

Fortschreibung des integrierten Klimaschutzkonzeptes der Landeshauptstadt Wiesbaden inklusive Erstellung eines Wärmeplans

- Ergebnisbericht -

vorgelegt der

Landeshauptstadt Wiesbaden; Umweltamt

von der

Arbeitsgemeinschaft

 INFRASTRUKTUR & UMWELT
Professor Böhm und Partner

einsfünf^o

GEF
Ingenieur AG

Verkehr mit
 **Köpfchen**

INHALTSVERZEICHNIS

Teil A: Einleitung / Grundlagen	1
1 Aufgabenstellung und Gegenstand der Untersuchung	1
Teil B: Bestandsanalyse	5
2 Bestandsanalyse Wärme	5
2.1. Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs	6
2.2. Wärmekataster.....	7
2.3. Versorgungsstruktur Gas- und Wärmeversorgung	11
2.3.1. Gasnetze 11	
2.3.2. Wärmenetze.....	11
2.4. Energiebilanz „Wärme“.....	14
3 Bestandsanalyse Mobilität	17
4 Bestandsanalyse Strom	24
5 Fokusbetrachtung „Energieverbrauch und THG-Emissionen Stadtverbund“	28
5.1. Bilanzrahmen	28
5.2. Energiebilanz für den Stadtverbund	31
5.3. THG-Bilanz für den Stadtverbund	33
5.4. Detailbetrachtung Fuhrpark (Verwaltung und ELW)	38
5.4.1. Datengrundlage.....	38
5.4.2. Annahmen 40	
5.4.3. Ergebnisse der Analyse	40
6 Energie- und THG-Bilanz für die Landeshauptstadt Wiesbaden	42
6.1. Methodischer Hinweis	42
6.2. Energiebilanz	46
6.3. THG-Bilanz	51
Teil C: Potenzialanalyse	56
7 Vorbemerkungen zur Methodik der Potenzialanalysen	56
8 Potenziale zur Wärmewende	59
8.1. Ermittlung der technischen Energieeinsparpotenziale	59
8.1.1. Gebäudesektor.....	59

8.1.2.	Prozesswärme	61
8.1.3.	Einsparpotenzial Gebäudesektor Stadtverbund	62
8.1.4.	Zusammenfassung: Energieeinsparpotenziale im Wärmesektor	63
8.2.	Nutzungspotenziale Erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung	64
8.2.1.	Biomasse 64	
8.2.1.1	<i>Feste Biomasse</i>	65
8.2.1.2	<i>Biogas / Biomethan</i>	66
8.2.1.3	<i>Deponie- / Klärgas</i>	67
8.2.2.	Solarthermie	67
8.2.3.	Geothermie.....	71
8.2.3.1	<i>Oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie</i>	71
8.2.3.2	<i>Tiefengeothermie</i>	72
8.2.3.3	<i>Thermalwasser</i>	74
8.2.4.	Oberflächengewässer und Abwasser	74
8.2.4.1	<i>Oberflächengewässer</i>	75
8.2.4.2	<i>Abwasser</i>	77
8.2.5.	Klärschlamm- und Müllverbrennung	79
8.2.5.1	<i>Klärschlammverbrennung</i>	79
8.2.5.2	<i>Müllverbrennung</i>	79
8.2.6.	Industrielle Abwärme.....	80
8.2.7.	Luft 80	
8.2.8.	Zusammenfassung „Potenziale zur Wärmewende“	81
8.3.	Perspektive „Erneuerbare Gase“	85
9	Potenziale zur Mobilitätswende	86
9.1.	Gesamtstadt.....	86
9.2.	Stadtverbund / kommunale Flotte.....	90
10	Potenziale zur Stromwende.....	92
10.1.	Strom-Einsparpotenziale	92
10.1.1.	Haushalte 92	
10.1.2.	Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie.....	94
10.1.3.	Stadtverbund.....	95
10.1.3.1	<i>Liegenschaften</i>	95
10.1.3.2	<i>Straßenbeleuchtung</i>	95
10.1.4.	Zusammenfassung Stromeinsparpotenziale.....	96
10.2.	Stromerzeugungs-Potenziale durch Erneuerbaren Energie und Kraft- Wärme-Kopplung	97
10.2.1.	Windkraft 97	
10.2.2.	Wasserkraft	97

