadne-Report

<sup>71</sup> Die Anzahl der zugebauten Anlagen im GHD-Sektor und industriellen Branche kann sich reduzieren, da die Leistungen der Anlagen in diesen Bereichen deutlich höher als die von den privaten Haushalten sind.

### 3.2.11 Nah- und Fernwärme

#### 3.2.11.1 Grundsätzliches Potenzial

Der Ausbau der Nah- und Fernwärme wird als wichtiger Faktor zur Umsetzung der Energiewende sowohl im städtischen als auch im ländlichen Raum gesehen. Im städtischen Raum liegt der entscheidende Vorteil bei den geringen Abständen zwischen den Gebäuden, so dass die Netzlänge und damit Netzverluste gering sind. Ein gutes Beispiel bietet die Stadt Stockholm, in der rund 70% der Gebäude mit Fernwärme beheizt werden und zunehmend regenerative Energien dafür zum Einsatz kommen. Doch auch im ländlichen Raum können Nahwärmenetze gleichzeitig wirtschaftlich und klimafreundlich sein. Zwar müssen die Faktoren Netzlänge, Netzverluste und Anschlussdichte besonders berücksichtigt werden, jedoch können auch Vorteile gegeben sein, etwa ausreichend zur Verfügung stehender Platz für die notwendige Heizzentrale. Ein Thema, welches in Städten häufig eine Herausforderung darstellt. Auch ist die erfolgreiche Umsetzung von der Kooperation aller Beteiligten abhängig, wobei der Aspekt der Dorfgemeinschaft und guter Kommunikationsstrukturen förderlich sein kann.

Nah- und Fernwärme ist nur dann klimafreundlich, wenn nachhaltige Energieträger zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Häufig werden Biomasse oder kleine BHKWs genutzt. Auch Geothermie kann als Wärmequelle genutzt werden. Der Emissionsfaktor ist entsprechend geringer als bei einer herkömmlichen Öl- oder Gasheizung. Gleichzeitig verringert sich der Gesamtaufwand für Wartung und Instandhaltung, und die Hausbesitzer müssen sich nicht mehr eigenständig um ihre Heizanlage kümmern. Nahwärme wird entsprechend dann gegenüber Einzelgebäudeheizungen auf Basis erneuerbarer Energien bevorzugt, wenn die genannten Vorteile genutzt werden sollen. Auf lange Frist ist auch die Umrüstung bestehender Nahwärmenetze auf regenerative Energieträger für das Ziel der Klimaneutralität notwendig.

Laut den Daten des Klimaschutzmanagements ist in der Stadt Bad Kreuznach kein flächendeckendes Nahwärmennetz vorhanden, abgesehen von den einzelnen kleinen Nahwärmenetzen für die Wärmeversorgung der Schulen, Verpflegungseinrichtungen etc. Die Wichtigkeit der Nahwärme als einer der möglichen Antworten auf die Herausforderungen des Wärmesektors ist selbsterklärend und bedarf daher einer tieferen Analyse der bestehenden Optionen. Neben den benötigten Gebäudesanierungen ist die Erweiterung der lokalen Nahwärmenetze ausschlaggebend für den Erfolg der lokalen nachhaltigen Transformation des Wärmesektors<sup>72</sup>. Relevant ist dabei insbesondere die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung in den Wärmenetzen, da jeglicher Einsatz fossiler Energieträger eine falsche Antwort auf die Herausforderungen des energiepolitischen Sektors wäre.

Zur Beheizung von Nahwärmenetzen können verschiedene Energieträger genutzt werden. Zahlreiche Projekte der lokalen Nahwärmeversorgung nehmen Solarenergie als Hauptenergiesträger, außerdem gibt es moderne Nahwärmenetze auf Basis von Geothermie, Biomasse oder auch industrieller Abwärme. (Groß-)Wärmepumpen kommen ebenso infrage. Die grundlegende Analyse der lokal vorhandenen Anschlussdichte, des ortsbezogenen Wärmebedarfs und der Wärmedichte sind während der Planung der Nahwärmeversorgung unabdingbar. Außerdem muss die räumliche Nähe von Erzeuger und Verbraucher sichergestellt werden, um den Grad der Wärmeverluste zu minimieren. Diejenigen Planungs- und Vertriebsangelegenheiten, die außerhalb dieser Potenzialstudie stehen, sind bspw. im Leitfaden "Nahwärme" des Fraunhofer Instituts<sup>73</sup> zu finden.

<sup>72</sup> (Huenges, et al., 2014)

<sup>73</sup> (Dötsch, Taschenberger, & Schönberg, 1998)

Insgesamt sind mehrere aussagekräftige Vorteile zu identifizieren, die für die Entwicklung der lokalen Nahwärmenetze sprechen<sup>74</sup>:

- Flexibilität und Vielfalt bei der Nutzung lokaler erneuerbarer Energien, wie große Solarthermie, Tiefe Geothermie, Umweltwärme, Biomasse
- Deckung der verbleibenden Bedarfslücken der Stromerzeugung aus Sonne und Wind (Residuallasten) durch bedarfsgerecht betriebene, stromnetzgeführte Kraft-Wärme-Kopplung in den Heizzentralen
- Erhöhung der Effizienz im Energiesystem aufgrund der Möglichkeit, vielfältige Abwärmequellen nutzen zu können
- Flexibilitätsgewinne im Wärme- und Strombereich durch Einbindung großer thermischer Speicher
- kommunale Steuerungsfunktion zur Senkung des Ausstoßes vermeidbarer Treibhausgasemissionen durch netzgebundene Wärmeversorgung
- Langfristig hohe Versorgungssicherheit
- Zukünftig keine aufwändige und teure Anlagenerneuerung
- Erfüllung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes
- Geringe Betriebskosten (Wartung/Instandhaltung usw.)
- Geringerer Raumbedarf für Technik.
- Regionale Wertschöpfung<sup>75</sup>

Es ist dementsprechend von Vorteil, die Potenziale der lokalen Begebenheiten zu untersuchen, um die räumliche und strukturelle Ausgestaltung der Nahwärmeversorgung rechtzeitig zu optimieren und den höchsten Wirtschaftlichkeitsgrad zu erzielen. Die Möglichkeiten diverser Optionen werden in den untenstehenden Abschnitten thematisiert.

Wichtiger Parameter für die Planung eines Nahwärmenetzes ist der zu erwartende Wärmebedarf der Verbraucher im Tages- und Jahresverlauf. Auf die Verbrauchskurve aufbauend kann die Auswahl der möglichen Technologien erfolgen, wobei oftmals eine Kombination von verschiedenen Energieträgern empfehlenswert ist und eine Abwägung der Kosten stattfindet.

### 3.2.11.2 Biomasse

Biomasse ist ein verbreiteter Energieträger für die Nah- und Fernwärmeerzeugung. Im Kapitel 3.2.7 wird die Nutzung von Biomasse bereits betrachtet.

Im größeren Maßstab zur Nahwärmeerzeugung sind einige Punkte in der Handhabung zu beachten:

- Biomasse ist ein Naturprodukt und nicht einheitlich, bspw. bestehen Schwankungen des Energiegehalts je nach Qualität des Rohstoffs und erfordern daher einen kompetenten Umgang beim Betrieb einer Hackschnitzelanlage.
- Hackschnitzel sind kostengünstiger, aber haben einen geringeren Energiegehalt als Pellets.
- Bei der Integration in Wohngebieten ist insbesondere der Platzbedarf für den Abgaskamin und den Lagerplatz für Pellets/Hackschnitzel und die Geräuschemissionen bei der Anlieferung mitzudenken.

<sup>74</sup> (zeozweifrei, 2023)

<sup>75</sup> (Energieagentur RLP, Praxis-Leitfaden Nahwärme, 2016)

- Biomasseressourcen sind begrenzt, für eine nachhaltige Energieversorgung sind insbesondere lokale Biomassevorkommen zu nutzen und weite Transportwege zu vermeiden.

Eine komfortable Form der Biomasse ist Biogas. Hierbei ist die Voraussetzung ein bestehendes Gasnetz. Der Vorteil liegt dann in der bilanziellen Rechnung von Einspeisung und Bezug von Biogas, wodurch eine räumliche Entkopplung von Erzeuger und Verbraucher möglich ist. Allerdings ist Biogas in der Produktion und Aufbereitung aufwändig. Aus Nachhaltigkeitsgründen ist auch Biogas überwiegend aus Abfallprodukten der Landwirtschaft oder von Bioabfällen der Haushalte zu erzeugen.

### 3.2.11.3 Solarthermie

Das Thema der Nahwärmeversorgung mit Hilfe solarer Kollektoren und saisonalen Wärmespeichern wird in den letzten Jahren intensiv diskutiert – sowohl in Deutschland als auch im Ausland. Zu diesem Zeitpunkt erscheinen vor allem kleinflächige Lösungen für kleine Städte (Einwohnerzahl: ca. 4.000) oder bestimmte Stadtquartiere sinnvoll. Einige Beispiele der erfolgreichen Projektumsetzung in diesem Bereich lassen sich unter anderem in Dänemark beobachten<sup>76</sup>. Der durchschnittlich zu erwartende Ertrag liegt auf Basis der Grundannahmen sowie der bereits bestehenden Projekterfahrungen bei 2.000 MWh/a pro Hektar Landfläche<sup>77</sup>.

Aus technologischer Perspektive erfüllen die solaren Kollektorfelder die Rolle eines Wärmespeichers. Als Quelle der Wärmeenergie dient die direkte Solareinstrahlung, weswegen die Installation der Kollektoren sowohl auf Dächern als auch auf freien Flächen bzw. in benachteiligten Gebieten grundsätzlich vorstellbar ist. Die Kombination mit der Wärmezentrale sowie einem Warmwasserspeicher (unter- oder oberirdisch) erhöht die Effizienz des gesamten Projektes, da damit die Möglichkeit entsteht, den Wärmebedarf zu kalten Jahreszeiten mit Hilfe der zur Sommerzeit akkumulierten Wärmeenergie abzudecken.

Die bereits realisierten Projekte weisen einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 1 MWh/a pro 0,5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche auf. Hier müssen allerdings mehrere Faktoren beachtet werden: An- bzw. Abwesenheit des saisonalen Warmwasserspeichers, Nähe der Wärmeverbraucher, Nähe der Wärmezentrale, Effizienz und Abdichtung der bestehenden Wärmenetze etc. Die Investitionskosten variieren ebenfalls stark<sup>78</sup>.

<sup>76</sup> (PlanEnergi, 2018)

<sup>77</sup> (Solarthemen Media GmbH, 2021)

<sup>78</sup> (PlanEnergi, 2018)

Tabelle 7: Übersicht einiger bereits realisierter solarthermischer Projekte in Deutschland

	Ertrag (MWh/ a)	Leistun g (MW)	Flächenbedarf	Einsparun g (t CO2)	Investitio n (Mio. €)	Größe Wärme- speicher (m³)
<b>Greifswald<sup>79</sup></b>	8.000	11	Baufläche 4 ha Grundfläche  Sondergebiet 40.000 m²  Kollektorfeld Flächen 18.700 m²	1.780	7	6.000
<b>Lemgo<sup>80,81</sup></b>		5,2	Bruttokollektorfäch e 9.128 m²			Komplex mit Flusswasser-WP und 2 BHKWs
<b>Mühlhausen<sup>82, 83</sup></b>	3.300		Flächenbedarf 19.000 m², Kollektorfäche 5.700 m²	675	3	1.152 Röhrenkollektore n Versorgung von 400 Haushalten
<b>Senftenberg<sup>84</sup></b>	4	4,5	Grundfläche 20.000 m², Kollektorfäche 8.300 m²			-

<sup>79</sup> (Stadtwerke Greifswald, 2023)<sup>80</sup> (Solarthemen Media GmbH, 2021)<sup>81</sup> (AGFW-Projekt-GmbH, 2022)<sup>82</sup> (Stadtwerke Mühlhausen, 2021)<sup>83</sup> (Solarthemen Media GmbH, 2021)<sup>84</sup> (RitterXL, kein Datum)

Auch in angrenzenden Nachbarländern lassen sich mehrere Projekte finden<sup>85</sup>.

Tabelle 8: Übersicht einiger realisierten solarthermischer Projekte im Ausland

Ort	Informationen
Silkeborg, Dänemark <sup>86</sup>	100-110 MW Leistung, Kollektorfläche 156.000 m <sup>2</sup>
Baotou, China	65 MW Leistung
Vojens, Dänemark	49 MW Leistung
Aalborg, Dänemark <sup>87</sup>	11.000 m <sup>2</sup> , 3.300 MWh
Groningen, Niederlande <sup>88</sup>	48.000 m <sup>2</sup> , 37 MW Leistung; voraussichtliche Erträge: 25 GWh = 520 kWh/m <sup>2</sup> a
Silkeborg, Dänemark <sup>89</sup>	100-110 MW Leistung, Kollektorfläche 156.000 m <sup>2</sup>

### 3.2.11.4 Abwärme

Verschiedene industrielle Prozesse erzeugen als Nebenprodukt Wärmeenergie, welche teilweise ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird oder aber mit weiterem Energieaufwand heruntergekühlt wird. Dies wird als relevantes Potenzial zur Nutzung für die Wärmeversorgung desselben oder angrenzender Gebäude gesehen, sofern die Größenordnung ausreichend ist. Die Abkühlung der zu hohen Temperaturen (<80-90°C) für die Einspeisung in die Nahwärmenetze kann mittels eines Wärmetauschers erfolgen. Die bisher veröffentlichten Studien zu den Potenzialen der Abwärmenutzung weisen auf ein großes Potenzial hin: Eine Erhebung spricht für den gesamten deutschen Industriesektor davon, dass 18% bis ca. 50% der Abwärme energetisch genutzt werden könnten<sup>90</sup>. Andere Veröffentlichungen weisen sogar Werte von 30% bis 90% des energetisch erschließbaren Wärmepotenzials der industriellen Anlagen für die weitere Wärmebereitstellung auf<sup>91</sup>.

Die während der industriellen Herstellungsprozesse entstehende Energie lässt sich entweder direkt mittels Wärmetauscher nutzen oder kann langfristig für die Wärmeversorgung zu Spitzenbedarfszeiten gespeichert werden. Dies benötigt zwar zusätzliche infrastrukturelle Maßnahmen, kann damit aber auch zeitversetzten Energiebedarf abdecken.

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht der energetisch verwertbaren Temperaturen je Industriebranche und des jeweiligen Abwärme-Indikators, der auf die theoretisch möglichen nutzbaren Mengen der Wärmeenergie hinweist<sup>92</sup>.

<sup>85</sup> (SHIP Plants, 2023)

<sup>86</sup> (Solarthemen Media GmbH, 2021)

<sup>87</sup> (Aalborg CSP A/S, 2022)

<sup>88</sup> (Solrico, 2022)

<sup>89</sup> (Solarthemen Media GmbH, 2021)

<sup>90</sup> (Hirzel, Sontag, Benjamin, & Rohde, 2013)

<sup>91</sup> (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2015)

<sup>92</sup> (Aydemir, Doderer, Hoppe, & Braungardt, 2019), S. 29

Tabelle 9: Übersicht der thermischen Potenziale einzelner Industriebranchen

Industriebranche	Temperatur der verwertbaren Wärmeenergie	Abwärme-indikator	Ergänzung
Eisen- und Stahlherstellung	80-250 °C	19%	Die höheren Temperaturebenen beinhalten große Menge der nicht verwertbaren Gase; die Nutzung der Energie für die Wärmebereitstellung erst in den letzten Phasen des Produktionsprozesses möglich
Nichteisenmetallherstellung (Aluminium, Kupfer, Zink, Blei et al.)	40-70 °C		Wegen der bereits vorhandenen effizienten Anlagen der Wärmerückgewinnung meist für die Niedertemperaturanwendungen brauchbar
Zementerzeugung	Ersten Produktionsphasen: 200-450 °C Weitere Produktionsphasen: 100-300 °C		Nutzung der heißen Abgase für die Stromerzeugung, Verdampfung o. ä. möglich
Papierherstellung	20-160 °C	9%	Wird als prioritäre Branche für Abwärmenutzung betrachtet
Glasherstellung	Divergierende Angaben je Herstellungsphase	15%	
Chemie	Ethylen: 150 °C bei großer Variation Ammoniak: Divergierende Angaben je Herstellungsphase	9%	Grundsätzlich für Verdampfung geeignet

Eine veröffentlichte Studie des Fraunhofer Instituts zu den Möglichkeiten der Abwärmenutzung listet Unternehmen der Nahrungsmittelindustrie ebenso als potenziell effiziente Quellen der Abwärme auf. Eine Veröffentlichung der dena zur Abwärme weist die Installation der Abwärmegegewinnungsanlagen in einem Unternehmen der Papierindustrie als ein Beispiel der erfolgreichen Innovations- und Investitionsaktivitäten aus<sup>93</sup>. Auch Unternehmen der Holzveredlung und produktionsintensiver Holzverarbeitung bergen Abwärmepotenziale, allerdings in deutlich kleinerem Ausmaß<sup>94</sup>. Des Weiteren sind Rechenzentren und IT-Cluster große Abwärmequellen.

Die unterschiedliche Energieintensität der verschiedenen industriellen Verarbeitungsprozesse ist in der folgenden Grafik noch einmal dargestellt. Insbesondere die Metallerzeugung gilt als energieintensiv und bietet ein entsprechend hohes Abwärmepotenzial. Darauf folgt die Grundstoffchemie, die Papier-, Glas- und Keramik- und Metallindustrie sowie die Verarbeitung von Steinen und Erden.

<sup>93</sup> (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2015)

<sup>94</sup> (Pehnt, Bödeke, Arens, Jochem, & Idrissova, 2010), S. 17, S. 19

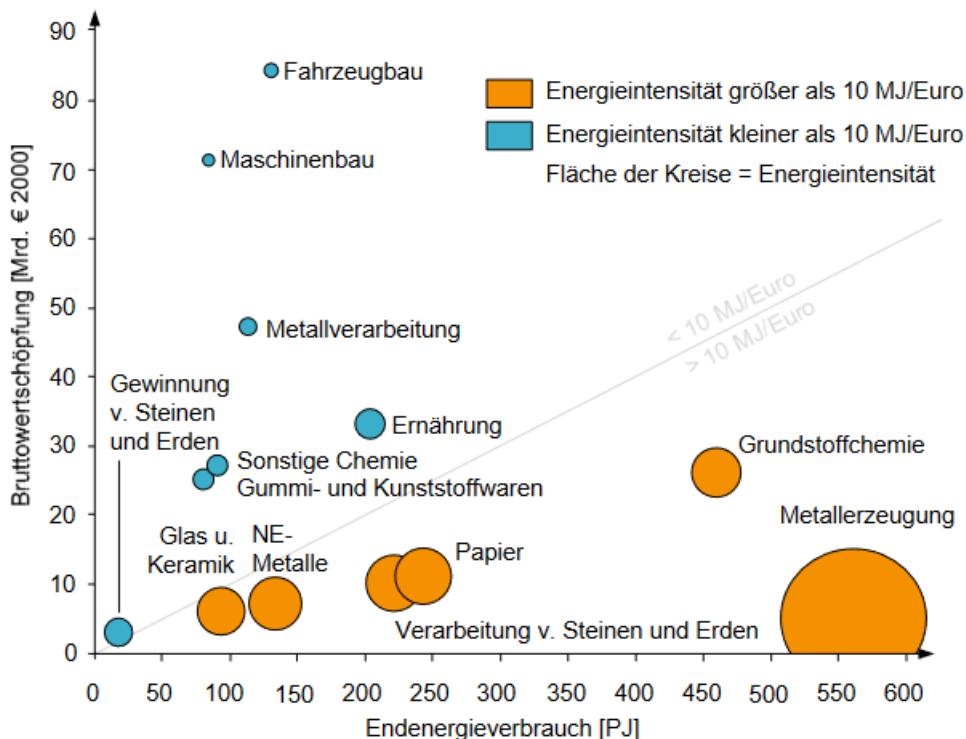


Abbildung 40: Energieintensität verschiedener Industriebranchen. Quelle: Fraunhofer Institut basierend auf Daten von Fleiter et al. 2013 (s. [Fraunhofer Institut](#) für die Originalquelle).

### 3.2.11.5 Umweltwärme und Wärmepumpen

Im Vergleich zu den im Kapitel 1.2.10 genannten Einsatzfeldern von Umweltwärme ist die Dimensionierung zum Einsatz in Nahwärmenetzen um ein Vielfaches größer. Dies schlägt sich häufig positiv auf die Wirtschaftlichkeit der Erschließung von klimafreundlichen Wärmequellen nieder. Insbesondere bei Erdwärmesonden sowie der Nutzung von Gewässern als Wärmequelle ist dieser Effekt zu beobachten.