10.2.3. Biomasse	98
10.2.3.1 Biogene Gase.....	98
10.2.3.2 Feste Biomasse.....	98
10.2.4. Tiefe Geothermie	98
10.2.5. Photovoltaik.....	98
10.2.5.1 Gebäude.....	99
10.2.5.1.1 Gesamtstädtisches Potenzial.....	99
10.2.5.1.2 Potenzieller Beitrag städtischer Gebäude.....	100
10.2.5.2 Freiflächen / Agri-PV	102
10.2.5.3 Verkehrswegeintegrierte PV	104
10.2.6. Müllverbrennung	104
10.2.7. Dekarbonisierte Kraft-Wärme-Kopplung	104
10.2.8. Zusammenfassung „Potenziale zur Stromerzeugung aus EE und KWK“	105
Teil D: Fokusbetrachtung „Wärmewende“	106
11 Wärmebedarfsentwicklung.....	106
12 Einteilung des Stadtgebietes in unterschiedliche Wärmeversorgungsgebiete	111
12.1. Fernwärmevorranggebiete	113
12.2. Vorranggebiete für Wärmepumpen	114
12.3. Hybridgebiete	117
13 Szenarien zur Entwicklung der Wärmeversorgung im Gebäudesektor der Landeshauptstadt Wiesbaden	118
Teil E: Strom / Wärme / Mobilität: Sektorübergreifende Szenarien für das Zieljahr 2045	125
14 Einführung.....	125
15 Annahmen zu den Szenarien.....	126
16 Entwicklung des Energieverbrauchs und des Energieträgermixes	130
16.1. Wärme	130
16.2. Mobilität	131
16.3. Strom	132
16.4. Zusammenfassung: Entwicklung Endenergieverbrauch und Energieträgermix in der Landeshauptstadt Wiesbaden	135
17 Entwicklung des Beitrags erneuerbarer Energien und effizienter Erzeugungstechnologien zur Stromerzeugung (territoriale Betrachtung)	143

18	Entwicklung der THG-Emissionen	145
19	Fokusbetrachtung Stadtverbund	151
19.1.	Wärme	151
	19.1.1. Einsparung	152
	19.1.2. Energieträgerwechsel	152
19.2.	Strom	153
19.3.	Mobilität	153
19.4.	Entwicklung der THG-Emissionen	154
Teil F:	Ziele / Maßnahmen / Handlungsprogramm	155
20	Vorschläge zu Zielen und Teilzielen für die Landeshauptstadt Wiesbaden	155
20.1.	Ziele auf Ebene des Bundes und des Landes	155
	20.1.1. Bundesrepublik Deutschland	155
	20.1.2. Land Hessen	157
20.2.	Landeshauptstadt Wiesbaden	158
	20.2.1. Aktuelle Beschlusslage	158
	20.2.2. Entwicklungen seit 1990 und mögliche Veränderungen bis 2045	158
	20.2.3. Vorschlag für die Neudefinition der Ziele in der Landeshauptstadt Wiesbaden	161
21	Maßnahmen	164
21.1.	Übersicht über die Maßnahmen nach Handlungsfeld, Themenfeld und Maßnahmengruppe	165
	21.1.1. Handlungsfeld „Energie“	165
	21.1.2. Handlungsfeld „Mobilität“	166
	21.1.3. Handlungsfeld „Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)“	167
	21.1.4. Handlungsfeld „Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften“	168
21.2.	Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen	169
	21.2.1. Methodik zur Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen	169
	21.2.2. Übersicht über die Priorisierung der Maßnahmen	172
21.3.	Treibhausgasminderung	176
21.4.	Kosten und Ressourcenbedarf	178
	21.4.1. Gesamtstadt	178
	21.4.2. Haushalt der Landeshauptstadt Wiesbaden	180
	21.4.2.1 Sachmittel	180
	21.4.2.2 Personalbedarf	183

22	Literaturverzeichnis	185
-----------	-----------------------------------	------------

ANHÄNGE

- Szenario für das Zieljahr 2035
- Entwicklung des Beitrags erneuerbaren Energien und effizienter Erzeugungstechnologien zur Stromerzeugung der Landeshauptstadt Wiesbaden (territoriale Betrachtung)
- Kartenwerk Wärmeplanung