Beim Einsatz von Wärmepumpen sind geringe Netztemperaturen vorteilhaft, um eine kleine Temperaturdifferenz überwinden zu müssen und somit eine möglichst gute Effizienz zu erreichen. Zusätzlich empfiehlt sich beim Einsatz von Wärmepumpen in jedem Fall die Installation von Photovoltaik zu untersuchen, um den benötigten Strom auf regenerative Weise zu produzieren. Im Fall der Planung von Nahwärmenetzen auf Basis von geothermischen Anlagen ist die Installation eines Wärmespeichers zu prüfen. Die Kombination von Wärmepumpen und eines Speichers in den Maßstäben eines Nahwärmenetzes<sup>95</sup> hat sich mehrmals in vielen Projekten als eine rentable wirtschaftliche Lösung erwiesen.

<sup>95</sup> (Bundesverband Geothermie e.V., 2021)

Tabelle 10: Übersicht der Kennzahlen von Erdwärmespeichern

	Wärmeleistung	Höhe (m) / Durchmesser (m) / Fassungsvermögen (l)	Temperatur (°C)	Weitere Details und Investitionskosten
Reuter West, SiemensStadt, Berlin	200 MW	45 / 43 / 56 Mio.	50-98	
Enertrag, Nechlin, Berlin		4 / 18 / 1 Mio.	93	38 MWh; Kombination mit dem Windfeld; 35 Häuser werden versorgt
Kiel <sup>96</sup>	1.500 MW	60 / 30 / 42 Mio.	60-115	Von Null auf 191 Megawatt in nur 5 Minuten
Zolling <sup>97</sup>	400 MW	23 / 24 / 10 Mio.	Bis 95	
Mannheim <sup>98</sup>	1.500 MW	36 / 40 / 45 Mio.	98	27 Mio. Euro Kosten; Unterstützt Fernwärmennetz Raum Mannheim, Heidelberg, Speyer
Niederösterreich, Theiß <sup>99</sup>	2.200 MW	25 / 50 / 50 Mio.	bis 98	Versorgung der Stadt Theiß, Gedersdorf und Grunddorf
Dänemark, Studstrup	1200 MW	// 30 Mio.		
Dänemark, Marstal	4.350 MW	k. A./k. A./ 75 Mio.	k. A.	Fernwärme basiert auf 100% erneuerbare Energien (55 PV und 45 Biomasse)
Schweiz, Ibach bei Schwyz <sup>100</sup>	1300 MW	50 / 30 / 28 Mio.	50-95	Investitionskosten 6 Mio. Euro
Österreich, Linz <sup>101</sup>	1.350 MW	65 / 27 / 34,5 Mio.	55-97	

### 3.2.11.6 Exkurs: kalte Nahwärme

Eine moderne Form der Nahwärmesysteme stellen kalte Nahwärmesysteme dar. Sie werden aktuell ausschließlich in Neubaugebieten eingesetzt, da ein hoher energetischer Standard der Gebäude dafür Voraussetzung ist. Hierbei wird im Nahwärmesystem Wasser mit einer Temperatur von ca. 10-12°C zirkuliert<sup>102</sup>. Die Temperaturanhebung erfolgt dezentral in jedem Gebäude einzeln mit Wärmepumpen angepasster Größe auf den Bedarf. Auch hier empfiehlt sich jeweils der Betrieb mithilfe einer eigenen Photovoltaik-Anlage. Folgende Vorteile ergeben sich:

- Geringere Netztemperatur (ca. 15°C), erleichtert Findung der Wärmequelle: Geothermie, Erdwärme, Grundwasser etc.
- weniger Wärmeverluste der Leitungen
- Vorteile gegenüber Luft-Wasser WP: höherer Wirkungsgrad, kein Außenmodul notwendig (Lärmemissionen)
- Mit kaltem Nahwärmesystem ist auch eine Kühlung im Sommer möglich und erwünscht

In Bestandsgebieten wurden kalte Nahwärmesysteme bisher noch nicht verbaut.

<sup>96</sup> (Stadtwerke Kiel, 2022)

<sup>97</sup> (Mündliche Nachfrage beim Betreiber. Nach dewiki.de, 2023)

<sup>98</sup> (Bundesverband Geothermie e.V., 2023)

<sup>99</sup> (EVN AG, 2012)

<sup>100</sup> (Agro Energie Schwyz AG, 2020)

<sup>101</sup> (Linz AG, 2022)

<sup>102</sup> (Bundesverband Geothermie e.V., 2023)

### 3.2.11.7 Szenarien

Für die Szenarien werden folgende Annahmen getroffen:

### 3.2.11.8 Referenzszenario

Im Referenzszenario wird kein weiterer Ausbau von Nahwärme angenommen.

### 3.2.11.9 Klimaschutzszenario

Bis 2030 werden 15 weitere Nahwärmenetze á 50 Wohngebäuden sowie bis 2040 insgesamt 35 Nahwärmenetze á 50 Wohngebäuden gebaut. Im gewerblichen Sektor werden bis 2040 insgesamt 26 Nahwärmenetze á 50 gewerbliche Gebäude installiert, bzw. anders ausgedrückt: rund 1.300 Gebäude werden bis 2040 an ein Nahwärmenetz angeschlossen (inwiefern kleinere oder größere sowie gemischte Nahwärmenetze aus Haushalten und dem Gewerbe gebaut werden, hängt von den lokalen Gegebenheiten ab.). Die komplette Nahwärmeversorgung beruht auf regenerativen Wärmequellen (Biomasse, Wärmepumpen, Solarthermie, industrielle Abwärme etc.). Die prozentualen Anteile des jeweiligen Energieträgers sind den deutschlandweiten Studien (Agora, UBA, Prognos AG) zu entnehmen. Bis 2040 werden so zusätzliche 138.200 MWh/a über Nahwärme bereitgestellt. Die Emissionseinsparung hängt direkt von der Konstellation der Energieträger ab.

## 3.2.12 Wasserstoff

Zur Nutzung von Wasserstoff gibt es bundesweit verschiedene Pilotprojekte und die Thematik wurde mit der Wasserstoffstrategie auch auf die politische Agenda gesetzt. Der Einsatz wird vorwiegend für den industriellen Sektor vorgesehen, um dort bisherige Gasverbräuche auf eine klimafreundliche Alternative umzustellen. Bezuglich der Nutzung von Wasserstoff über die bestehenden Gasnetze sind die weiteren technologischen und politischen Entwicklungen abzuwarten. Für das Klimaschutzszenario wird für die Stadt Bad Kreuznach angenommen, dass rund 10 % des Wärmebedarfs über Wasserstoff gedeckt wird.

Der Landkreis Bad Kreuznach betreut ein Hystarterprojekt, die Stadt ist bisher nicht beteiligt. Relevant könnte das für den ÖPNV (Wasserstoffbusse) und die Industrie sein.

## 3.2.13 Fazit zum Wärmesektor

Der Energieverbrauch im Wärmesektor verändert sich nach den jeweiligen Szenarien für die verschiedenen Verbrauchergruppen insgesamt wie folgt.

### 3.2.13.1 Wohngebäude

Durch Sanierungsmaßnahmen sowie einer Umstellung auf regenerative Energieträger kann unter den getroffenen Annahmen im Wohngebäudebereich bis **2040 eine Emissionsreduktion von 20 % im Referenzszenario und 98 % im Klimaschutzszenario** erreicht werden. Für 2030 wird in Referenzszenario eine Emissionsreduktion um 15 % und im Klimaschutzszenario um 60 % erwartet. Relevant für die sehr hohe Emissionsreduktionsrate im Klimaschutzszenario sind insbesondere Sanierungsmaßnahmen und eine Umstellung der Energieträger auf einen Mix aus Wärmepumpen, Biomasse und Nahwärme. Auch bei der Nahwärme selbst ist die Nutzung regenerativer Energiequellen (Abwärme, Umweltwärme, Biomasse etc.) entscheidend.

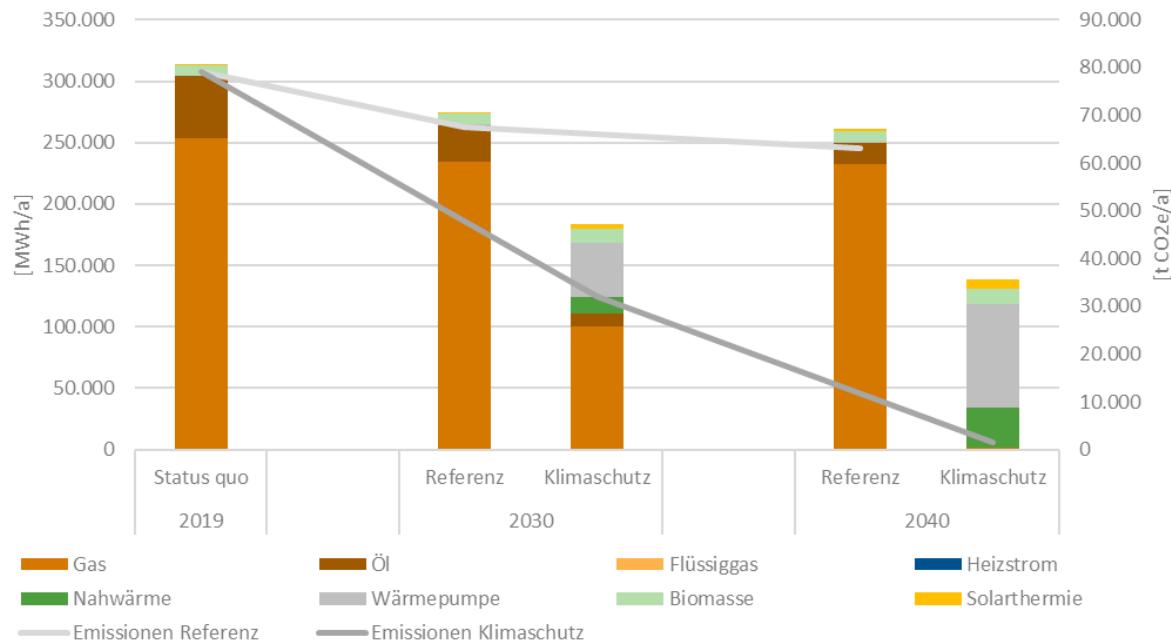


Abbildung 41: Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im Wohngebäudesektor nach Szenarien

### 3.2.13.2 Gewerbe, Handel & Dienstleistungen

Im gewerblichen Sektor wird bis **2040** eine **Emissionsreduktion von 52 % im Referenzszenario** und eine **Emissionsreduktion von 96 % im Klimaschutzszenario** erreicht. Für 2030 wird in Referenzszenario eine Emissionssenkung um 31 % und im Klimaschutzszenario um 61 % erwartet. Für die höhere Emissionsreduktion im Klimaschutzszenario relevant sind insbesondere Effizienz- und Einsparmaßnahmen und eine Umstellung der Energieträger auf Wärmepumpen und Biomasse und Nahwärme. Auch bei der Nahwärme selbst ist die Nutzung regenerativer Energiequellen (Abwärme, Umweltwärme, Biomasse etc.) entscheidend.

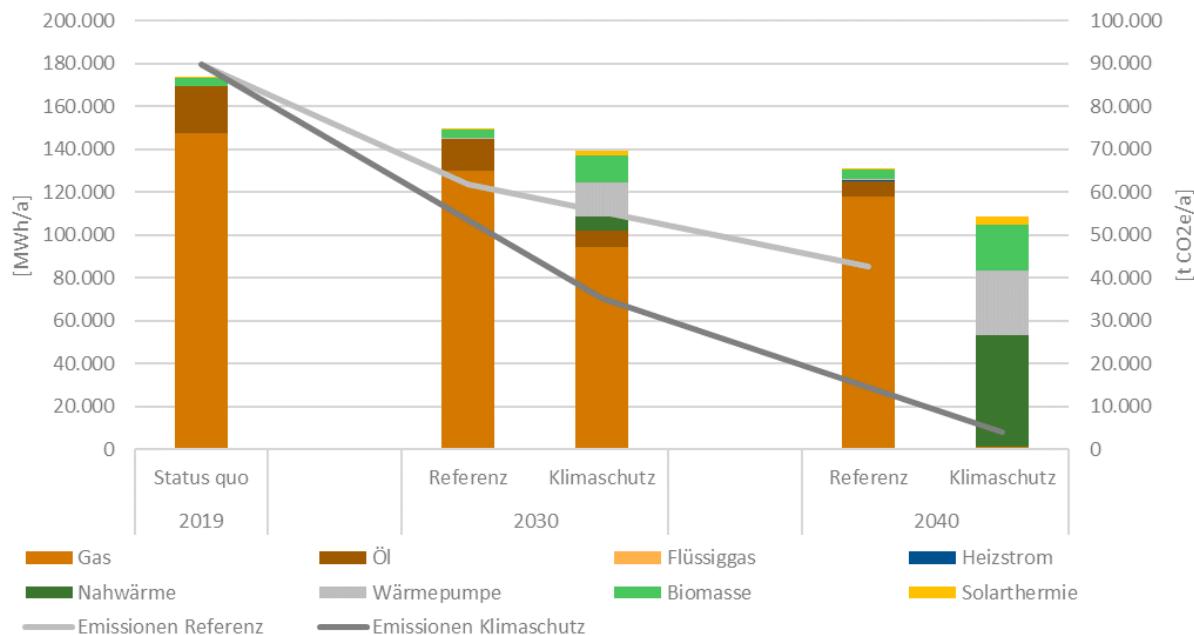


Abbildung 42: Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im GHD-Sektor nach Szenarien

### 3.2.13.3 Industrie

Im industriellen Sektor wird bis **2040** eine **Emissionsreduktion um 8 % im Referenzszenario und um 93 % im Klimaschutzszenario** erreicht. Für 2030 wird im Referenzszenario eine Emissionsreduktion um 4 % und im Klimaschutzszenario um 42 % erwartet. Relevant sind dafür insbesondere Effizienz- und Einsparmaßnahmen und eine Umstellung der Energieträger. Hierbei kommt sowohl die verstärkte Nutzung von Strom für prozessbedingte Energieverbräuche sowie Wasserstoff zum Tragen. Daneben sind sowohl Wärmepumpen als auch Nahwärmelösungen notwendig.

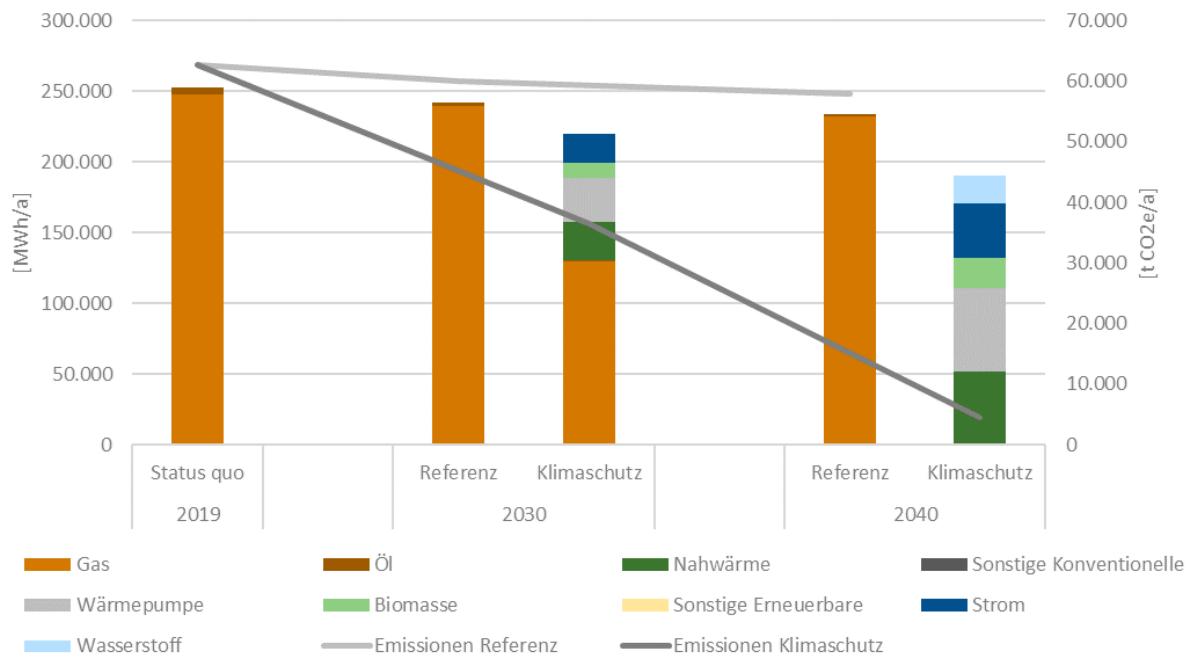


Abbildung 43: Entwicklung der Energieversorgung und Emissionen für Wärme im industriellen Sektor nach Szenarien

Um die dargestellten Veränderungen in der Stadt Bad Kreuznach zu realisieren, sind massive Umstrukturierungen in den kommenden Jahren erforderlich. Die weitere Sanierung der kommunalen Liegenschaften als Vorbildfunktion liegt innerhalb der direkten kommunalen Einflussmöglichkeiten und sollte zielgerichtet angegangen werden. Im Bereich der privaten Wohngebäude sind intensive Bewerbungs-, Informations- und Beratungsmaßnahmen notwendig, auch können Bebauungspläne und Empfehlungen beim Neubau wichtige Schritte von Seiten der Stadt sein. Insbesondere wird ein quartierspezifisches Vorgehen empfohlen. Im gewerblichen und industriellen Bereich wird ebenfalls auf Information gesetzt, einzelne Handlungsmöglichkeiten liegen in kommunalen Förderungen bzgl. energetischen Standards in Gewerbegebieten. Darüber hinaus sind bundesweite Entwicklungen bzgl. Fördermittel und weiteren Rahmenbedingungen relevante Einflussfaktoren.

### 3.3 Verkehrssektor

#### 3.3.1 Fuhrpark

Die Möglichkeiten zur klimafreundlichen Gestaltung kommunaler Dienstfahrten sind vielfältig. Durch die verstärkte Nutzung von Online-Meetings und der konsequenten Umsetzung wird die Anzahl der Dienstfahrten verringert. Der ÖPNV kann durch Anreize oder Vorgaben als das bevorzugte Fortbewegungsmittel für Dienstfahrten etabliert werden. Wo die Nutzung eines eigenen Fahrzeugs weiter erforderlich bleibt, ist die Nutzung alternativer klimafreundlicher Antriebe zu prüfen. Dies wird vielerorts bereits vorangetrieben. Während für Dienst-Pkws elektrische Alternativen eine gute Möglichkeit darstellen, bietet sich für leichte und schwere Nutzfahrzeuge der Umstieg auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge an. Es bestehen hierzu Fördermittel auf Bundesebene über den Umweltbonus von 4.500 € für die Preiskategorie bis 40.000 € Anschaffungspreis und 3.000 € für die Preiskategorie ab 40.000 €.<sup>103</sup> Ab 2024 werden die Förderungen weiter reduziert. Ein interessantes Pilotprojekt zur Umrüstung des kommunalen Fuhrparks ist z.B. die Strategie der Aachener Stadtverwaltung, welche Stand 2021 bereits 50% des eigenen Pkw-Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge umgerüstet hat, sowie mehrere Sonderfahrzeuge mit Elektro- oder Wasserstoffantrieb unterhält. Gleichzeitig wird für Dienstfahrten ein multimodales Konzept umgesetzt, welches eine Rangfolge zu nutzender Fortbewegungsmittel für Dienstfahrten vorsieht. Die Nutzung des eigenen Pkws ist dabei ausgeschlossen, nach den Alternativen ÖPNV oder elektrifizierter Fuhrpark ist die Nutzung der Fahrzeuge des lokalen Car-Sharing-Anbieters vorgesehen.<sup>104</sup>

Auch wenn die Hin- und Rückfahrten zum Arbeitsort der Beschäftigten der Stadt an dieser Stelle nicht miterfasst wurden, bietet die Erlaubnis von mobilem Arbeiten ein deutliches Potenzial zur Reduktion der täglich mit dem Pkw zurückgelegten Fahrten. Betriebliche Angebote wie Jobtickets für den ÖPNV, Bahnkarten für die Beschäftigten, die auch privat genutzt werden können und Jobräder sind weitere Optionen, um Anreize zur Nutzung klimafreundlicher Fortbewegungsmittel zu schaffen. Die Stadt Bad Kreuznach nutzt bereits die Möglichkeiten des Jobtickets, Jobräder befinden sich derzeit in Planung. Die Dominanz der fossilen Kraftstoffe neben verschiedenen Handlungsoptionen zeigt, dass beim kommunalen Fuhrpark ein großes Potenzial zur Emissionsreduktion besteht. Gleichzeitig bietet der Fuhrpark die Möglichkeit, als Vorbild für Bürgerinnen, Bürger und Unternehmen zu agieren und so andere Akteure ebenfalls zum Handeln zu motivieren.

<sup>103</sup> Es ist eine ungültige Quelle angegeben.

<sup>104</sup> Es ist eine ungültige Quelle angegeben.

### 3.3.2 Gesamtverkehr

Viele Verbraucher\*innen legen beim Kauf neuer Fahrzeuge Wert auf möglichst verbrauchsarme Modelle, nicht zuletzt aufgrund der hohen Kosten für die Kraftstoffe. Diesen Trend hat seit einigen Jahren auch die Automobilbranche erkannt. Dies hat zu Folge, dass viele Modelle auch als „Eco“-Variante angeboten werden – diese sind meist durch kleinere Motoren, ein geringeres Gewicht und demnach auch einen geringeren Kraftstoffverbrauch gekennzeichnet. Dem entgegenwirkend ist allerdings auch ein Rebound-Effekt zu beobachten: Schwere Pkw mit hoher Motorleistung und hohem Verbrauch (wie etwa SUVs) finden in den letzten Jahren zunehmend Verbreitung.

Darüber hinaus befindet sich auch die Fahrzeugtechnologie in einem Wandel – insbesondere bei Elektrofahrzeugen ist die Nachfrage seit Mitte 2020 deutlich angestiegen. Dazu gehören rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge, Plug-In-Hybride sowie Brennstoffzellenfahrzeuge. Der Hauptgrund für die erhöhte Nachfrage ist wohl vor allem die Einführung der Innovationsprämie am 08. Juli 2020. Damit wurde die Förderung beim Kauf von Elektrofahrzeugen von der Bundesregierung verdoppelt. Zusätzlich werden Forschungsvorhaben im Bereich der Elektromobilität sowie der Ausbau der Ladeinfrastruktur im öffentlichen und privaten Bereich gefördert. Um die Klimaziele des Bundes für 2030 zu erreichen, wird davon ausgegangen, dass der derzeitige Wert von einer Millionen Elektrofahrzeugen in Deutschland bis 2030 auf 14 Millionen erhöht werden muss.<sup>105</sup> In Zukunft wird der Elektromotor deutlich an Bedeutung gewinnen. Ab 2035 dürfen keine Verbrennungsmotoren, sondern ausschließlich emissionsfreie Pkw zugelassen werden. Sollte dieser Wandel mit den dazugehörigen Maßnahmen stattfinden, ist mit einer erheblichen Emissionseinsparung im Verkehrssektor zu rechnen.

In den einzelnen Szenarien werden Annahmen für die zukünftige Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs (MIV), des gewerblichen Verkehrs und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) getroffen. Diese werden aus der Studie „Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors“, welche durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit in Auftrag gegeben wurde, abgeleitet.<sup>106</sup> Ergänzt werden die Annahmen insbesondere im „Klimaschutzszenario“ durch Ergebnisse der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“.<sup>107</sup> Für die Analyse der Einsparpotenziale werden die Änderungen der Fahrleistungen von Pkw, ÖPNV, Lkw und LNF und die Anteile von E-Antrieben betrachtet. Es ergeben sich folgende Prognosen bis 2040.

<sup>105</sup> (BMWi, 2021)

<sup>106</sup> (Öko-Institut e.V, 2016)

<sup>107</sup> (Prognos, 2021)

Tabelle 11: Prognosen für die Fahrleistung im Verkehrssektor 2019-2030/2040

	2030		2040	
	Referenz	Klimaschutz	Referenz	Klimaschutz
<b>MIV: Änderung der Fahrleistung</b>	+ 8 %	- 5 %	+ 8 %	- 20 %
<b>ÖPNV: Änderung der Fahrleistung</b>	+ 3 %	+ 18 %	- 2 %	+ 23 %
<b>LKW: Änderung der Fahrleistung</b>	+ 22 %	+ 8 %	+ 47 %	+ 10 %
<b>LNF: Änderung der Fahrleistung</b>	+ 22 %	+ 18 %	+ 47 %	+ 37 %

Tabelle 12: Prognose für die Fahrzeugantriebe PKW im Verkehrssektor 2030/2040

	2030		2040	
	Referenz	Klimaschutz	Referenz	Klimaschutz
<b>Benzin</b>	50 %	43 %	15 %	35 %
<b>Diesel</b>	48 %	46 %	27 %	38 %
<b>Strom</b>	0 %	10 %	52 %	97 %

Tabelle 13: Prognosen für die Fahrzeugantriebe LKW im Verkehrssektor 2030/2040

	2030		2040	
	Referenz	Klimaschutz	Referenz	Klimaschutz
<b>Diesel</b>	98 %	86 %	32 %	69 %
<b>Strom</b>	0 %	7 %	47 %	19 %
<b>Wasserstoff</b>	0 %	1 %	16 %	6 %

Tabelle 14: Prognosen für die Fahrzeugantriebe LNF im Verkehrssektor 2030/2040

	2030		2040	
	Referenz	Klimaschutz	Referenz	Klima- schutz
<b>Benzin</b>	4 %	4 %	4 %	4 %
<b>Diesel</b>	94 %	82 %	44 %	72 %
<b>Strom</b>	0 %	8 %	46 %	19 %
<b>Wasserstoff</b>	0 %	0 %	0 %	0 %

Durch die getroffenen Annahmen verändern sich die Emissionen, wie in der folgenden Grafik dargestellt. Insgesamt ergibt sich im Referenzszenario bis 2030 eine moderate Zunahme der Emissionen (ca. 8.000 t CO<sub>2</sub>/a, d.h. 8 %), bis 2040 sinken die Emissionen auf ein ähnliches Niveau wie im Basisjahr 2019. Im Klimaschutzszenario würde unter den getroffenen Annahmen eine Reduktion bis 2030 um 38 % (36.700 t CO<sub>2</sub>/a) und bis 2040 eine Senkung um 89 % (85.700 t CO<sub>2</sub>/a) erreicht werden.

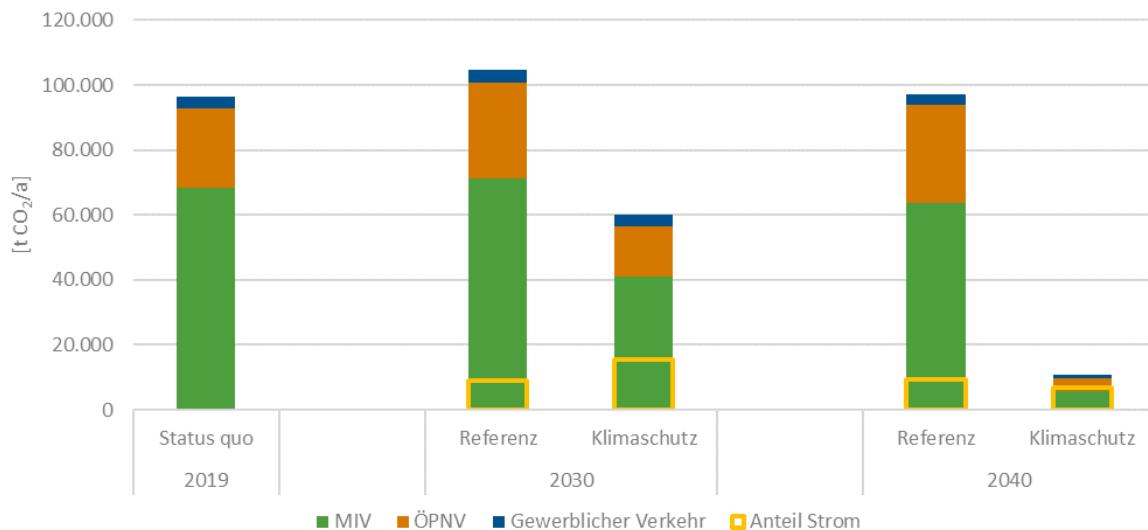


Abbildung 44: Entwicklung der Emissionen im Verkehrssektor (Status quo und Zukunftsszenarien in 2030/2040)

Die Analyse des gesamten Verkehrssektors verdeutlicht, dass ein enormer Handlungsbedarf, jedoch auch großes Emissionsreduktionspotenzial besteht. Über die Umstellung auf den E-Antrieb und Verkehrsvermeidung kann jedoch ein relevantes Potenzial ausgeschöpft werden.

Um klimafreundliche Veränderungen zu realisieren sind auch bundesweite Entwicklungen im Bereich der Förderung, der rechtlichen Rahmenbedingungen und weiterer Anreize sowie Verbote (fossil phase out) notwendig. Insbesondere der Verkehrssektor ist ein Bereich, der zu einem Großteil nur überregional umstrukturiert werden kann, da ein entsprechendes Versorgungsnetz (Tankstellen, Streckennetz etc.) vorhanden sein muss.

Nicht zu vergessen ist jedoch auch der Einfluss der Verhaltensänderungen der Bevölkerung. In der Summe über alle Einwohner\*innen tragen auch kurze Wege, wie die tägliche Fahrt zur Arbeit oder die regelmäßig zurückgelegte Strecke zum Supermarkt, einen großen Anteil am Verkehrsaufkommen der Stadt bei. Einige davon können mittels des Umweltverbunds, d.h. mit dem ÖPNV, per Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden, um Emissionen zu vermeiden. Hier können Verbesserungen der Rad- und Fußwege sowie des ÖPNV und gezielte Bewerbung einen positiven Effekt erzielen.

Es gibt nur selten perfekte Lösungen mit denen alle Anlieger zufrieden sind, daher ist bei Mobilitätsprojekten eine gute Beteiligung und Öffentlichkeitsarbeit wichtig.

### 3.4 Zusammenfassung der Potenziale

In diesem Abschnitt wird untersucht, wie sich die Potenziale der einzelnen Sektoren Strom, Wärme und Verkehr auf die Treibhausgasbilanz in der Stadt auswirken. Abbildung 45 stellt die Treibhausgasbilanz des Status quo und der einzelnen Szenarien dar. **Bis 2030** kann im **Referenzszenario** eine **Emissionsreduktion von 16 %** und im **Klimaschutzszenario von 56 %** erreicht werden. **Bis 2040** kann im **Referenzszenario** ein Anteil der Emissionen von **29 %** und im **Klimaschutzszenario von 94 %** eingespart werden. Es ist zu beachten, dass der Stromverbrauch für E-Mobilität dem Sektor Verkehr zugeordnet ist.

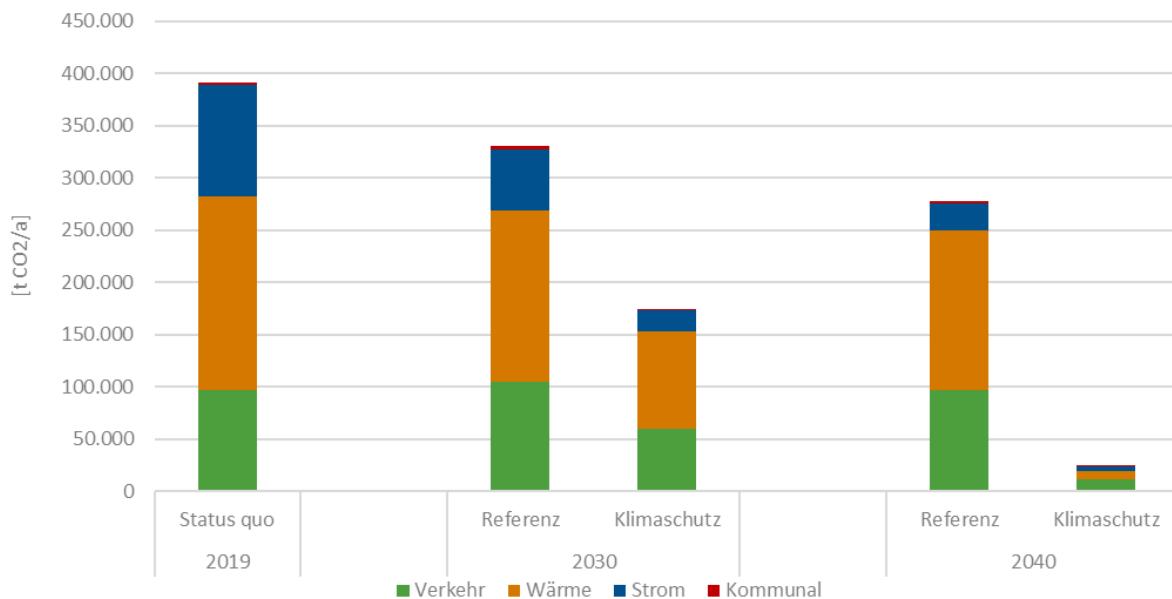


Abbildung 45: Gesamtemissionen nach Sektoren und Szenarien

Die Abbildung zeigt, dass in den meisten Sektoren (Verkehr, Wärme, Strom) große Einsparpotenziale bestehen. Um eine Verbesserung des Bundesstrommixes zu erreichen, sind jedoch lokale Aktivitäten zum Ausbau der regenerativen Stromerzeugung essenziell und in den Szenarien vorgesehen. Im Wärmesektor sind deutliche Einsparungen insbesondere durch Maßnahmen zur Steigerung der Sanierungsrate als auch der verstärkten Nutzung von Umweltwärme, Biomasse und Nahwärme sowie die Umstellung auf Strom und Wasserstoff zur Prozesswärmeherstellung im industriellen Sektor ausschlaggebend. Im Verkehrssektor sind die wichtigsten Stellschrauben die lokale Verkehrsvermeidung, der Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs sowie der Umstieg auf alternative Kraftstoffe, bei dem bundesweite Entwicklungen einen deutlichen Einfluss haben.

Abbildung 46 zeigt außerdem die Verteilung der Emissionen nach Verbrauchergruppen und Szenarien.

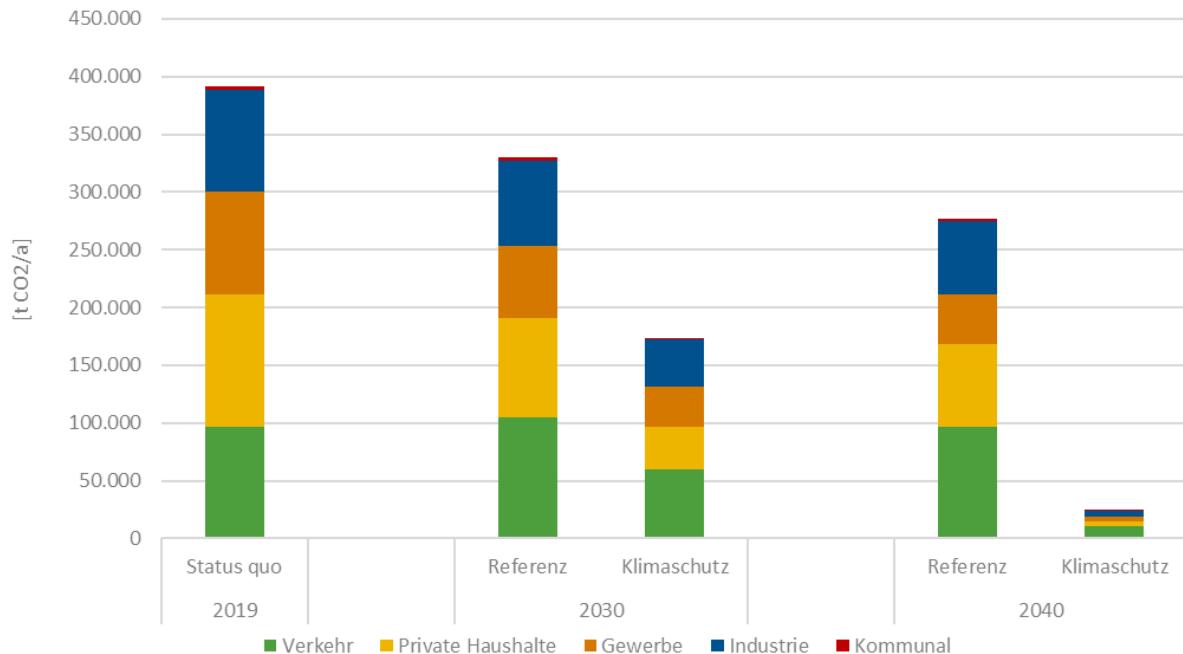


Abbildung 46: Gesamtemissionen nach Verbrauchergruppen und Szenarien

Die dargestellten Szenarien zeigen, dass für eine Treibhausgasneutralität überaus ambitionierte Maßnahmen und das Engagement aller Akteure notwendig ist. Wird der Klimaschutz aktiv angegangen, sind deutliche Emissionsminderungen möglich. Hierzu sind folgende Punkte zu beachten: Zum einen können nach BISKO-Standard, welcher zur Erstellung von kommunalen Energie- und Treibhausgasbilanzen anzuwenden ist, Ökostrom und Emissionssenken derzeit nicht angerechnet werden. Der Standard befindet sich jedoch in Überarbeitung. Zum anderen beruhen die getroffenen Annahmen auf den derzeit bestehenden Rahmenbedingungen. Gesetzliche Regelungen und Pflichten sowie technologische Verbesserungen und die Entwicklung neuer technischer Möglichkeiten können wichtige Parameter zur Zielerreichung grundlegend verbessern.

### 3.4.1 Reduktionspfad hin zur Klimaneutralität

Um den zeitlichen Rahmen für das beschlossene Ziel der Klimaneutralität für die Stadt Bad Kreuznach bis 2040 zu betrachten, wird im Folgenden ein möglicher Emissionsreduktionspfad dargestellt. Er basiert auf dem erstellten Klimaschutzszenario. Folgende Abbildung stellt die als linear angenommene Reduktion bis zum Zieljahr 2040 nach Sektoren aufgeschlüsselt dar.

Die Grundannahme für die Berechnungen betrifft die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf. Vom derzeitigen Stand 7,6 t pro Kopf wird eine Reduktion bis auf 3,8 t pro Kopf angestrebt. Daraus resultiert für 2030 das Zwischenziel einer Emissionsreduktion um 49 % ausgehend von 2019. Demnach würde die Stadt jährlich ca. 9.400 t CO<sub>2</sub> reduzieren müssen, um das Klimaneutralitätsziel 2040 rechtzeitig zu erreichen. Dies kann durch eine Emissionsreduktion von jährlich 4.500 t CO<sub>2</sub> im Wärmesektor, 2.600 t CO<sub>2</sub> im Stromsektor und 2.300 t CO<sub>2</sub> im Verkehrssektor erreicht werden.

## Potenzialanalyse

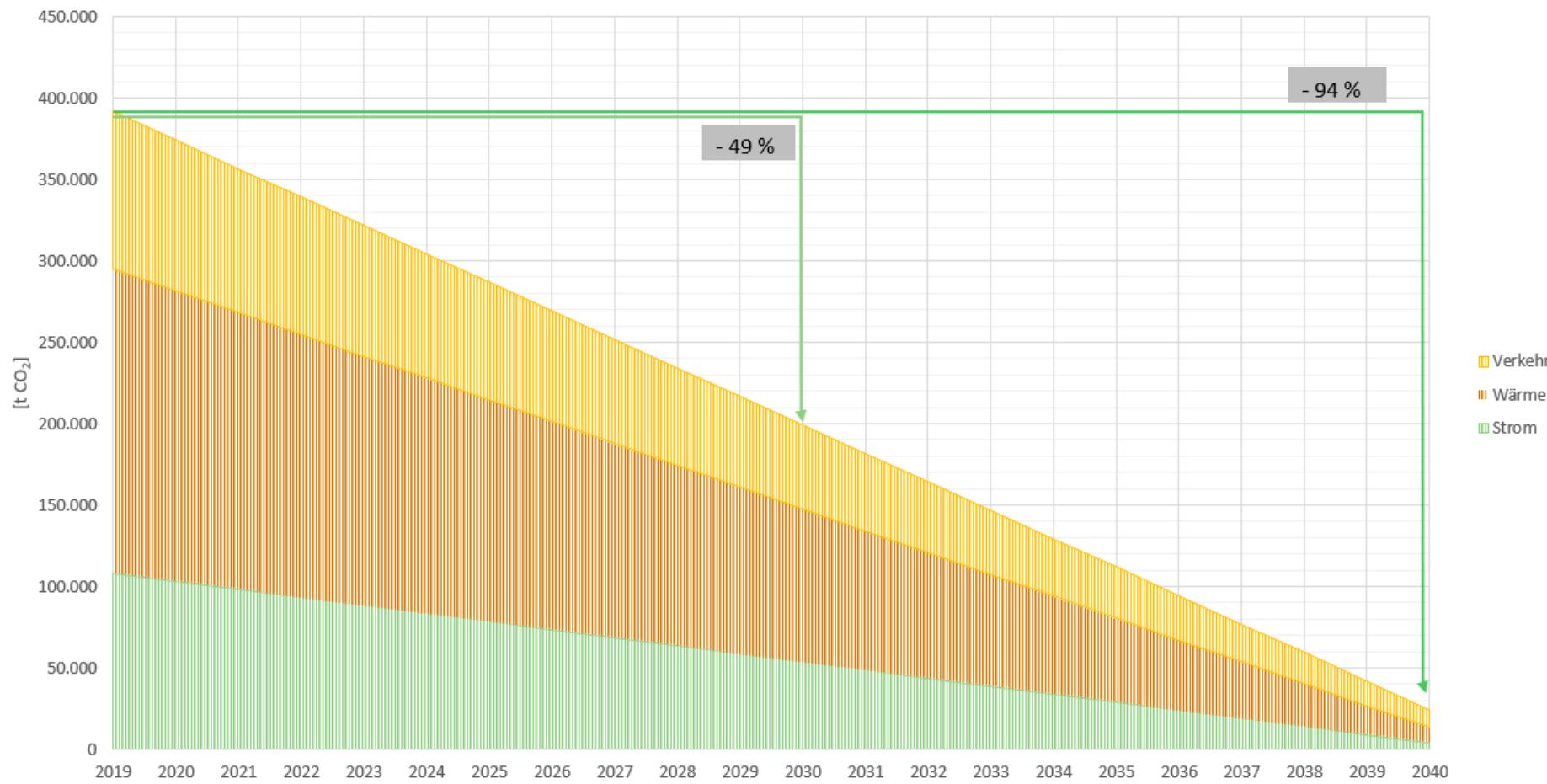


Abbildung 47: Linearer Emissionsreduktionspfad bis 2040 für die Stadt Bad Kreuznach

Die Angaben zu den benötigten Reduktionen je Verbrauchergruppe lassen sich wie folgt abbilden:

Tabelle 15: Übersicht der jährlichen Emissionsreduktionen angesichts des angestrebten Ziels Klimaneutralität 2040 je Verbrauchergruppe

Verbrauchergruppe	Tonnen CO <sub>2</sub> pro Jahr
Private Haushalte	2.742
Gewerbe	2.147
Industrie	2.110
Verkehr	2.313

Aufbauend auf vorhandenen Daten zu den Emissionen im Verkehrssektor zeigt sich, dass der motorisierte Individualverkehr (MIV) für einen Großteil der Verkehrsemissionen verantwortlich ist. Wird die obengenannte jährliche Emissionsreduktion des Verkehrs auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien heruntergebrochen, müssten die Emissionen des MIVs jährlich um rund 1.600 t CO<sub>2</sub>, die Emissionen des gewerblichen Verkehrs um rund 600 t CO<sub>2</sub> und die Emissionen des ÖPNVs um rund 100 t CO<sub>2</sub> reduziert werden.