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Aufteilung der Energieträger zur Wärmeversorgung für Wiesbaden im Jahr 2020 (ohne Prozesswärme)	14
Tabelle 2:	Aufteilung der Energieträger ausschließlich für Prozesswärme für Wiesbaden im Jahr 2020.....	15
Tabelle 3:	Anteile Prozesswärme und Heizwärme am Gesamtenergieverbrauch in Wiesbaden im Jahr 2020.....	15
Tabelle 4:	Aufteilung des Heizwärmebedarfs nach Gebäudenutzung für 2020	17
Tabelle 5:	Bilanzielle Deckung des Stromverbrauchs durch im Stadtgebiet erzeugten EE-Strom (Mainz, Frankfurt, Darmstadt).....	27
Tabelle 6:	Anzahl Fahrzeuge nach Typ und Antrieb	41
Tabelle 7:	Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern (Datentabelle)	47
Tabelle 8	Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern in der Landeshauptstadt Wiesbaden (Datentabelle).....	52
Tabelle 9:	Entwicklung der THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden (Datentabelle)	53
Tabelle 10:	Entwicklung der einwohnerspezifischen THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden in [t CO ₂ eq. / EW*a] (Datentabelle).....	55
Tabelle 11:	Aufteilung des Wärmebedarfs in Sektoren sowie Raumwärme, Wärme für Warmwasserbereitung und Prozesswärme.....	61
Tabelle 12:	Solarthermie-Potenzial der Stadt Wiesbaden	70
Tabelle 13:	Abschätzung der potenziellen Wärmeeinspeisung „Großwärmepumpe Rhein“	76
Tabelle 14:	Abschätzung der potenziellen Wärmeeinspeisung „Hauptklärwerk Wiesbaden“.....	78
Tabelle 15:	Abschätzung der potenziellen Wärmeeinspeisung „Klärwerk Biebrich“	78
Tabelle 16:	Übersicht erneuerbare Potenziale zur Wärmeversorgung (Eignung, Vorteile, Restriktionen, Verfügbarkeit).....	82
Tabelle 17:	technische Potenziale zur Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien und deren aktuelle Nutzung	84
Tabelle 18:	Einsparpotenzial Stromverbrauch private Haushalte	93
Tabelle 19:	Annahmen zur Photovoltaik (Gebäudebezogene Anlagen)	100
Tabelle 20:	Grobe Abschätzung der PV-Potenziale durch Dachflächenanlagen auf städtischen Gebäuden	101
Tabelle 21:	Annahmen zur Photovoltaik (Freiflächen / Agri PV).....	102

Tabelle 22:	Szenarienbetrachtung: Annahmen zur Entwicklung des Energieverbrauchs	127
Tabelle 23:	Szenarienbetrachtung: Annahmen zur Transformation der Wärmeversorgung.....	128
Tabelle 24:	Szenarienbetrachtung: Annahmen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung	129
Tabelle 25:	THG-Minderungspfade des Klimaschutzgesetzes vom 24.06.2021.....	155
Tabelle 26	Ergebnisse der Energiebilanz in Wiesbaden	158
Tabelle 27	Ergebnisse der Szenarienbetrachtung für Wiesbaden.....	160
Tabelle 28:	Maßnahmenpriorisierung; Aufteilung nach Handlungs- und Themenfeldern.....	172
Tabelle 29:	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Energie“	173
Tabelle 30:	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Mobilität“	174
Tabelle 31:	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)“	174
Tabelle 32:	Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften“	175
Tabelle 33:	Quantifizierbarer Beitrag der Maßnahmen zur THG-Minderung [t CO ₂ eq. / a] nach Priorität	176
Tabelle 34:	Quantifizierbarer Beitrag der Maßnahmen zur THG-Minderung [t CO ₂ eq. / a] nach Zeitpunkt des Maßnahmenbeginns	177
Tabelle 35:	Quantifizierbare Gesamtkosten aller Maßnahmen bis 2045 (ohne Abzug möglicher Fördermittel und ohne Gegenrechnung von Einspareffekten).....	178
Tabelle 36:	Quantifizierbare Gesamtkosten der für den Haushalt der LHW wirksamen Maßnahmen bis 2045 (ohne Abzug möglicher Fördermittel und ohne Gegenrechnung von Einspareffekten)	180
Tabelle 37:	Quantifizierbare Gesamtkosten der haushaltswirksamen Maßnahmen (nach Abzug möglicher Fördermittel)	181
Tabelle 38:	Mittelfristiger Finanzbedarf für den Haushalt der LHW wirksamen Maßnahmen nach Haushaltjahren bis 2027 (nach Abzug möglicher Fördermittel)	182
Tabelle 39:	Zusätzlicher Personalbedarf (VZ-Äquivalente, nur Verwaltung) nach Priorität	183
Tabelle 40:	Zusätzlicher Personalbedarf (VZ-Äquivalente, nur Verwaltung) nach Status bzw. Zeitpunkt des Maßnahmenbeginns	184

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Siedlungstypen Landeshauptstadt Wiesbaden.....	5
Abbildung 2: Bilanzgrenzen im Gebäude	7
Abbildung 3: Wärmedichtekarte Wiesbaden 2020	9
Abbildung 4: Verschneidung verschiedener Datenquellen	10
Abbildung 5: Übersicht Energieträger und Energienetze (Gas: gelb, Fernwärme: blau, sonstige Energieträger)	11
Abbildung 6: Fernwärmenetz	12
Abbildung 7: Aufteilung der Energieträger zur Wärmeversorgung für Wiesbaden im Jahr 2020 (ohne Prozesswärme)	14
Abbildung 8: Aufteilung der Energieträger ausschließlich für Prozesswärme für Wiesbaden im Jahr 2020.....	15
Abbildung 9: Anteile Prozesswärme und Heizwärme am Gesamtenergieverbrauch in Wiesbaden im Jahr 2020	16
Abbildung 10: Aufteilung des Heizwärmebedarfs nach Gebäudenutzung für 2020	16
Abbildung 11 Aktueller Modal Split in Wiesbaden, Hauptverkehrsmittel im Jahr 2018.....	18
Abbildung 12: Aktueller Modal Split in Mannheim als Stadt mit vergleichbarer Einwohnerzahl und Struktur,	18
Abbildung 13: Ein- und Auspendlerzahlen Wiesbadens und wichtige Quell- und Zielorte.....	19
Abbildung 14: Geschützter Radfahrstreifen in der Wiesbadener Innenstadt	21
Abbildung 15: Baugebiet Hainweg in Nordenstadt.....	23
Abbildung 16: Entwicklung des Stromverbrauchs nach Sektoren in der Landeshauptstadt Wiesbaden	25
Abbildung 17: Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien und KWK in den Grenzen der Landeshauptstadt Wiesbaden im Jahr 2020	26
Abbildung 18: Energieverbrauch Stadtverbund nach Energieträgern 2018-2020	31
Abbildung 19: Energieverbrauch Stadtverbund nach Organisationen 2018-2020	32
Abbildung 20: THG-Emissionen Stadtverbund 2019.....	33
Abbildung 21: Emissionen Stadtverbund nach Energieträgern 2018-2020.....	34
Abbildung 22: Emissionen Stadtverbund nach Organisationseinheiten 2018-2020.....	35
Abbildung 23: Emissionen Stadtverbund nach Organisationen, gemittelt 2018 - 2020.....	36
Abbildung 24: Emissionen Stadtverbund im Jahr 2019; Anteile nach Energieträger und Organisationseinheit (gerundet)	37