Der lineare Reduktionspfad dient als Orientierungshilfe für das zukünftige Controlling der Klimaschutzmaßnahmen, die reale Entwicklung wird voraussichtlich nicht annähernd so linear verlaufen und andere Reduktionspfade sind möglich. Je stärker die Reduktionen zu Beginn sind, desto weniger muss in den Folgejahren an zusätzlichen Maßnahmen erfolgen. Gleichzeitig reduziert sich die Gesamtsumme der Emissionen bis 2040 deutlich. Hier ist auf das theoretische „Restbudget“ an Emissionen zu verweisen.

Der Ansatz des „Restbudgets“ an Emissionen ist ein anschauliches Bild für den dringenden Handlungsbedarf im Bereich des Klimaschutzes. Das IPCC (Intergouvernemental Panel on Climate Change) hat Zahlen zum weltweiten Restbudget an Emissionen zur Erreichung der Klimaziele veröffentlicht. Danach bleiben global ab 2018 noch 800 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> (für einen Temperaturanstieg von maximal 1,75°C und einer Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung von 67 %), die maximal emittiert werden dürfen, um das Klimaschutzziel nicht zu verfehlen. Für Deutschland entspricht dies, gemessen am Anteil der Weltbevölkerung, einer Restmenge von 6,1 Mrd. Tonnen ab 2020. Für die Stadt Bad Kreuznach ergibt sich daraus – ermittelt über pro Kopf-Werte und die Zahl von ca. 51.000 Einwohnerinnen und Einwohnern – ein Restbudget von rund 4.087.000 Tonnen CO<sub>2</sub>. Das entspricht einem Durchschnittswert pro Jahr von rund 194.000 Tonnen bis 2040. Im Vergleich dazu liegen die derzeitigen Emissionen bei rund 391.000 t CO<sub>2</sub> (Stand 2019). Wie die Abbildung darstellt, ist das Restbudget für die Stadt Bad Kreuznach bei Fortführung des aktuellen Emissionsniveaus bereits Ende 2029 aufgebraucht.

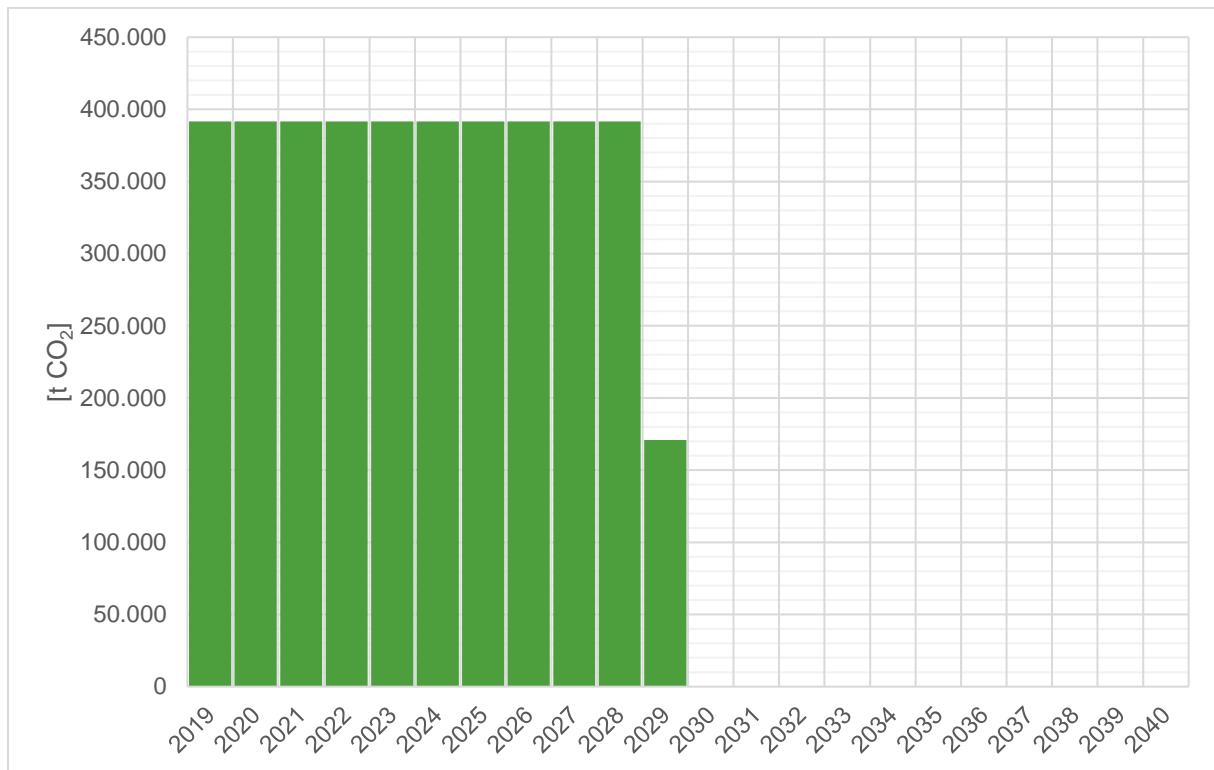


Abbildung 48: Darstellung des CO<sub>2</sub>-Restbudgets zur Erreichung des 1,75° Ziels mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 % bei gleichbleibenden jährlichen Emissionen (Niveau 2019)

### 3.5 Leitlinien der Potenzialanalyse

Aus der vorliegenden Potenzialanalyse wurden konkrete Leitlinien abgeleitet, die für die Stadt Bad Kreuznach als richtungsweisend für das zukünftige Handeln für den Klimaschutz gesehen werden. Sie bilden die Basis des im Anschluss folgenden praxisorientierten Maßnahmenkatalogs.

- 1. Leitlinie: Die Anforderungen für die Erreichung von Klimaneutralität bis 2040 gehen über leichte Anpassungen des lokalen Handelns deutlich hinaus. Klimaneutralität erfordert (neben verbesserten Rahmenbedingungen auf überörtlicher Ebene) eine große organisatorische Leistung vor Ort.**
- 2. Leitlinie: Für den Wärmesektor erscheint ein Ausbau von Wärmepumpen, der Ausbau und ökologische Umbau der Nahwärme sowie die energetische Sanierung des Gebäudebestands als zentrale technische Hebel. Die ökologischen Aspekte der großflächigen Nutzung von Biomasse lassen sich hinterfragen. Solarthermie und Kraft-Wärme-Kopplung spielen demgegenüber eine untergeordnete, allerdings immer noch wichtige Rolle. Die für finanzschwache Kommunen zu 100%ig förderfähige Kommunale Wärmeplanung (Stand 2023) ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung der Wärmeversorgung im Kreuznacher Stadtgebiet, wodurch Synergieeffekte zugänglich gemacht werden und die Kompatibilität sowie Erweiterbarkeit von Anlagen gegeben ist. Aus diesen Gründen sollte die Beantragung der Fördergelder hohe Priorität bei der Stadtverwaltung haben.**
- 3. Leitlinie: Im Verkehrssektor sollte eine Verringerung des Verkehrsaufkommens oberste Priorität haben. Nur durch diese Maßnahme wird die Energiemenge die für den Verkehrssektor aufgebracht werden muss, verringert. Zum einen sollten die Wege in der Stadt kurz sein und zum anderen müssen das Fahrrad und der ÖPNV echte Alternativen zum Auto darstellen (günstiger UND schneller). Ein sicheres, zusammenhängendes Radwegenetz ist daher genauso wichtig wie ein eng getakteter, auf die Bahn abgestimmter ÖPNV und weitere Ergänzungsbiete wie ein Rufbus oder eine Nachtlinie. Die verstärkte Nutzung von Elektrofahrzeugen (Batterie, für Lkws, auch Oberleitungen) und synthetischer Kraftstoffe soll die Fahrten so klimaneutral wie möglich machen, die nach wie vor mit motorisierten Individualfahrzeugen erledigt werden müssen.**
- 4. Leitlinie: Für den Stromsektor ergibt sich durch die Elektrifizierung erheblicher Teile des Wärme- und Verkehrssektors ein deutlich erhöhter Bedarf. Um auf der Gemarkung von der Stadt Bad Kreuznach zumindest annähernd die Hälfte des künftigen Strombedarfs bilanziell selbst zu produzieren, bedarf es eines starken Ausbaus von Dach- und Freiflächen-Photovoltaik. Eine echte Klimaneutralität lässt sich höchstwahrscheinlich nur mit Windkraftanlagen erreichen daher sollten hier alle Möglichkeiten geprüft werden.**
- 5. Leitlinie: Die Stadt Bad Kreuznach kann zur Erreichung des Klimaneutralitätsziels sowohl in Bezug auf die eigenen Liegenschaften und den Fuhrpark aktiv werden als auch mit Maßnahmen zur Planung, Information und Beratung sowie als Energieanbieterin (Stadtwerke).**
- 6. Leitlinie: Die Analyse der kommunalen Liegenschaft hat eine große Informationslücke bei den Gebäude- und Verbrauchsdaten offenbart. Um den kommunalen Verbrauch systematisch und effizient zu senken braucht es eine gute Datengrundlage anhand dessen man die Maßnahmen zu den Gebäuden priorisieren kann. Diese Informationsgrundlage zu erstellen sollte Priorität sein.**

## 4 Akteursbeteiligung

Der Fokus bei den Beteiligungsformaten lag und liegt insbesondere auf der Zivilgesellschaft und den vielen Initiativen, Vereinen und Ehrenamtlichen Bürgerinnen und Bürgern, die sich bereits für Kreuznacher Klimaschutz einsetzen, und ebenfalls auf den Kommunalpolitikern, die maßgeblich die Entwicklung der Stadt mitbestimmen. Die jeweiligen Forderungen der beiden Gruppen zu einem Themengebiet können sich überschneiden oder auch widersprechen und hier versucht das Klimaschutzmanagement zu vermitteln um die Forderungen beider Gruppen so gut es geht im Klimaschutzkonzept zu berücksichtigen. Daher sind die Beteiligungswerzeuge nicht nur für eine gerechte Schwerpunktsetzung wichtig, sondern genauso bei der Umsetzung von Maßnahmen, um Widerstände in Akteursgruppen zu erkennen und abzubauen. Die geschaffenen Strukturen sollen daher auch nach der Fertigstellung des Klimaschutzkonzepts weitergeführt werden. Eine Zusammenarbeit mit Gewerbetreibenden und der Industrie ist meistens komplexer, langfristiger und wurde im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes noch nicht angestoßen. Dennoch ist diese Gruppe äußerst wichtig für ein klimaneutrales Bad Kreuznach und soll so schnell wie möglich in die Klimaschutzpläne der Kommune eingebunden werden. An dieser Stelle gibt es allerdings noch keine Ausführungen dazu.

### 4.1 Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsveranstaltungen

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurden in den Jahren 2022/23 insgesamt drei Informationsveranstaltungen organisiert und durchgeführt. Bei der Planung waren ehrenamtlich organisierte Klimaschutzinitiativen aus Bad Kreuznach maßgeblich beteiligt.

Die *Klimagemeinschaft Bad Kreuznach* ist ein zentraler Zusammenschluss vieler Initiativen, ohne eingetragene Organisationsform und dient hauptsächlich der Vernetzung von Klima- und Umweltschützern. Für das Klimaschutzmanagement ist diese Initiative ein gut erreichbarer Ansprechpartner. Unter anderem sind dort die Regionalgruppierungen von *Fridays for Future*, *Omas for Future*, *VCD*, *NABU* und *Greenpeace* vertreten, als auch eigens in Kreuznach entstandene Gruppen und Initiativen wie die *City-Kirche Naherbaum*, die *Lebensnahe Initiative* oder das *Regionalbündnis Soonwald-Nahe*. Über diese Gemeinschaft konnte der Klimaschutzmanager schnell Reichweite aufbauen und Unterstützung generieren.



Abbildung 49: Rudolf Rohrbacher auf dem Klimaaktionstag 2022

Die erste Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes war der **Klimaaktionstag** am 07. Mai 2022. Der von der Klimagemeinschaft initiierte Tag wurde durch die Stadt (insbesondere den

Klimaschutzmanager) unterstützte und diente von städtischer Seite als Auftaktveranstaltung im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes. Neben einem Informationsstand zum Klimaschutzkonzept und allem was dazugehört wurde ein einfacher Workshop durchgeführt, bei dem es um eine erste Ideensammlung ging.

Die zweite Veranstaltung des Klimaschutzmanagements war der **Park[ing]-Day** am 17. November 2022. In Bad Kreuznach ist dieser Aktionstag aus der Woche der Mobilität seit 2018 eine wiederkehrende Veranstaltung, die auf den großen Flächenbedarf des ruhenden Verkehrs aufmerksam machen möchte. Auch in Bad Kreuznach lässt sich dieses Problem erkennen: Im innerstädtischen Bereich steht für den MIV viel Fläche zur Verfügung, während es dort kaum Grünflächen und Stadtnatur gibt. Besonders kritisch ist der Neuruppiner Parkplatz im Herzen von Bad Kreuznach zu bewerten. Der Parkplatz ist bis auf vier kleine Zufahrtswege gänzlich von hohen Wohnhäusern umgeben, fast komplett versiegelt, die Zufahrt für PKW ist umständlich und es herrscht ständiger Parksuchverkehr obwohl ein Parkhaus in direkte Nähe besser zu erreichen ist. Daher wurde 2022 der Park[ing]-Day auf dem Neuruppiner Parkplatz veranstaltet, mit dem Erfolg, dass bereits wenige Monate später sechs Bäume gepflanzt wurden und teilweise wasserdurchlässiges Pflaster eingesetzt wurde.



Abbildung 50: Modell der Kunstwerkstatt wie es auf dem Neuruppiner Parkplatz aussehen könnte - mit mehr Stadtgrün. Aktion im Rahmen des Park[ing]-Day 2022

Als dritte Veranstaltung am 22.04.2023, organisierten die Omas-for-Future den **Zukunftstag** in Bad Kreuznach. Der Klimaschutzmanager war Teil des Organisationsteams und kümmerte sich um die städtische Beteiligung und Unterstützung. Die Veranstaltung diente dem Klimaschutzmanagement als Informationsveranstaltung um die Ergebnisse aus Bilanzierung und Potenzialstudie für Bad Kreuznach öffentlich zu präsentieren.

Um Bürgerinnen und Bürgern bereits bei der Erstellung des Klimaschutzkonzeptes Einflussmöglichkeiten einzuräumen, wurden im Frühjahr 2023 zwei Beteiligungsformate durchgeführt: Das **Bürgerforum** fand am 28.03.2023 statt und insgesamt waren über 30 Bürgerinnen und Bürger anwesend, die sich insgesamt mehr als 150 Maßnahmenvorschläge einfallen ließen. Neben einem zusammenhängenden Radwegenetz und Unterstützung bei der Gründung einer Bürgerenergiengemeinschaft wurden Klimaanpassungsmaßnahmen – insbesondere mehr Entsiegelung und Stadtgrün – als die dringlichsten Maßnahmen aus der Bürgerschaft identifiziert.

Eine sehr breit beworbene **Online-Umfrage** konnte weitere 577 Bad Kreuznacher Stimmen zum Klimaschutz einfangen. Die Gesammelten Informationen dienen zum einen um weitere Maßnahmen zu identifizieren und zum anderen um deren Umsetzung zu priorisieren. Die Auswertung der Umfrage befindet sich im Anhang des Klimaschutzkonzeptes.

## 4.2 Klimaschutzkommission

Die Klimaschutzkommission ist eine Arbeitsgruppe, die aus Vertretern der Kommunalpolitik und dem Klimaschutzmanagement besteht. Die ersten drei bereits durchgeführten Sitzungen dienten der Vorbesprechung des Maßnahmenkatalogs aus dem Klimaschutzkonzept. Dadurch sollte die Mitbestimmung und in der Folge die Akzeptanz der Kommunalpolitiker für das Klimaschutzkonzept erhöht werden, um einen positiven Beschluss zu gewährleisten.

In der ersten Kommissionssitzung wurde die Energie- und Treibhausgasbilanz von Bad Kreuznach vorgestellt und die städtischen Potenziale zur erneuerbaren Energieerzeugung und zum Energiesparen diskutiert. Außerdem wurde über den Teil des Maßnahmenkatalogs diskutiert, der den verwaltungsinternen Klimaschutz betrifft, wie z.B. das Einführen eines Energiemanagementsystems oder die Ausstattung kommunaler Dachflächen mit Photovoltaik. Die zweite Sitzung der Klimaschutzkommission beschäftigte sich mit dem zentralen Thema „Energie“. Es wurden mögliche Ansatzpunkte aus der Potenzialstudie vorgestellt und sinnvolle Maßnahmen daraus abgeleitet. In der dritten Kommissionssitzung lag der Fokus auf dem Thema „Mobilität“, sodass innerhalb der drei Veranstaltungen die wichtigsten Themengebiete und Maßnahmen besprochen werden konnten.

Nachdem das Klimaschutzkonzept beschlossen wurde, soll die Klimaschutzkommission weitergeführt und zu einem offiziellen Gremium werden. Die Gründung eines Beirates ist ohnehin vom Stadtrat beschlossen und Pflichtaufgabe in der Umsetzungsphase des Klimaschutzkonzeptes. Die Klimaschutzkommission wird in regelmäßigen Abständen die Umsetzung der Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept besprechen, ggf. Anpassungen bei der Vorgehensweise bestimmen oder auch die Aufgaben ggf. neu priorisieren.

## 5 Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog hat auf Grund der volatilen Situation rund um das Thema Klimaschutz eine kurzfristige Ausrichtung. Die geringe Zukunftssicherheit kommt auf der einen Seite durch den Ukrainekrieg und den in der Folge angespannten Energiemarkt zustande und auf der anderen Seite durch die intensivierte Klimaschutzarbeit auf Bundesebene, wodurch die rechtlichen Grundlagen und Fördermöglichkeiten ebenfalls recht kurzfristig angepasst werden.

Der Maßnahmenkatalog soll daher immer wieder aktualisiert werden - gemeinsam durch das Klimaschutzmanagement und die Kommunalpolitiker im Rahmen der Klimaschutzkommission. An dieser Stelle laufen die Rahmenbedingungen (Gesetze und Förderungen), die Datengrundlagen und die Diskussionsrunden ohnehin zusammen. Es gibt neben dem Maßnahmenkatalog noch eine lose Ideensammlung, die potenzielle mittel- bis langfristige Klimaschutzprojekte darstellen, die kurzfristig aber nicht realisiert werden können wie z.B. Windkraftanlagen im Bad Kreuznacher Stadtgebiet.

### 5.1 Organisatorisches und vorgelagerte Maßnahmen

In diesem Kapitel werden Maßnahmen vorgestellt, die den Grundstein für weitere Arbeiten legen:

- 1 Klimaschutzstrukturen in der Verwaltung
- 2 Mittelbindung
- 3 Koordination Fördergelder (insbesondere KIPKI)
- 4 Koordination IVEK
- 5 Koordination Planungsleitsätze

### 5.2 Energieerzeugung und –effizienz

- 1 PV- Offensive Grundlagen
- 2 PV-Offensive Kommunal
- 3 PV-Offensive Bürger
- 4 PV-Offensive HGDI
- 5 Bürgerenergiegemeinschaft
- 6 Aufbau Energiemanagement
- 7 Beauftragung der kommunalen Wärmeplanung
- 8 Sanierung der kommunalen Liegenschaften
- 9 Umsetzung Potenzialstudie Abwasserbetriebe

### 5.3 Mobilität

- 1 Aufbau zusammenhängendes Radwegenetz
- 2 Senkung der MIV-Kilometer

### 5.4 Stadtgrün und Klimafolgenanpassung

- 1 Klima- und Gesundheitspark
- 2 Entsiegelung und Grünflächen in der Innenstadt

### 5.5 Nachgelagert Maßnahmen

- 1 Windkraft und Freiflächen-PV auf Bad Kreuznacher Boden
- 2 Ausbau E-Ladeinfrastruktur
- 3 Sanierung der Bestandsgebäude: Beratung, Vernetzung und Förderung (Sanierungs-Offensive)
- 4 Aufbau eines Wärmenetzes
- 5 Sanierungsmanagement
- 6 Stadtwerke als Klimaschutz-Dienstleister

## 5.6 Zusammenfassung

In der Präsentation aus der Klimapolitischen Mittagspause vom 24.05.2023 lassen sich potente Ansatzpunkte für Klimaschutz erkennen. Der Maßnahmenkatalog priorisiert – soweit sinnvoll - die größten Potenziale die 2023 vom Umweltbundesamt festgestellt wurden:

- Windkraft soll ermöglicht werden
- PV-Offensive ist die größte Maßnahme,
- Sanierung soll basierend auf der kommunalen Wärmeplanung vorangetrieben werden (Steuerung wo saniert wird, um Voraussetzungen für Wärmenetze zu schaffen)
- (Fern)wärmenetze basierend genauso auf kommunaler Wärmeplanung
- Parkraummanagement + Radwegenetz + ÖPNV ist das Mobilitätspaket

An dieser Darstellung wird deutlich, dass der Maßnahmenkatalog aus dem Konzept auf die größten Potenziale ausgerichtet ist, um möglichst schnell messbare Erfolge zu erreichen und um die Klimaschutzwirkung für die gegebenen Mittel (Personal und Finanzen) zu optimieren.



30.05.23

*Quelle: Eigene Darstellung nach Umweltbundesamt 2023*

Abbildung 51: Klimaschutzzpotenzial ausgewählter Maßnahmen im kommunalen Klimaschutz (UBA)

## 6 Verstetigungsstrategie

Klimaschutz ist eine Querschnittsaufgabe, daher ist eine Anbindung des Klimaschutzmanagements an alle weiteren relevanten Ämter und städtische Gesellschaften wichtig. Ziel ist es, dass die Arbeits- und Kommunikationsstrukturen innerhalb der Verwaltung mit der Zeit so angepasst werden, dass Klimaschutz an den relevanten Stellen Beachtung findet, verbindlicher wird und auch Mittel für die Umsetzung zur Verfügung stehen. Um das Ziel zu erreichen gibt es mehrere Ansatzpunkte, die erst gleichzeitig ihre volle Wirkung entfalten: Zusätzliches Personal für Klimaschutzanliegen in den Abteilungen, Ansprechpartner bei den relevanten kommunalen Gesellschaften, die Klimaschutzkommision als festes Gremium, eine Mittelbindung für Klimaschutzmaßnahmen und gutes Wissensmanagement sind die zentralen Punkte aus dem Maßnahmenkatalog mit deren Hilfe der Klimaschutz in Bad Kreuznach verstetigt werden soll. Ein wichtiger Grundstein zur Verstetigung wurde Anfang 2023 mit dem Beitritt zum *komunalen Klimapakt* gelegt. Mit der vom Stadtrat abgesegneten Beitrittserklärung stimmt die Stadt Bad Kreuznach den Klimaschutzzieilen des Landes Rheinland-Pfalz zu. Damit wurde das Ziel des Klimaschutzkonzeptes vordefiniert und gleichzeitig die Verbindlichkeit hin zu klimafreundlichen Entscheidungen erhöht.

In den folgenden Maßnahmensteckbriefen wurden die Punkte bereits näher erläutert:

- *O-1: Klimaschutzstrukturen in der Verwaltung*
- *O-2: Mittelbindung*
- *O-3: Wissensmanagement*

## 7 Klimaschutzcontrolling

Ein Klimaschutzcontrolling ist für die Erfolgsüberwachung von Klimaschutzmaßnahmen in der Umsetzung unabdingbar. Es macht Erfolge sichtbar und hilft, etwaig auftretende Probleme frühzeitig zu erkennen und zu korrigieren. Mit folgendem System soll die Umsetzung des Kreuznacher Klimaschutzkonzeptes quantifiziert und kontrolliert werden:

Die Projekt- bzw. Maßnahmenverantwortlichen dokumentieren halbjährlich den aktuellen Stand der Maßnahmen und melden diesen dem Klimaschutzmanagement - insbesondere bei Planabweichungen. Dabei werden neben der Umsetzung der Handlungsschritte und Erreichung der Meilensteine auch die tatsächlichen Kosten und Arbeitsaufwände abgefragt. Die Steckbriefe der einzelnen Maßnahmen beinhalten Informationen zu maßnahmenspezifischen Erfolgsindikatoren, welche während des Umsetzungsprozesses evaluiert und gegebenenfalls nachjustiert werden sollen. Eine besondere Maßnahme bildet das Energiemanagementsystem, welches das zentrale verwaltungsinterne Controllingwerkzeug (für die kommunalen Liegenschaften) darstellt. Das System soll die städtischen Verbräuche für Strom und Gas erfassen und verarbeiten. Es könnte mittelfristig um die Energieverbräuche des kommunalen Fuhrparks erweitert werden, um den Energiebedarf der Verwaltung ganzheitlich darzustellen. Anhand der Daten lassen sich durch den Vergleich mit Richtwerten Optimierungspotenziale erkennen, quantifizieren und gegeneinander abwägen.

Der Klimaschutzmanager ist natürlich selbst auch ein Verantwortungsträger. Besonders am Anfang des Umsetzungszeitraums werden die meisten Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept vom Klimaschutzmanager betreut, das kann und soll sich aber mittel- bis langfristig ändern.

Die Fortschritte, Kennzahlen und Probleme der einzelnen Maßnahmen werden innerhalb den quartalsmäßigen Klimaschutzkommissionssitzungen vom Klimaschutzmanagement aufbereitet, vorgestellt und die Wirksamkeit<sup>108</sup> kann von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern diskutiert werden. An dieser Stelle sind Anpassungen möglich. Die Zusammenarbeit und insbesondere Kommunikation zwischen Klimaschutzmanagement und Klimaschutzkommission bildet den Kern des Controllingkonzeptes: Die Kommissionssitzungen werden auf ein Fokusthema ausgerichtet sein, denn nicht alle Maßnahmen aus dem Konzept können innerhalb einer einzigen Kommissionssitzung besprochen werden. Jede Maßnahme wird aber mindestens einmal pro Jahr thematisiert. Für aufwändige Projekte mit viel Koordinationsaufwand soll ggf. eine Projektgruppe oder Arbeitsgemeinschaft gegründet werden, die auch die Aufgabe des Berichterstatters erfüllt. Die Klimaschutzkommission ist den Projekt- und Arbeitsgruppen gegenüber nicht weisungsbefugt und kann nur an grundlegenden Stellen Einfluss nehmen, z.B. bei der Gründung. Mitglieder der Klimaschutzkommission können aber direkt als Beteiligte in den Arbeitsgruppen Einfluss nehmen.

Einmal pro Jahr wird dem Stadtrat in einem Bericht der Zwischenstand zum Integrierten Klimaschutzkonzept präsentiert.

Die Planung, Koordination und Kontrolle erfolgt gemeinsam durch Verwaltung und Politik, mit Hilfe der regelmäßigen Berichterstattung innerhalb der Kommission und des Stadtrates.

Über das Controllingkonzept werden die Klimaschutzerfolge (meistens THG-Einsparungen) sowie die finanziellen Einsparungen und Ausgaben nachverfolgt. Neben dem maßnahmenspezifischen Controlling (Bottom-up) ist eine mittel- bis langfristige Erfolgskontrolle über die Fortschreibung der Energie- und Treibhausgasbilanz vorgesehen, um in Zweijahresrhythmus Klimaschutzerfolge auf gesamtstädtischer Ebene sichtbar zu machen und die Erreichung der Klimaschutzziele nachzuverfolgen (Top-down).

<sup>108</sup> Die Wirkungskontrolle bezieht sich beim Klimaschutz meistens auf die Einsparung von Treibhausgasen, ansonsten ist die alternative Zielperspektive aus dem Maßnahmensteckbrief geeignet, um die Wirksamkeit festzustellen.

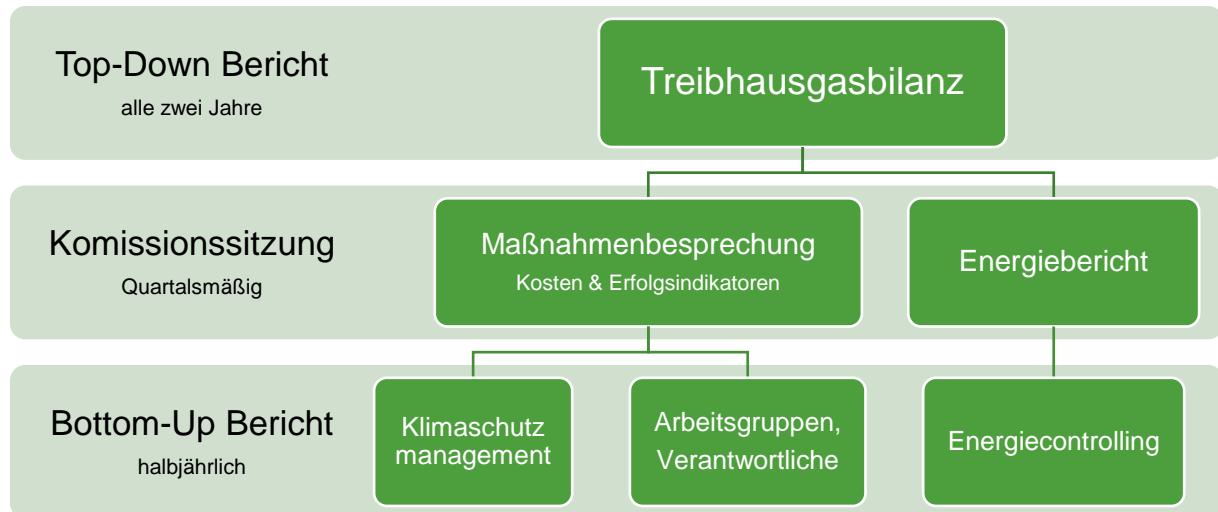


Abbildung 52: Schema des Controllingkonzepts

Der nachgelagerte Maßnahmenkatalog bildet die mittel- bis langfristige Ausrichtung des Klimaschutzkonzeptes und stellt den groben und noch nicht finalen Umsetzungsplan für die nächsten 10 Jahre dar.

## 8 Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie zum Kreuznacher Klimaschutzkonzept setzt sich aus mehreren Bausteinen zusammen. Übergeordnete Ziele der Strategie sind eine breite Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger zu ermöglichen und zu fördern, Transparenz zu schaffen was verwaltungsinterne Klimaschutzprojekte und -tätigkeiten angeht, gute und breit aufgestellte Informationen bereitzustellen und Beratungsangebote - insbesondere für Bürgerinnen und Bürger - anzubieten und weiterzuvermitteln. Ein untergeordnetes Ziel liegt darin, die festgefahrenen und aufgeheizten Debatte rund um das Thema Radwege, Elterntaxis und generell Kreuznacher Mobilität mit Fakten anzureichen und zu beruhigen.

### 8.1 Klimabüro Bad Kreuznach

Die Marke *Klimabüro* ist Teil der Kommunikationsstrategie und steht für Beratung, Unterstützung, Vernetzung und die administrativen Prozesse beim Klimaschutz innerhalb der Verwaltung. Das Büro ist eine zentrale und durch den Namen deutlich erkennbare Anlaufstelle für alle Fragen und Anregungen rund um das Thema Klimaschutz, insbesondere für interessierte Bürgerinnen und Bürger. Es schafft so mit einfachen Mitteln eine klare Zuständigkeit für Außenstehende. Das Klimabüro soll als Bindeglied zwischen der Kernverwaltung und den Anliegen von außen fungieren und diese Kommunikationsweg zunächst ermöglichen und anschließend - wenn sich mehrere Personen mit Themen rund um den Klimaschutz beschäftigen - verbessern und festigen.



Abbildung 53: Klimabüro Logo

Die Marke *Klimabüro* soll ggf. durch eine *Klimawerkstatt* oder ein *Klimalabor* ergänzt werden, welche(s) auf die Entwicklung von Klimaschutzprojekten gemeinsam mit anderen Akteuren ausgerichtet sein soll. Während das *Klimabüro* die Marke für das Klimaschutzmanagement darstellt, soll die *Klimawerkstatt* das Markenpendant im Rahmen der Beteiligung widerspiegeln. Durch das Marketing soll auf Themen rund um den Klimaschutz Aufmerksamkeit gelenkt werden, die kommunalen Anstrengungen sollen sichtbarer und bekannter werden und in der Folge - durch die klaren Strukturen und höhere Bekanntheit - könnte das die Beteiligung erhöhen.

### 8.2 Instrumente zur Information und Beratung

Ein wichtiges Instrument zur Information wird der Internetauftritt des Klimabüros sein. Ob die Webseite – so wie momentan – auf der stadteigenen Homepage angebunden wird oder eine eigene Seite bekommt, muss noch geklärt werden. An dieser Stelle ist der Datenschutz relevant. Mittel- bis langfristig wäre eine Informationsseite wünschenswert, auf der man den Umsetzungsstand von einem Großteil der Klimaschutzmaßnahmen einsehen kann. Das erhöht die Transparenz und ist gute Öffentlichkeitsarbeit für die Stadt – solange die Umsetzung funktioniert. Für die Menschen, die keinen Zugang zum Internet haben kann die Stadtbibliothek Abhilfe schaffen. Hier stehen öffentlich zugängliche Computer zur Verfügung, die unentgeltlich genutzt werden können.

Die Berichte für den Stadtrat, also weitere Umsetzungsberichte, sollen auch für die Öffentlichkeit zugänglich sein, daher werden die Informationen nicht nur auf der Internetseite veröffentlicht, sondern auch an die Presse weitergeleitet.

Zu Schwerpunktthemen, wie der PV-Offensive, wird es hybride Informationsveranstaltungen und gegebenenfalls Expertenvorträge geben. Interessierte können so vor Ort aber auch online an der Veranstaltung teilnehmen. Mit den Informationsveranstaltungen sollen die Teilnehmenden ermächtigt und motiviert werden selbst Klimaschutz zu betreiben und beispielsweise eine PV-Anlage auf Ihrem Dach zu installieren. Häufig ist die Untätigkeit der Bürgerinnen und Bürger durch eine schlechte Informationslage zu erklären. Eine Informationsveranstaltung verspricht einen komfortablen Zugang zu den zentralen und wichtigen Informationen und ist somit – verglichen mit einer eigenen Recherche im Internet – vertrauenswürdiger, genauer und gleichzeitig schneller. Außerdem können bei Unklarheiten direkt Fragen gestellt werden, die andernfalls im Internet mühsam recherchiert werden müssten. Informationsveranstaltungen können demnach einen wichtigen Impuls für motivierte aber nicht ausreichend informierte Menschen geben. Ein besonderes Augenmerk im Rahmen der Informationsarbeit wird auf Nachbarschaftsberatungen gelegt. Bürgerinnen und Bürger, die erfolgreiche Klimaschutzprojekte umgesetzt haben, berichten über das Projekt und stellen Kosten, Nutzen, Hindernisse und Vorgehensweise vor. Solarpartys gibt es bereits in Bad Kreuznach, die privat initiierten Veranstaltungen sollen durch die Stadt unterstützt werden. Der große Vorzug dieser Beratungsangebote ist die Unabhängigkeit der Beratenden, da sie selbst nichts verkaufen wollen und gleichzeitig in den meisten Fällen Bekannte, Nachbarn oder wenigsten Einwohner der gleichen Stadt sind. Das erhöht die Vertrauenswürdigkeit der Informationen enorm.

Informationen zu immer wiederkehrende Themen sollen in Form von ästhetisch ansprechenden und gut Strukturieren Flyern festgehalten werden. Vorbild kann hier das gut ausgearbeitete Material der Verbraucherzentrale RLP zum Energiesparen sein, welches ebenfalls über das Klimaschutzmanagement der Stadt den Bürgerinnen und Bürgern bereitgestellt werden soll. Muss bei Anfragen aus der Bevölkerung momentan noch auf die externen Anlaufstellen hingewiesen werden, soll auch das Klimaschutzmanagement der Stadt zu Schwerpunktthemen ein Informations- und Beratungsangebot auf- und ausbauen.

Wie in den beiden Jahren der Konzepterstellung wird das Klimaschutzmanagement auch weiterhin Veranstaltungen im Rahmen des Klimaschutzes unterstützen. Das war zum einen der Klimaaktionstag 2022, der Park[ing]-Day 2022 und 2023, und der Zukunftstag 2023. Der Bedarf ist groß, denn viele Menschen kamen bei den Aktionstagen auf den Klimaschutzmanager zu um sich zu informieren, über wichtige Themen zu sprechen, Unterstützung anzubieten oder auch um Einfluss zu nehmen. Die Veranstaltungen sind daher nicht nur ein Informationswerkzeug, sondern dienen viel mehr der Beteiligung. Weitere Möglichkeiten zur Beteiligung werden im nächsten Abschnitt erläutert:

### 8.3 Instrumente zur Beteiligung

Im Rahmen des Klimaschutzkonzepts wurde eine Onlineumfrage und ein Bürgerforum durchgeführt. Beides soll auch im Rahmen der Umsetzung zur Anwendung kommen, besonderes Augenmerk soll auf Bewerbung der Beteiligungsaktionen liegen. Dazu soll ein Emailverteiler aufgebaut werden, über den die Informationen gestreut werden sollen. Beispielsweise haben die städtischen Kitas und Schulen ein Newsletter an die Eltern, Gewerbetreibende können über die Wirtschaftsförderung erreicht werden und Vereine stellen einen weiteren Multiplikator für die Informationsverteilung dar. Die Umfrage wurde von der EnergyEffizienz GmbH durchgeführt, daher benötigt die Stadt für die Zukunft eine eigene Lizenz für ein Onlineumfrage- bzw. Beteiligungstool.

Der Grundsatz der Beteiligungsarbeit lautet: Jeder soll beim Klimaschutz mitreden, mitarbeiten und mithelfen dürfen!

## 9 Fazit

### 9.1 Kurzfristige Handlungsempfehlungen für Umsetzungsphase (1-3 Jahre)

- Auswahl einer Maßnahme mit Pilot- und Leuchtturmcharakter aus dem Maßnahmenkatalog und beantragen der Förderung zur Durchführung einer ausgewählten Klimaschutzmaßnahme
- Weiterführung der kommunalen Klimaschutzkommission die Projekte entwickelt und eine regelmäßige Abstimmung laufender und geplanter Vorhaben innerhalb der Stadt gewährleistet.
- Energiemanagement für eine bessere Datengrundlage
- Beauftragung der Kommunalen Wärmeplanung
- Klimafolgenanpassungsmanager und Stadtbegrünung

Tabelle 16: Endenergieverbräuche und Emissionen (2019)<sup>110</sup>

	Energieverbrauch [MWh/a]		Emissionen [t CO <sub>2</sub> /a]	
	226.871	18 %	108.444	28 %
<b>Strom</b>	<b>226.871</b>	<b>18 %</b>	<b>108.444</b>	<b>28 %</b>
<i>Einspeisung/Einsparung<sup>109</sup></i>	18.025		-8.616	
<b>Wärme</b>	<b>745.933</b>	<b>58 %</b>	<b>186.664</b>	<b>48 %</b>
Gas	654.572		161.679	
Öl	76.558		24.345	
Heizstrom	258		123	
Nahwärme	699		182	
Umweltwärme	202		30	
Biomasse	12.331		271	
Solarthermie	1.313		32	
<b>Verkehr</b>	<b>307.203</b>	<b>24 %</b>	<b>96.570</b>	<b>24 %</b>
Diesel	180.696		59.007	
Benzin	108.477		34.928	
Strom	224		107	
Sonstige	17.807		2.526	
<b>Summe</b> (ohne Gutschrift der Emissionseinsparung aus der Stromeinspeisung von erneuerbaren Energien)	<b>1.280.008</b>	<b>100 %</b>	<b>391.679</b>	<b>100 %</b>
<b>Summe</b> (mit Gutschrift der Emissionseinsparung aus der Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien)			<b>383.741</b>	<b>100 %</b>

<sup>109</sup> Anrechnung der Erzeugung von EE-Strom auf die Emissionsbilanz nach BISKO-Standard nicht zulässig, deshalb nur ergänzende Darstellung. Die Einspeisemenge wird zur Berechnung des lokalen Strommix genutzt.

<sup>110</sup> Aufgrund von gerundeten Kommazahlen kann es zu kleinen Unstimmigkeiten bei den Summenzahlen kommen.