Abbildung 25: Emissionen Stadtverbund im Jahr 2019; Anteile nach Nutzung 2019.....	38
Abbildung 26 Bilanzierung des Verkehrssektors: Territorial- und Verursacherprinzip im Vergleich	45
Abbildung 27: Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträger in der Landeshauptstadt Wiesbaden	46
Abbildung 28: Energieträger für die Wärmebereitstellung 2020	48
Abbildung 29: Spezifischer Energieverbrauch nach Anwendung, Vergleich zwischen Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweiten Werten für 2020 je Einwohner	48
Abbildung 30: Spezifischer Energieverbrauch nach Anwendung, Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweit für 2020 je Einwohner	49
Abbildung 31: Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs je Einwohner nach Verbrauchssektoren in der Landeshauptstadt Wiesbaden.....	50
Abbildung 32: Vergleich des Energieverbrauchs nach Sektoren, Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweit für 2020	50
Abbildung 33: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern in der Landeshauptstadt Wiesbaden	51
Abbildung 34: Entwicklung der THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden	53
Abbildung 35 Entwicklung der einwohnerspezifischen THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden	54
Abbildung 36: Technisches Potenzial zur Reduzierung des Wärmebedarfs im Gebäudesektor und Abschätzung der Potenzialausschöpfung für 2030 und 2045 im Vergleich zum Stand 2020	60
Abbildung 37: Technisches Potenzial zur Reduzierung des Prozesswärmebedarfs und Abschätzung der Potenzialausschöpfung für 2030 und 2045 im Vergleich zum Stand 2020	61
Abbildung 38: Technisches Potenzial zur Reduzierung des Wärmebedarfs des Stadtverbunds und Abschätzung der Potenzialausschöpfung für 2030 und 2045.....	62
Abbildung 39: Technische Einsparpotenziale und mögliche Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs (Raumwärme / Prozesswärme) für 2030 und 2045 im Vergleich zum Stand 2020.....	63
Abbildung 40: Eignung des Stadtgebietes für den Einsatz fester Biomasse in dezentralen Feuerungsanlagen.....	66
Abbildung 41: Oberflächennahe Geothermie in Wiesbaden; Eignungsgebiete / Wasserschutzgebiete.....	71
Abbildung 42: Wassertemperaturen in 4.000 m Tiefe in Hessen.....	73

Abbildung 43: Nutzungsschema Winter und im Sommer der „Großwärmepumpe Rhein“	77
Abbildung 44: Vergleich des Stromverbrauchs (Status-Quo und technisches Potenzial) ohne Sektorenkopplung und ohne zusätzliche Verbräuche	96
Abbildung 45: Visualisierung einer bifazialen PV-Anlage über einer Autobahn	104
Abbildung 46: Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK in der Landeshauptstadt Wiesbaden	105
Abbildung 47: Wärmebedarfsentwicklung im TREND-Szenario 2020, 2030 und 2045...	107
Abbildung 48: Wärmebedarfsentwicklung im ZIEL 2045-Szenario	108
Abbildung 49: Wärmebedarfsentwicklung Wohngebäude im TREND-Szenario, 2020-2045...	109
Abbildung 50: Wärmebedarfsentwicklung Wohngebäude im ZIEL 2045-Szenario, 2020-2045	109
Abbildung 51: Wärmebedarfsentwicklung nach Sektoren im TREND-Szenario, 2020-2045	110
Abbildung 52: Wärmebedarfsentwicklung nach Sektoren im ZIEL 2045-Szenario, 2020-2045	110
Abbildung 53: Kriterien zur Einteilung der Eignungsgebiete	111
Abbildung 54: EE-Versorgungsoptionen für unterschiedliche Siedlungstypen	112
Abbildung 55: Fernwärmevorranggebiete und Eignungsgebiete für sonstige Versorgungsarten	113
Abbildung 56: Mögliche Entwicklung des Wärmebedarfs und des Energieträgermix in den FW-Vorranggebieten (Ist-Zustand und 2045).....	114
Abbildung 57: Eignung für den Einsatz von Luft-/Wasser-Wärmepumpen im Stadtgebiet	115
Abbildung 58: Eignung für den Einsatz von Erdwärmepumpen im Stadtgebiet	116
Abbildung 59: Eignung des Stadtgebietes für den Einsatz von Abwasser-Wärmepumpen	117
Abbildung 60: Mögliche Entwicklung der zukünftigen Energieträger im Gebäudesektor für den Wärmebedarf von Wiesbaden im TREND-Szenario.....	118
Abbildung 61: Mögliche Entwicklung der zukünftigen Energieträger im Gebäudesektor für den Wärmebedarf von Wiesbaden im ZIEL 2045-Szenario.....	119
Abbildung 62: Einspeiseverhältnisse einer zukünftigen Fernwärmeversorgung ohne Wärmespeicher	120
Abbildung 63: Einspeiseverhältnisse einer zukünftigen Fernwärmeversorgung mit Wärmespeicher	120