## 10 Anhang Nr. 1: Weitere Ausführungen zum Reduktionspfad

Die Inhalte und Werte der vorherigen Abschnitte der vorliegenden Potenzialanalyse basieren auf den grundlegenden Annahmen, die im Laufe der engen Kooperation zwischen dem Auftraggeber (Klimaschutzmanagement der Stadt Bad Kreuznach) und dem Auftragnehmer (EnergyEffizienz GmbH) entstanden sind. Im Prozess der internen Abstimmungen wurde durch das lokale Klimaschutzmanagement die Vision der zukünftigen Beheizungsstruktur, der Entwicklung der E-Mobilität sowie der Ausbau von den weiteren EE-Anlagen mitgeteilt. Diese Visionen und Perspektiven der vor Ort agierenden Akteure bilden ein solides Fundament für die objektive Einschätzung der herrschenden Ausgangsbedingungen sowie für die Formulierung von realitätsnahen Zielen, die sich in dem bestehenden lokalen Kontext zumindest theoretisch erreichen lassen. Im Folgenden wird der Überblick der einzelnen Annahmen und der dadurch kalkulierten Entwicklungen der einzelnen Sektoren dargestellt. Das Ziel dieser Erläuterungen besteht in der Benennung der konkreten quantifizierbaren Handlungsbedarfe, die ohne weiteres Verzögern umzusetzen sind, wenn das gesetzlich verpflichtende Ziel der Klimaneutralität 2040 tatsächlich erreicht werden soll.

### 10.1 Zukünftige Beheizungsstruktur

Angesichts der Wichtigkeit der individuellen Handlungen für die Erreichung des Ziels der Klimaneutralität im Wärmesektor wurde entschieden, eine genauere Analyse der potenziellen Entwicklungen der Beheizungsstruktur der privaten Haushalte durchzuführen. Die bestehenden deutschlandweiten Studien bieten zwar Orientierungswerte (bspw. Anteile der jeweiligen Energieträger (Wärmepumpen / Biomasse / Solarthermie etc. an der Wärmebereitstellung)), allerdings muss in diesem Fall der lokale Kontext berücksichtigt werden. Die mitgeteilten Annahmen der Beheizungsstruktur der privaten Haushalte in der Stadt Bad Kreuznach bilden die Grundlage der Berechnungen vom Klimaschutzzszenario und sehen wie folgt aus.

Tabelle 17: Gegenwärtiger Stand sowie Annahmen bezüglich der zukünftigen Beheizungsstruktur der privaten Haushalte

Energieträger	Prozentualer Anteil (Status quo)	Prozentualer Anteil an Beheizungsstruktur 2040
Wärmepumpe	0	45
Biomasse	2	37
Solarthermie	0	5
Nahwärme	0	13
Öl	10	0
Gas	88	0

Eine genaue Berechnung der Anzahl von entsprechenden Anlagen ist wegen der prozentualen Aufteilung über den gesamten Betrachtungszeitraum nicht möglich, weswegen mit Abweichungen von +/- 3% zu rechnen ist. Allerdings erfüllen diese Annahmen die Rolle der Orientierungswerte, die während der weiteren Planungen zu beachten sind. Auf Basis dieser Annahmen ist mit der folgenden Entwicklung der einzelnen nachhaltigen Wärmeerzeugungsanlagen zu rechnen. Die untenstehende Abbildung stellt die benötigten Zubauraten der einzelnen Anlagen im linearen Verlauf (50%ige Erreichung des Ziels bis zum Zwischenjahr 2030) dar. Es ist zu erwähnen, dass die angenommene bestehende Anzahl der Wärmepumpen (8 Anlagen im Jahr 2019), die Anzahl der angenommenen biomassebetriebenen (316) und solarthermischen (263) Anlagen über die durchschnittliche Wärmeertragswerte je Anlage bestimmt wurde.

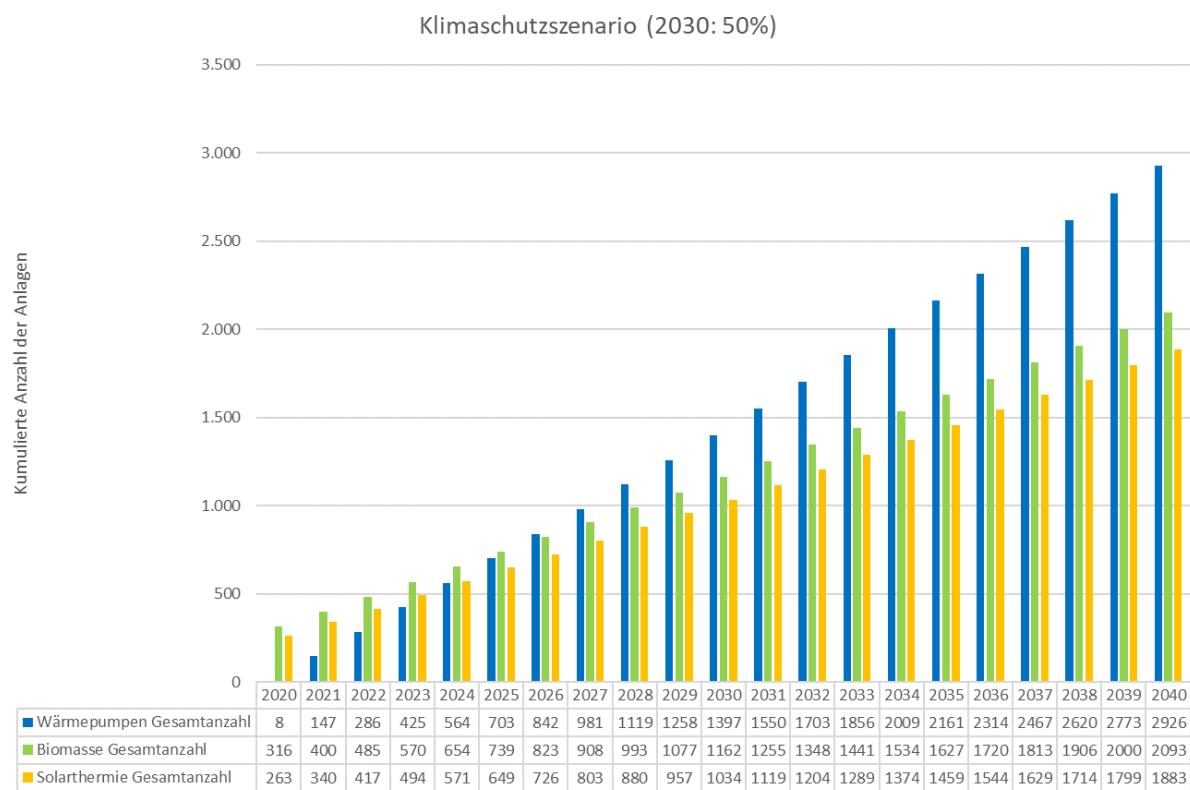


Abbildung 54: Voraussichtliche Anzahl der nachhaltigen Wärmeerzeugungsanlagen unter Annahme der Erreichung der Klimaneutralität im Wärmesektor 2040 (linearer Ausbaurhythmus). Eigene Visualisierung der EnergyEffizienz GmbH

Es ist allerdings zu erwarten, dass eine reduzierte Anzahl der Anlagen sich im Jahr 2022 auf der Gemarkung der Stadt finden lässt. Außerdem wird davon ausgegangen, dass sowohl die institutionelle Basis als auch die regulatorischen Einzelheiten zusammen mit der Sensitivität der lokalen Bevölkerung gegenüber den entsprechenden Themen angepasst werden müssen. Diese realitätsnahen Annahmen führen zur Entscheidung, einen gewissen Zeitpuffer bis zum Zwischenjahr 2030 für die Vorbereitung der entsprechenden Hintergründe zu vergeben – anschließend erfolgt der benötigte Zubau der Anlagen. Die folgende Abbildung stellt die Entwicklung der Zubauraten dar, wenn erst 25% des Ziels Klimaneutralität bis zum Zwischenjahr 2030 zu erreichen würden.

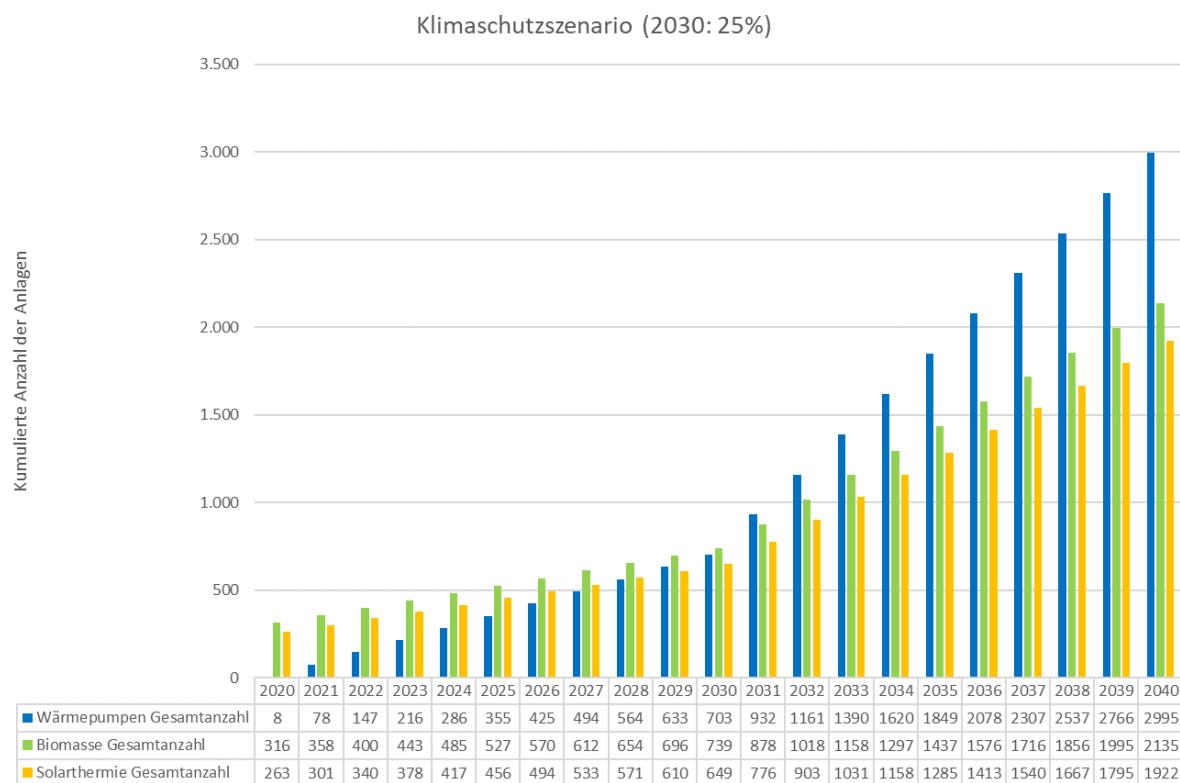


Abbildung 55: Voraussichtliche Anzahl der nachhaltigen Wärmeerzeugungsanlagen unter Annahme der Erreichung der Klimaneutralität im Wärmesektor 2040 (Erreichung des Ziels im Jahr 2030: 25%). Eigene Visualisierung der EnergyEffizienz GmbH

Sollten sich die lokalen Bedingungen für die Erreichung des Klimaneutralitätsziels nicht fördernd erweisen und wären nur 10% des gesamten Ziels zum Zwischenjahr 2030 zu erreichen, würde es die Notwendigkeit des zusätzlichen Handlungsbedarfs im Laufe der restlichen 10 Jahre (2030-2040) weiter erhöhen.

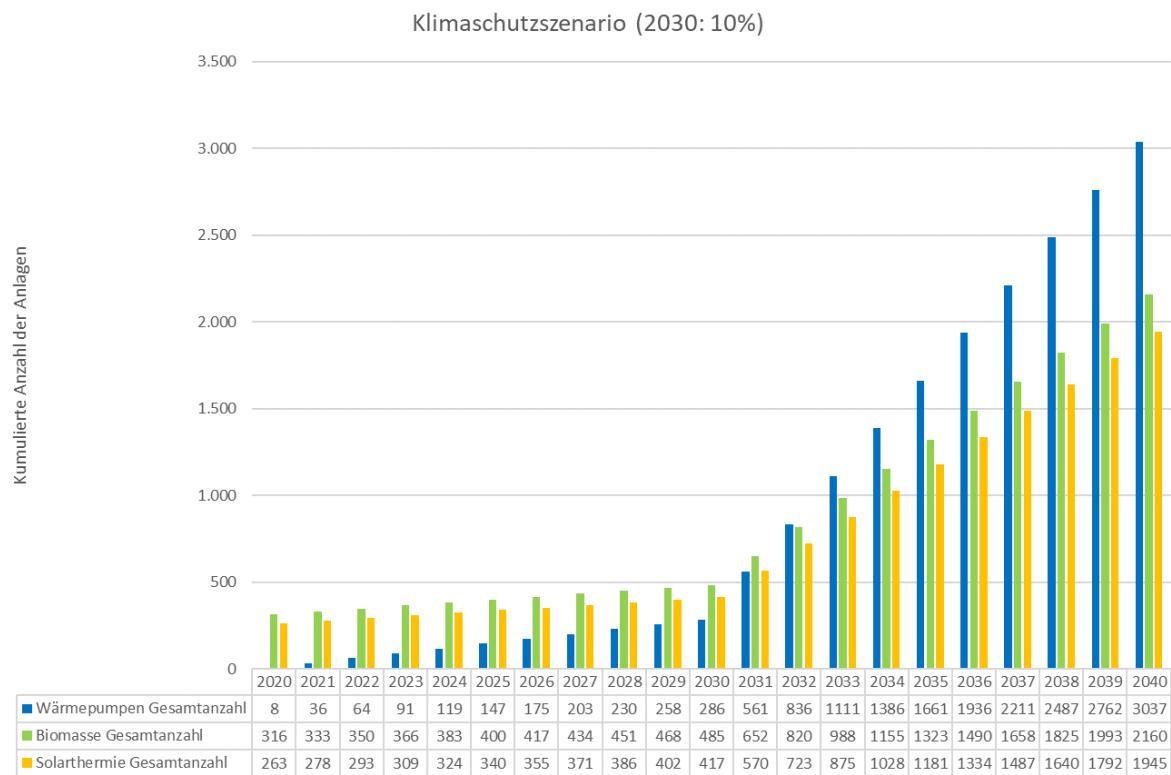


Abbildung 56: Voraussichtliche Anzahl der nachhaltigen Wärmeerzeugungsanlagen unter Annahme der Erreichung der Klimaneutralität im Wärmesektor 2040 (Erreichung des Ziels im Jahr 2030: 10%). Eigene Visualisierung der EnergyEffizienz GmbH

Außerdem wäre in diesem Fall ein Vergleich zwischen dem Klimaschutzszenario (Zielerreichung 2030: 10%) und dem Trendszenario je Energieträger aussagekräftig.

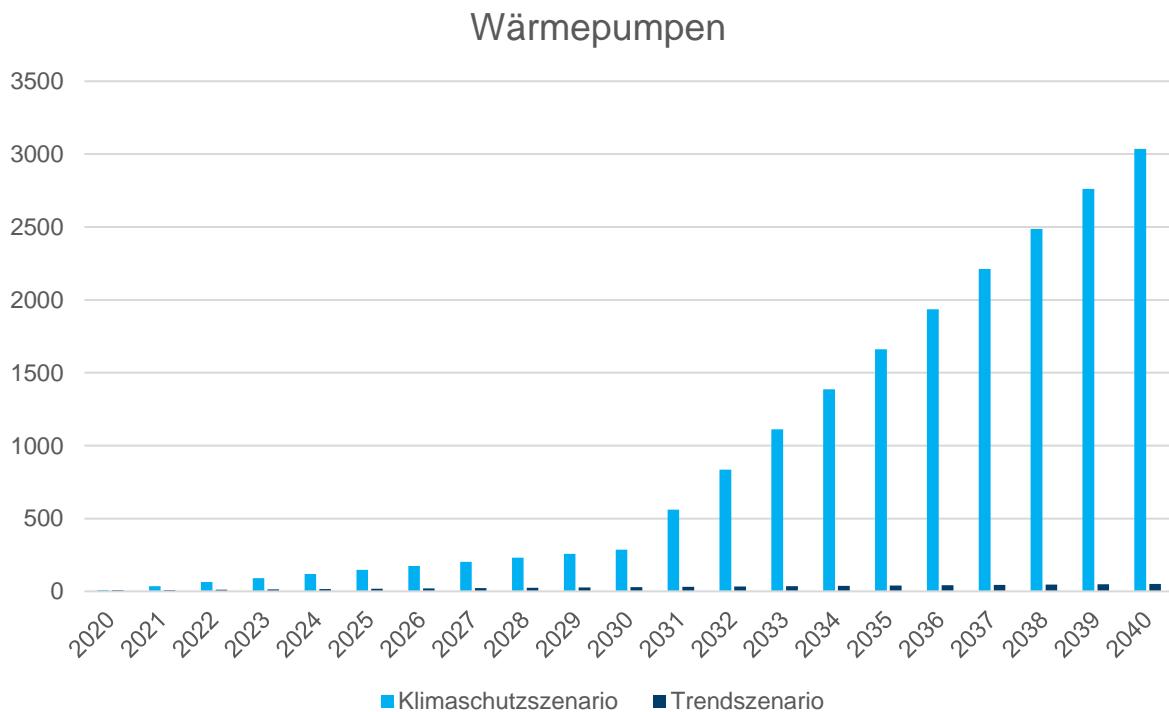


Abbildung 57: Vergleich der Anzahl von Wärmepumpen laut Trendszenario und Klimaschutzszenario (Annahme: Erreichung des Ziels der Klimaneutralität zu 10% im Jahr 2030)

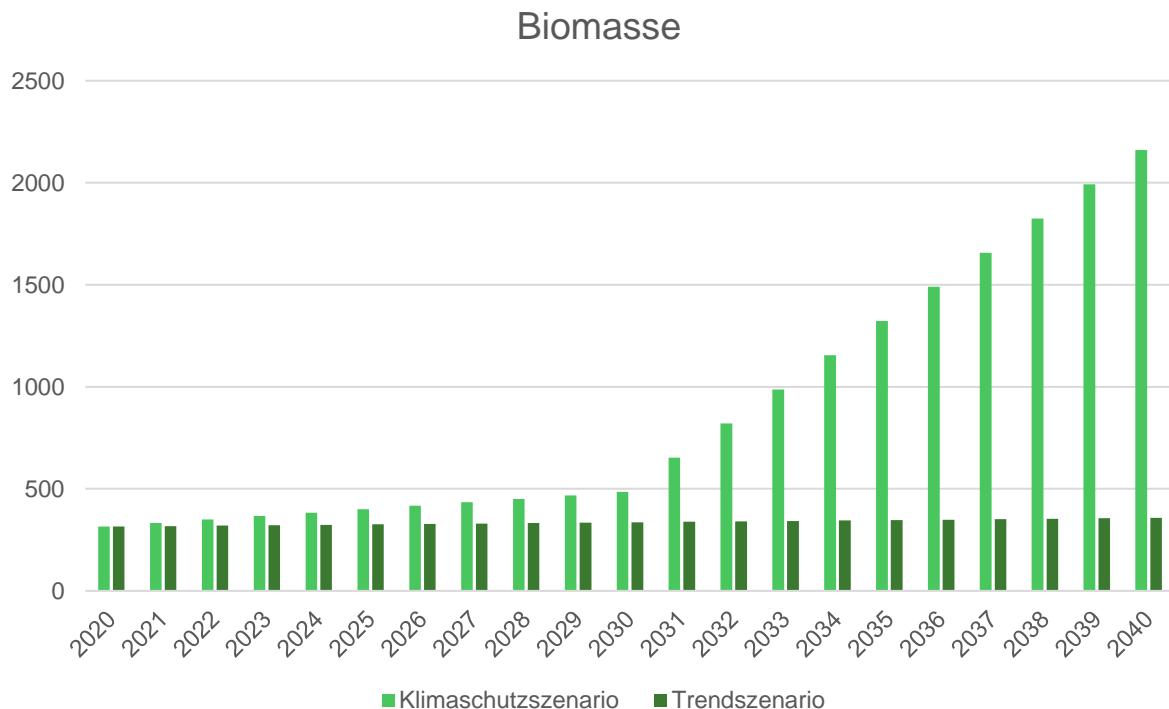


Abbildung 58: Vergleich der Anzahl von biomassebetriebenen Anlagen laut Trendszenario und Klimaschutzszenario (Annahme: Erreichung des Ziels der Klimaneutralität zu 10% im Jahr 2030)

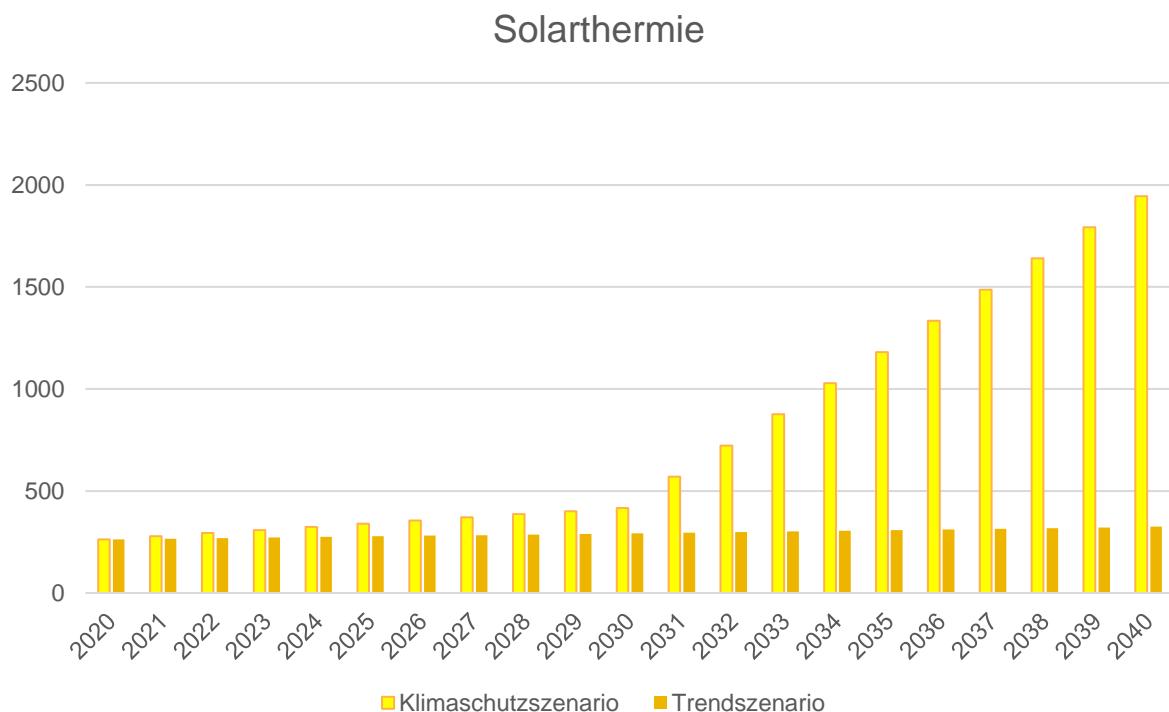


Abbildung 59: Vergleich der Anzahl von solarthermischen Anlagen laut Trendszenario und Klimaschutzszenario (Annahme: Erreichung des Ziels der Klimaneutralität zu 10% im Jahr 2030)

## 10.2 E-Mobilität, der resultierende Strombedarf und EE-Anlagen

Eine nahezu vollständige Klimaneutralität des Verkehrssektors im Zieljahr 2040 wird durch die Landesregierung beabsichtigt. Dadurch, dass die Elektromobilität als Hauptbaustein der verkehrsbezogenen Klimaneutralität derzeit angesehen wird, wurde in den ursprünglichen Analysen von einem 95-99%igen Anteil der E-Mobilität am gesamten Verkehrssektor ausgegangen. Berücksichtigt man aber die lokalen Bedingungen, die fehlende Ladesäuleninfrastruktur und die Hindernisse im Förderbereich, erscheint dieser Wert unrealistisch. Infolge des derzeitigen Status quo vor Ort wurde entschieden, den entsprechenden Wert auf **20%** zu setzen. Dieser Wert stellt nur einen Orientierungswert dar. Seine Hauptrolle besteht allerdings in der Möglichkeit, davon ausgehend den zukünftigen Strombedarf und damit den Ausbaubedarf an regenerativen Stromerzeugungskapazitäten zu ermitteln.

Für die Abdeckung des durch die E-Mobilität und die zugebauten Wärmepumpen entstandenen zusätzlichen Strombedarfs ist von den neuen EE-Anlagen nicht abzusehen. Im Prozess der Kommunikation mit dem lokalen Klimaschutzmanagement wurde auf die folgenden theoretischen Orientierungswerte geeinigt:

Tabelle 18: Status quo und Annahmen bezüglich der EE-Ausbau

EE-Anlagen	Status quo	Annahme
<b>PV-Dachanlagen</b>	21 St. im Haushaltssektor, 6 St. im GHD-Sektor	42 St. im Haushaltssektor, 18 St. im GHD-Sektor
<b>PV-Freiflächenanlagen</b>	Keine Anlagen	20 % des restlichen Strombedarfs (ca. 38.000 MWh)
<b>Windkraftanlagen</b>	Keine Anlagen	80 % des restlichen Strombedarfs (ca. 150.000 MWh)

Berechnet man den erwarteten Stromertrag der PV-Dachanlagen mit Hilfe der jeweiligen Durchschnittswerte, könnte man mit ca. **55.700 MWh/a** der Stromerzeugung aus diesen Anlagen rechnen. Der restliche Strombedarf müsste von den Windenergieanlagen und PV-Freiflächenanlagen abgedeckt werden. Das angestrebte Verhältnis zwischen Windkraft und Photovoltaik (80% aus Windkraft, 20% - PV) wurde in Kooperation mit dem lokalen Klimaschutzmanagement bestimmt. Es ermöglicht genaue Aussagen zu der benötigten Anzahl der Windenergieanlagen und zum Flächenbedarf für die Installation der PV-Freiflächenanlagen, welche in den vorherigen Kapiteln „Wind“ und „Photovoltaik“ dargestellt wurden. Eine jahresgenaue Darstellung im linearen gleichmäßigen Verlauf sowie die Darstellung mit der Annahme des 35%igen Zielerreichung zum Zwischenjahr 2030 ist den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

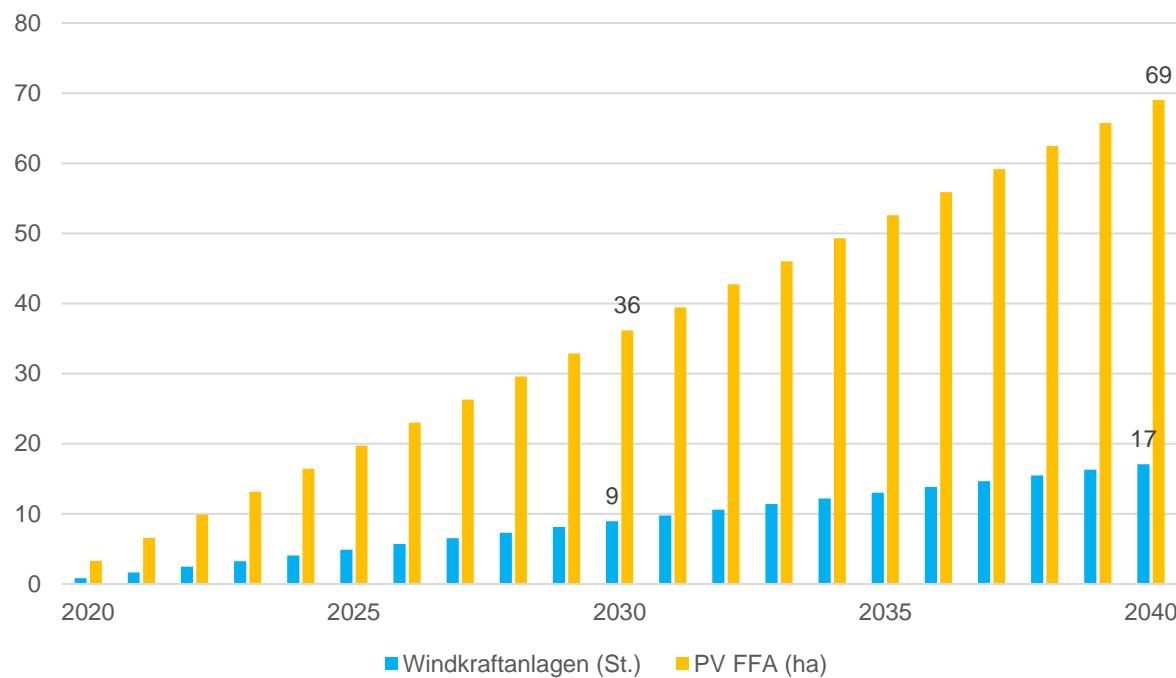


Abbildung 60: Übersicht der benötigten Fläche für die PV-Freiflächenanlagen sowie der benötigten Windenergieanlagen für die Abdeckung des lokalen Strombedarfs (linearer Verlauf der Zubauraten). Eigene Modellierung der EnergyEffizienz GmbH

Sollte beabsichtigt werden, den zusätzlichen Strombedarf ausschließlich mit Hilfe einer einzigen Technologie der nachhaltigen Stromerzeugung abzudecken, ist mit den folgenden Werten zu rechnen. Im Falle der Abdeckung des zusätzlichen Strombedarfs durch die windkrafterzeugte Elektrizität ist der Zubau von 21 Windenergieanlagen auf der Stadtgemarkung sowie auf dem Gebiet der benachbarten Gebietskörperschaften notwendig. Unten wird die lineare Entwicklung dargestellt.

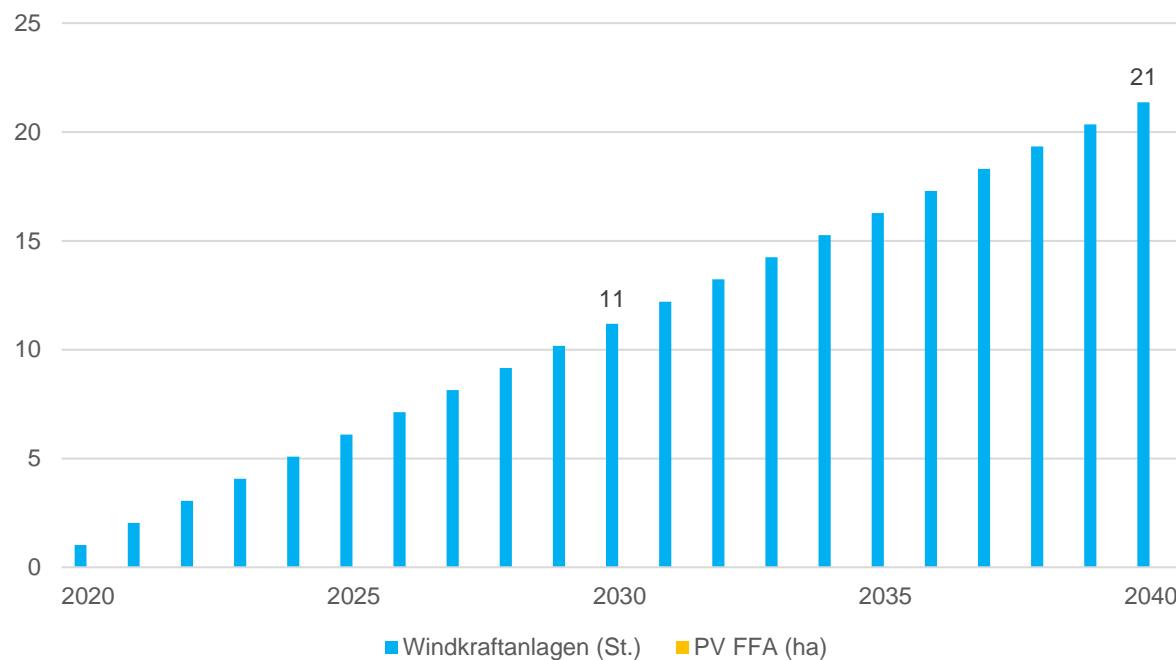


Abbildung 61: Übersicht der benötigten Fläche für die Windenergieanlagen für die Abdeckung des lokalen Strombedarfs (lineare Entwicklung). Eigene Modellierung der EnergyEffizienz GmbH

Wird von den zusätzlichen Windenergieanlagen komplett abgesehen, ist mit den neuen PV-Freiflächenanlagen zu rechnen. Unter der Annahme, dass auf einem Hektar ca. 0,9 MWp Leistung installiert werden können, werden rund 345 ha der von den PV-Freiflächenanlagen bebauten Fläche notwendig. Der Zubau von bloß zwei Windenergieanlagen wird den Flächenbedarf um ca. 35 ha auf 311 ha reduzieren. Eine Kombination der eingesetzten Technologien lässt sich hier als eine optimale Lösung betrachten. An dieser Stelle ist nochmal zu erwähnen, dass der Anteil der E-Mobilität in all diesen Szenarien immer noch bei 20 % liegt.

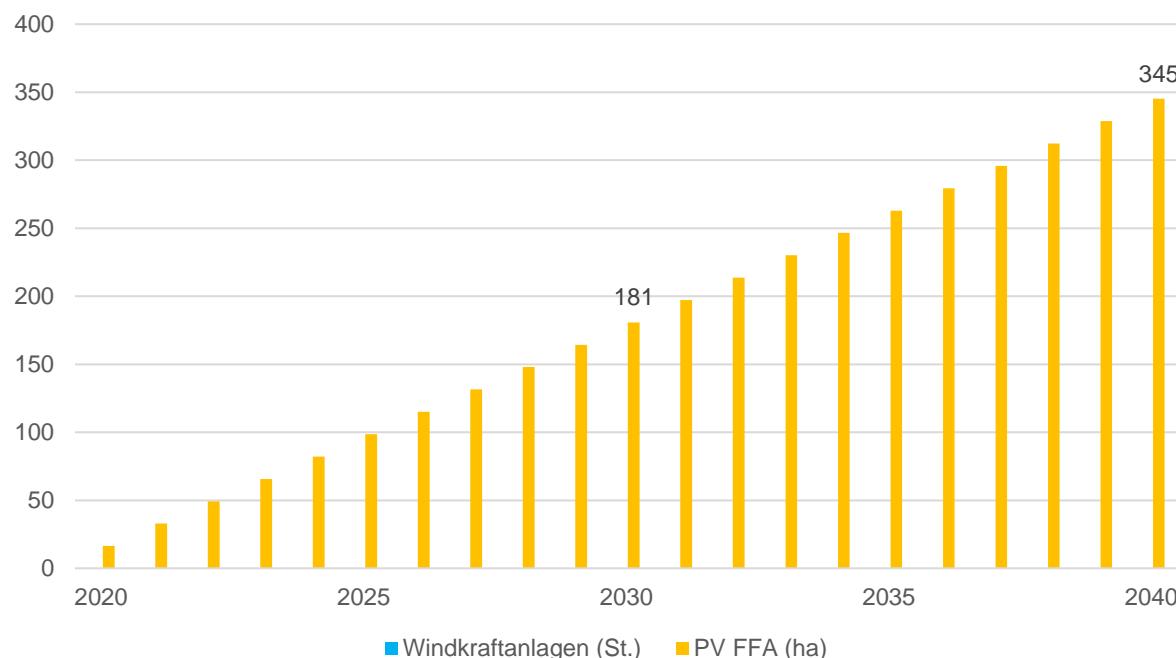


Abbildung 62: Übersicht der benötigten Fläche für die PV-Freiflächenanlagen für die Abdeckung des lokalen Strombedarfs (lineare Entwicklung). Eigene Modellierung der EnergyEffizienz GmbH

## **11 Anhang Nr. 2: Auswertung der Umfrage zum KSK**

## 12 Literaturverzeichnis

- (kein Datum). Abgerufen am 03. November 2022 von <https://www.topagrar.com/energie/news/mehr-biogas-ohne-flaechenkonkurrenz-neue-vorschlaege-auf-dem-tisch-13204930.html>
- Aalborg CSP A/S. (2022). *linked.in*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6999005547102404608/>
- Agentur für Erneuerbare Energien. (05. 04 2022). *Erneuerbare Wärme in den Bundesländern*. Von [https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4621.AEE\\_RenewsKompakt\\_Erneuerbare\\_Waerme\\_apr22.pdf](https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4621.AEE_RenewsKompakt_Erneuerbare_Waerme_apr22.pdf) abgerufen
- Agentur für Erneuerbare Energien. (05. 04 2022). *Erneuerbare Wärme in den Bundesländern*. Abgerufen am 20. März 2023 von [https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4621.AEE\\_RenewsKompakt\\_Erneuerbare\\_Waerme\\_apr22.pdf](https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/4621.AEE_RenewsKompakt_Erneuerbare_Waerme_apr22.pdf)
- AGFW-Projekt-GmbH. (2022). *grüne-fernwärme.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.gruene-fernwaerme.de/praxisbeispiele/lemgo/ikwk-blog>
- Agro Energie Schwyz AG. (2020). *Agro Energie*. Von <https://www.agroenergie-schwyz.ch/energiezentrum/waermespeicher/> abgerufen
- Arbeitsgemeinschaft der Regionalverbände Baden-Württemberg. (01. 08 2022). *Regionale Planhinweiskarte - Windenergie*. Von [https://regionen-bw.de/karten/Wind\\_Planhinweiskarte\\_BW\\_A0.png](https://regionen-bw.de/karten/Wind_Planhinweiskarte_BW_A0.png) abgerufen
- Ariadne-Projekt. (11. 10 2021). *Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Von <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitat-2045-szenarienreport/> abgerufen
- Ariadne-Projekt. (11. 10 2021). *Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitat-2045-szenarienreport/>
- Aydemir, D. A., Doderer, H., Hoppe, F., & Braungardt, D. S. (2019). *Studie für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. ABWÄRMENUTZUNG IN UNTERNEHMEN*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Barmalgas. (25. 02 2021). *CO2 Steuer in Deutschland ab 2021*. Von <https://barmalgas.de/blog/co2-steuer-in-deutschland-ab-2021/> abgerufen
- Barmalgas. (25. 02 2021). *CO2 Steuer in Deutschland ab 2021*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://barmalgas.de/blog/co2-steuer-in-deutschland-ab-2021/>
- Bayerische Staatsregierung. (28. 06 2022). *Ministerratsberichte der Bayerischen Staatsregierung*. Von Bericht aus der Kabinettssitzung vom 28. Juni 2022: <https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettssitzung-vom-28-juni-2022/?seite=5062> abgerufen
- Bayerischer Bauernverband. (22. 05 2020). *PV-Freiflächenanlagen mit Maß und Rahmenbedingungen ausbauen*. Von <https://www.bayerischerbauernverband.de/sites/default/files/2020-05/2020-05-26-stellungnahme-pk-pv-freiflaechenanlagen.pdf> abgerufen
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2022). *Kommunale Kläranlagen*. Von [https://www.lfu.bayern.de/wasser/kommunale\\_klaeranlagen/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/wasser/kommunale_klaeranlagen/index.htm) abgerufen
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2022). *Wasserkraft in Bayern*. Von <https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasserkraft/index.htm> abgerufen
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. (2022). *Holz*. Von <https://www.aelf-rg.bayern.de/forstwirtschaft/holz/index.php> abgerufen

- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. (2022). *Unser Wald*. Von <https://www.aelf-rg.bayern.de/forstwirtschaft/wald/index.php> abgerufen
- Bayrische Staatregierung. (2016). *stmwi.bayern*. Abgerufen am 20. März 2023 von Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen: [https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/stmwi/publikationen/pdf/Windenergi e-Erlass\\_2016.pdf](https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/publikationen/pdf/Windenergi e-Erlass_2016.pdf)
- BayWEE: Windenergie-Erlass*. (2016). Von Hinweise zur Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen: [https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/stmwi/publikationen/pdf/Windenergi e-Erlass\\_2016.pdf](https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/publikationen/pdf/Windenergi e-Erlass_2016.pdf) abgerufen
- BBSR. (Dezember 2016). *Datenbasis zum Gebäudestand*. Abgerufen am 04. April 2019 von Bundesinstitut für Bau-. Stadt- und Raumforschung: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2016/ak-09-2016-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2016/ak-09-2016-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- BMEL. (2016). *Waldstrategie 2020, Nachhaltige Waldbewirtschaftung - eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung*. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- BMWI. (2014). *Sanierungsbedarf im Gebäudebestand*. Abgerufen am 08. April 2019 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/sanierungsbedarf-im-gebaeudebestand.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/sanierungsbedarf-im-gebaeudebestand.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- BMWi. (2019). *Energieeffizienz in Zahlen*. Abgerufen am 12. August 2021 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=72](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=72)
- BMWi. (2021). *Erstmals rollen eine Millionen Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen*. Abgerufen am 16. 08. 2021 von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/08/20210802-erstmals-rollen-eine-million-elektrofahrzeuge-auf-deutschen-strassen.html>
- BMWK. (1. April 2021). *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand*. Von Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. abgerufen
- Bundesamt, S. (2020). *Statistische Ämter des Bundes und der Länder*. Von <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/energie/swe> abgerufen
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (05 2022). *Daten und Fakten. Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft mit Fischerei und Wein- und Gartenbau*. Von [https://www.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E-510136410/MLR.LEL/PB5Documents/lel/Abteilung\\_3/Agrarstruktur/Statistik/C\\_Strukturdaten/BMEL\\_daten-fakten-2022.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-510136410/MLR.LEL/PB5Documents/lel/Abteilung_3/Agrarstruktur/Statistik/C_Strukturdaten/BMEL_daten-fakten-2022.pdf) abgerufen
- Bundesregierung. (2022). Von Portal Windenergie: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764> abgerufen
- Bundesregierung. (2022). *bundesregierung.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von Portal Windenergie: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764>
- Bundesverband Geothermie e.V. (2021). *geothermie.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/w/waermespeicher.html>
- Bundesverband Geothermie e.V. (2023). *geothermie.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/n/nahwaerme-kalte.html>

- Deutsche Energie-Agentur GmbH. (2015). *Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen*. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH.
- Difu. (2018). *Klimaschutz in Kommunen - Praxisleitfaden*, 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin.
- Dötsch, C., Taschenberger, J., & Schönberg, I. (1998). *Leitfaden Nahwärme*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/kompetenz/energie/leitfaden-nahwaerme.pdf>
- enbw. (2021). Aus alt mach neu: Was bringt Repowering?
- Energie Atlas Bayern. (04. 10. 2022). *energieatlas.bayern.de*. Von [https://www.energieatlas.bayern.de/thema\\_wind/genehmigung.html](https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genehmigung.html) abgerufen
- Energieagentur Rheinland-Pfalz. (o.J.). *Energieatlas Rheinland-Pfalz*. Abgerufen am 21. Juli 2021 von <https://www.energieatlas.rlp.de/earp/energiesteckbriefe/energiesteckbrief/0700000000/>
- Energieagentur RLP. (2021). *KomBiReK*. Abgerufen am 11. August 2021 von Energieagentur Rheinland-Pfalz: <https://www.energieagentur.rlp.de/projekte/kommune/kombirek>
- Energieagentur RLP. (2022). *Zukunftscheck Biogasanlagen*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.energieagentur.rlp.de/zukunftscheck-biogasanlagen/>
- Energieagentur RLP. (2023). *Solarenergie*. Abgerufen am 17. März 2030 von Energieagentur Rheinland-Pfalz: <https://www.energieagentur.rlp.de/themen/erneuerbare-energien/solarenergie/>
- Energieagentur RLP. (o.J.). *Energieatlas Rheinland-Pfalz*. Abgerufen am 21. Juli 2021 von <https://www.energieatlas.rlp.de/earp/energiesteckbriefe/energiesteckbrief/0700000000/>
- Energieagentur RLP, Praxis-Leitfaden Nahwärme. (Oktober 2016). *Energieagentur RLP, Praxis-Leitfaden Nahwärme*. Abgerufen am 17. März 2023 von [https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user\\_upload/Praxisleitfaeden/NWaerme\\_Gesamt.pdf](https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Praxisleitfaeden/NWaerme_Gesamt.pdf)
- Energieatlas Bayern. (04. 10. 2022). *energieatlas.bayern.de*. Von [https://www.energieatlas.bayern.de/thema\\_wind/genehmigung.html](https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/genehmigung.html) abgerufen
- Energieatlas Bayern. (2022). *Portal Biomasse*. Von [https://www.energieatlas.bayern.de/thema\\_biomasse/daten.html](https://www.energieatlas.bayern.de/thema_biomasse/daten.html) abgerufen
- Energie-Fachberater. (01. 07. 2021). *Austauschpflicht: Diese Heizungen müssen 2021 raus*. Von <https://www.energie-fachberater.de/news/austauschpflicht-diese-heizungen-muessen-2021-raus.php> abgerufen
- Energie-Fachberater. (01. 07. 2021). *Austauschpflicht: Diese Heizungen müssen 2021 raus*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.energie-fachberater.de/news/austauschpflicht-diese-heizungen-muessen-2021-raus.php>
- Enkhardt, S. (12. 07. 2022). *pv magazine*. Von Bayerns Kabinett beschließt Solarpflicht für Gewerbe und Industrie ab 2023: <https://www.pv-magazine.de/2022/07/12/bayerns-kabinett-beschliesst-solarpflicht-fuer-gewerbe-und-industrie-ab-2023/> abgerufen
- Enovos. (30. 03. 2022). *Photovoltaik: Enovos plant 214 MW Solarpark in der Südeifel*. Von Solarserver: <https://www.solarserver.de/2022/03/30/photovoltaik-enovos-plant-214-mw-solarpark-in-der-suedeifel/> abgerufen
- Episcope Tabula. (2022). *DE Germany - Country Page. Residential Building Typology*. Von <https://episcope.eu/building-typology/country/de/> abgerufen
- Episcope Tabula. (2022). *DE Germany - Country Page. Residential Building Typology*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://episcope.eu/building-typology/country/de/>
- EVN AG. (2012). Von dewiki: [https://dewiki.de/Lexikon/Kraftwerk\\_Thei%C3%9f](https://dewiki.de/Lexikon/Kraftwerk_Thei%C3%9f) abgerufen
- Frey, W. (2012). *Möglichkeiten der Faulgasverwertung auf Kläranlagen*. Von [http://www.aabfrey.com/wp-content/uploads/2011/09/Text\\_KAN\\_2011.pdf](http://www.aabfrey.com/wp-content/uploads/2011/09/Text_KAN_2011.pdf) abgerufen

- Fritsche, U., & Greß, H.-W. (2019). *Kurzstudie: Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2018 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050*. Abgerufen am 16. August 2021 von [http://iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/GEMIS/2019 KEV THG Strom-2018\\_2020-2050.pdf](http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/GEMIS/2019 KEV THG Strom-2018_2020-2050.pdf)
- GEG. (2020). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG)*.
- Handelsblatt. (15. 03 2022). Von Söder will „500 plus X“ neue Windräder in Bayern – aber an Abstandsregel festhalten: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiepolitik-soeder-will-500-plus-x-neue-windraeder-in-bayern-aber-an-abstandsregel-festhalten/28165566.html> abgerufen
- Handelsblatt. (15. 03 2022). *handelsblatt.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von Söder will „500 plus X“ neue Windräder in Bayern – aber an Abstandsregel festhalten: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiepolitik-soeder-will-500-plus-x-neue-windraeder-in-bayern-aber-an-abstandsregel-festhalten/28165566.html>
- HBEFA. (2021). *Handbook Emission Factors for Road Transport*. Abgerufen am 08. August 2021 von <https://www.hbefa.net/e/index.html>
- Hirzel, S., Sontag, Benjamin, & Rohde, D.-I. C. (2013). *Industrielle Abwärmenutzung*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Huenges, P., Sperber, E., Egger, J.-B., Noll, F., Kallert, A., & Reuß, M. (2014). *Regenerative Wärmequellen für Wärmenetze*. Abgerufen am 17. März 2023 von [https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/01/th2014\\_07\\_03.pdf](https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/01/th2014_07_03.pdf)
- Institut Wohnen und Umwelt . (01. 11 2022). „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Von <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/> abgerufen
- Institut Wohnen und Umwelt. (01. 11 2022). „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/tabula/>
- Kommunale Klima-Offensive RLP. (2022). *Anlage 3, Faktenpapier Kommunale Klima-Offensive: KIPKI und KKP*. Abgerufen am 17. März 2023 von [https://www.rlp.de/fileadmin/rlp-stk/pdf-Dateien/Anlagen\\_fuer\\_Pressemitteilungen/Anlage\\_3\\_Faktenpapier\\_Kommunale\\_Klimaoffensive.pdf](https://www.rlp.de/fileadmin/rlp-stk/pdf-Dateien/Anlagen_fuer_Pressemitteilungen/Anlage_3_Faktenpapier_Kommunale_Klimaoffensive.pdf)
- Kommunaler Klimapakt RLP. (2022). *Anlage 4, Gemeinsame Erklärung*. Abgerufen am 17. März 2023 von [https://www.rlp.de/fileadmin/rlp-stk/pdf-Dateien/Anlagen\\_fuer\\_Pressemitteilungen/Anlage\\_4\\_Gemeinsame\\_Erklaerung\\_Kommunale\\_r\\_Klimapakt.pdf](https://www.rlp.de/fileadmin/rlp-stk/pdf-Dateien/Anlagen_fuer_Pressemitteilungen/Anlage_4_Gemeinsame_Erklaerung_Kommunale_r_Klimapakt.pdf)
- Landesregierung Baden-Württemberg. (12. 09 2022). *Neue Planhinweiskarten für Windkraft und Freiflächen-Photovoltaik*. Von <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemeldung/pid/neue-planhinweiskarten-fuer-windkraft-und-freiflaechen-photovoltaik/> abgerufen
- Landesregierung Baden-Württemberg. (03. 31 2022). *Photovoltaik-Pflicht für alle neuen Wohngebäude ab 1. Mai*. Von <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemeldung/pid/photovoltaik-pflicht-fuer-alle-neuen-wohngebäude-ab-1-mai-1/> abgerufen
- Landesregierung Baden-Württemberg. (31. 10 2022). *Planungshilfe für naturverträglichen Ausbau der Windkraft*. Von <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemeldung/pid/planungshilfe-fuer-naturverträglichen-ausbau-der-windkraft/> abgerufen

- Landesregierung Baden-Württemberg. (31. 10 2022). *Planungshilfe für naturverträglichen Ausbau der Windkraft.* Von <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/planungshilfe-fuer-naturvertraeglichen-ausbau-der-windkraft/> abgerufen
- LGB-RLP. (o.J.). *Online-Karten Geothermie.* Abgerufen am 10. August 2021 von Landesamt für Geologie und Bergbau: <https://www.lgb-rlp.de/karten-und-produkte/online-karten/online-karten-geothermie.html>
- Linz AG. (2022). *LINZ AG für Energie, Telekommunikation, Verkehr und Kommunale Dienste.* Von [https://www.linzag.at/portal/de/ueber\\_die\\_linzag/konzern/gesellschaften/linz\\_strom\\_gas\\_waerme\\_gmbh/energieerzeugung/fernheizkraftwerk\\_linz\\_mitte#](https://www.linzag.at/portal/de/ueber_die_linzag/konzern/gesellschaften/linz_strom_gas_waerme_gmbh/energieerzeugung/fernheizkraftwerk_linz_mitte#) abgerufen
- Mein Eigenheim. (01. 09 2022). *Austauschpflicht für alte Öl- und Gasheizungen – im Überblick.* Von <https://www.mein-eigenheim.de/heizen/austauschpflicht-fuer-oelheizungen.html> abgerufen
- Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg. (01. 07 2022). *Abfallbilanz 2021. Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft.* Von [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallbilanz-2021-barrierefrei.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallbilanz-2021-barrierefrei.pdf) abgerufen
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT Baden-Württemberg. (01. 09 2019). *Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden.* Von [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden\\_Freiflaechensolaranlagen.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden_Freiflaechensolaranlagen.pdf) abgerufen
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg. (01. 07 2022). *Abfallbilanz 2021. Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft.* Abgerufen am 20. März 2023 von [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallbilanz-2021-barrierefrei.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Abfallbilanz-2021-barrierefrei.pdf)
- Mündliche Nachfrage beim Betreiber. Nach dewiki.de. (2023). *dewiki.de.* Abgerufen am 20. März 2023 von [https://dewiki.de/Lexikon/Fernw%c3%a4rmespeicher#cite\\_note-24](https://dewiki.de/Lexikon/Fernw%c3%a4rmespeicher#cite_note-24)
- Netztransparenz. (2021). Abgerufen am 12. August 2021 von EEG-Anlagenstammdaten: <https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten>
- Netztransparenz. (2021). *netztransparenz.de.* Abgerufen am 12. August 2021 von EEG-Anlagenstammdaten: <https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten>
- Neumann. (2022). *Mehr Biogas ohne Flächenkonkurrenz: Neue Vorschläge auf dem Tisch.* Agrar-online. Abgerufen am 03. November 2022 von <https://www.topagrар.com/energie/news/mehr-biogas-ohne-flaechenkonkurrenz-neue-vorschlaege-auf-dem-tisch-13204930.html>
- Neumann, H. (2022). *topagrар online.* Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.topagrар.com/energie/news/mehr-biogas-ohne-flaechenkonkurrenz-neue-vorschlaege-auf-dem-tisch-13204930.html>
- Öko-Institut e.V. (2016). *Renewbility III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors.* Öko-Institut e.V.
- Öko-Institut und Fraunhofer ISE . (2022). *Durchbruch für die Wärmepumpe. Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand.* Freiburg: Agora Energiewende .
- Pehnt, D. M., Bödeke, J., Arens, M., Jochem, P. D., & Idrissova, F. (2010). *Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung.* Heidelberg, Karlsruhe : ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Fraunhofer Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung.

- PlanEnergi. (2018). *solarthermalworld.org*. Abgerufen am 03. März 2022 von <https://www.solarthermalworld.org/sites/default/files/news/file/2019-02-18/sdh-trends-and-possibilities-iea-shc-task52-planenergi-20180619.pdf>
- PNP Sales GmbH. (10 2020). *Der Landkreis*. Von [https://www.freyung-grafenau.de/fileadmin/content/verwaltung\\_politik/landkreis/Landkreisbroschuere\\_2020-22.pdf](https://www.freyung-grafenau.de/fileadmin/content/verwaltung_politik/landkreis/Landkreisbroschuere_2020-22.pdf) abgerufen
- Portal Region Donau-Wald. (2022). Von <https://www.region-donau-wald.de/region-donau-wald> abgerufen
- Prognos, Ö.-I. W.-I. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende*.
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele*. Berlin: Agora Energiewende und Agora Verkehrswende .
- Region Donau Wald. (2014). *region-donau-wald.de*. Von Ziele der Raumordnung: [https://www.region-donau-wald.de/fileadmin/user\\_upload/pdfs/Karten/R12\\_Windenergie.pdf](https://www.region-donau-wald.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Karten/R12_Windenergie.pdf) abgerufen
- Region Donau-Wald. (2014). Von Ziele der Raumordnung: [https://www.region-donau-wald.de/fileadmin/user\\_upload/pdfs/Karten/R12\\_Windenergie.pdf](https://www.region-donau-wald.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Karten/R12_Windenergie.pdf) abgerufen
- Regionaler Planungsverband Donau-Wald. (2016). Planungsgrundlagen der Windenergie in der Region Donau-Wald.
- Regionaler Planungsverband Donau-Wald. (2022). *region-donau-wald.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.region-donau-wald.de/region-donau-wald>
- Regionalverband Neckar-Alb. (19. 01 2021). *Raumnutzungskarten nach Kommunen*. Von <https://www.rvna.de/Startseite/Regionalplanung/Raumnutzungskarten+nach+Kommunen.html> abgerufen
- RitterXL. (kein Datum). *ritter-xl-solar.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.ritter-xl-solar.de/anwendungen/waermenetze/stadtwerke-senftenberg/>
- RLP, K. K.-O. (2022). *Anlage 3, Faktenpapier Kommunale Klima-Offensive: KIPKI und KKP*. Von [https://www.rlp.de/fileadmin/rlp-stk/pdf-Dateien/Anlagen\\_fuer\\_Pressemitteilungen/Anlage\\_3\\_Faktenpapier\\_Kommunale\\_Klimaoffensive.pdf](https://www.rlp.de/fileadmin/rlp-stk/pdf-Dateien/Anlagen_fuer_Pressemitteilungen/Anlage_3_Faktenpapier_Kommunale_Klimaoffensive.pdf) abgerufen
- Sebald, C. u. (22. 03 2022). *Süddeutsche Zeitung*. Von 3000 neue Windräder in Bayern möglich - doch Söder will nicht: <https://www.sueddeutsche.de/bayern/bayern-windkraft-windraeder-soeder-10h-studie-1.5553364> abgerufen
- SGD Nord. (2021). *Energieportal der SGD Nord erneuerbare Energien*. Abgerufen am 20. Juli 2021 von [http://map1.sgdnord.rlp.de/kartendienste\\_rok/index.php?service=energieportal](http://map1.sgdnord.rlp.de/kartendienste_rok/index.php?service=energieportal)
- SHIP Plants. (2023). *ship-plants.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <http://ship-plants.info/solar-thermal-plants-map>
- Solar.RED. (02. 09 2019). *Solaranlagen für Freiflächen*. Von <https://solar.red/solaranlagen-freiflaechen/> abgerufen
- Solarkataster. (2023). Abgerufen am 20. März 2023 von Stadt Ludwigshafen am Rhein und Rhein-Pfalz-Kreis: <https://www.gpm-webgis-10.de/geoapp/solarkataster/rpl/>
- Solarthemen Media GmbH. (2021). *solarserver.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.solarserver.de/2021/09/10/sonnenfeld-am-schadeberg-thueringens-groesste-solarthermie-anlage-in-betrieb/>
- Solarthemen Media GmbH. (2021). *solarserver.de*. Abgerufen am 17. März 2023 von <https://www.solarserver.de/2021/11/25/neuer-blog-bautagebuch-einer-solarwaerme-megawatt-anlage/>

- Solarthemen Media GmbH. (2021). *Solarthemen Media GmbH*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/solarthermie-in-der-fernwaerme/>
- Solrico. (2022). *solarthermalworld.org*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://solarthermalworld.org/news/37-mw-solar-district-heating-plant-in-the-netherlands-with-outstanding-features/>
- Spiegel. (04. 08 2021). *Der Deutsche Wald schwindet immer schneller*. Von <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/trockenheit-bedeckt-den-wald-borkenkaefer-zerstoeren-immer-mehr-holz-a-0a516394-f589-491c-9055-8fcbb2d20d63> abgerufen
- Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (Bayern). (2022). *Bau- und landesplanerische Behandlung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen*. Von [https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/25\\_rundschreiben\\_freiflaechen-photovoltaik.pdf](https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/25_rundschreiben_freiflaechen-photovoltaik.pdf) abgerufen
- Stadtwerke Greifswald. (2023). Abgerufen am 20. März 2023 von [sw-greifswald.de/Energie/Erzeugung/Solarthermieanlage](https://www.sw-greifswald.de/Energie/Erzeugung/Solarthermieanlage)
- Stadtwerke Kiel. (2022). *stadtwerke-kiel.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.stadtwerke-kiel.de/ueber-uns/kuestenkraftwerk/technik>
- Stadtwerke Mühlhausen. (2021). *stadtwerke-muehlhausen.de*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.stadtwerke-muehlhausen.de/Waerme/Solarthermepark-in-Muehlhausen/>
- Statista. (12. 07 2022). *Anzahl der Pelletheizungen in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2022*. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171886/umfrage/anzahl-der-pelletheizungen-in-deutschland/> abgerufen
- Statista. (12. 07 2022). *Anzahl der Pelletheizungen in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2022*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171886/umfrage/anzahl-der-pelletheizungen-in-deutschland/>
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2021). *Landwirtschaftlich genutzte Fläche seit 1979 nach Hauptnutzungsarten*. Von <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Bodennutzung/05025033.tab?R=GS417031> abgerufen
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2022). *Rinderbestand und -haltungen (HIT-Auswertung)*. Von <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Viehwirtschaft/05035050.tab?R=GS417031> abgerufen
- Tagesschau. (03. 08 2022). *Wie Biogas die Gaskrise mildern könnte*. Von <https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/gaskrise-biogas-biomethan-strom-101.html> abgerufen
- Tagesschau. (03. 08 2022). *Wie Biogas die Gaskrise mildern könnte*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.tagesschau.de/wissen/technologie/gaskrise-biogas-biomethan-strom-101.html>
- Tetraeder Solar. (2022). Von <https://www.solare-stadt.de/home/> abgerufen
- Tetraeder Solar GmbH. (2022). *tetraeder.solar*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://www.solare-stadt.de/home/>
- UBA. (2017). *Klimaschutz im Stromsektor 2030 – Vergleich von Instrumenten zur Emissionsminderung*. Abgerufen am 04. April 2019 von Umweltbundesamt: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/2017-01-11\\_cc\\_02-2017\\_strommarkt\\_endbericht.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/2017-01-11_cc_02-2017_strommarkt_endbericht.pdf)
- UBA. (2018). *Erneuerbare Energien in Deutschland*. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Abgerufen am 04. April 2019 von Umweltbundesamt: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/180315\\_u ba\\_hg\\_eeinzelnen\\_2018\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/180315_u ba_hg_eeinzelnen_2018_bf.pdf)

- UBA. (2020). *Bioenergie*. Abgerufen am 10. August 2021 von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#bioenergie-ein-weites-und-komplexes-feld>
- UNFCCC. (2022). *Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF)*. Von <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf> abgerufen
- Waldwissen. (22. 01 2007). *Prognose regionaler Energieholzpotenziale*. Von <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/holzenergie/prognose-regionaler-energieholzpotenziale> abgerufen
- Wasserwirtschaftsamt Deggendorf. (2022). *Abwasserentsorgung im Landkreis Freyung-Grafenau*. Von [https://www.wwa-deg.bayern.de/abwasser/landkreis\\_frg/index.htm](https://www.wwa-deg.bayern.de/abwasser/landkreis_frg/index.htm) abgerufen
- Wolf, K. (22. 09 2020). Altanlagen: Repowering nur im Ausnahmefall möglich.
- Zensus Datenbank. (2011). *Gebäude: Baujahr*. Abgerufen am 04. April 2019 von Zensus2011: <https://ergebnisse2011.zensus2022.de/datenbank/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1615562464674&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswahlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=3000G-1002&auswahl>
- zeozweifrei. (2023). *zeozweifrei, Wärmenetze*. Abgerufen am 20. März 2023 von <https://zeozweifrei.de/waermenetze/>
- Zwecksverband Abfallwirtschaft Donau-Wald. (2021). *ZAW Kompakt 2020. Zahlen. Daten. Fakten*. Von [https://www.awg.de/media/zaw\\_geschb\\_2020\\_web.pdf](https://www.awg.de/media/zaw_geschb_2020_web.pdf) abgerufen