Stand: 04. Dez. 2023

Abbildung 64: Mögliche Fernwärmeentwicklung inklusive saisonaler Großwärmespeicher 2020-2045	121
Abbildung 65: Mögliche Fernwärmeentwicklung ohne saisonaler Großwärmespeicher 2020-2045.....	121
Abbildung 66: Mögliche Fernwärmeentwicklung ohne saisonaler Großwärmespeicher im TREND-Szenario.....	122
Abbildung 67: Mögliche Entwicklung der Wärmeerzeugung inklusive Großwärmespeicher im Gebäudesektor im ZIEL-Szenario.....	123
Abbildung 68: Mögliche Entwicklung der Wärmeerzeugung ohne Großwärmespeicher im Gebäudesektor im ZIEL-Szenario.....	123
Abbildung 69: Mögliche Entwicklung der Wärmeerzeugung ohne Großwärmespeicher im TREND-Szenario.....	124
Abbildung 70: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs im Mobilitätssektor im TREND-Szenario 1990-2045	131
Abbildung 71: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs im Mobilitätssektor im ZIEL 2045-Szenario 1990-2045	131
Abbildung 72: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs ohne Sektorenkopplung im TREND-Szenario.....	133
Abbildung 73: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs ohne Sektorenkopplung im ZIEL 2045--Szenario	134
Abbildung 74: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs nach Sektoren im TREND-Szenario	135
Abbildung 75: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs nach Sektoren im ZIEL 2045-Szenario	136
Abbildung 76: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszweck im TREND-Szenario	137
Abbildung 77: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszweck im ZIEL 2045-Szenario	138
Abbildung 78: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs nach Anwendungszweck im TREND-Szenario.....	139
Abbildung 79: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs nach Anwendungszweck im ZIEL 2045-Szenario	139
Abbildung 80: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im TREND-Szenario	140
Abbildung 81: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im ZIEL 2045-Szenario	141

Stand: 04. Dez. 2023

Abbildung 82: Mögliche Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungsanlagen in der Landeshauptstadt Wiesbaden im TREND-Szenario	143
Abbildung 83: Mögliche Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungsanlagen in der Landeshauptstadt Wiesbaden im ZIEL 2045-Szenario	144
Abbildung 84: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im TREND-Szenario für die Landeshauptstadt Wiesbaden	146
Abbildung 85: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im ZIEL 2045-Szenario für die Landeshauptstadt Wiesbaden	147
Abbildung 86: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen nach Verbrauchssektoren im TREND-Szenario.....	148
Abbildung 87: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen nach Verbrauchssektoren im ZIEL 2045-Szenario	149
Abbildung 88: Landeshauptstadt Wiesbaden auf dem Weg zur THG-Neutralität	150
Abbildung 89: Ausschnitt der Energieverbrauchsanalyse Wärme der Liegenschaften der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Wiesbaden	151
Abbildung 90: Ausschnitt der Energieverbrauchsanalyse Strom der Liegenschaften der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Wiesbaden	153

ABKÜRZUNGEN

a	annum (Jahr)
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V.
BAB / B	Bundesautobahn / Bundesstraße
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BAV	Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderungen Effiziente Wärmenetze
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal ¹
BMHKW	Biomasse-Heizkraftwerk
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ eq.	CO ₂ -Äquivalent; Maß für das Treibhauspotenzial eines Stoffes oder die klimaschädliche Wirkung einer Aktivität
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
dena	Deutsche Energieagentur
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMoG	Elektromobilitätsgesetz
ETS-Betrieb	Betrieb, der verpflichtend am Europäische Emissionshandel (EU-ETS) teilnimmt ²
EW	Einwohner*in
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GPR	Gesamtpersonalrat
GSBV	Gesamtschwerbehindertenvertretung
GWh / a	Gigawattstunde pro Jahr
K	Kelvin; Kelvin ist eine Temperatureinheit; 1 Kelvin entspricht 1 °Celsius Temperaturunterschied

¹ Die Bilanzierungssystematik kommunal – kurz BISKO – ist ein im Auftrag des Umweltbundesamtes erarbeiteter Standard für die Erstellung kommunaler Klimabilanzen.

² Der Europäische Emissionshandel (EU-ETS) ist seit 2005 das zentrale Klimaschutzinstrument der EU. Im EU-ETS werden einerseits Obergrenzen für Treibhausgasemissionen festgelegt und die Betriebe können mit Emissionsberechtigungen auf dem Markt frei handeln.

Stand: 04. Dez. 2023

KEP	Kurier -, Express- und Paketdienstleistungen
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Klimabündnis	Klima-Bündnis europäischer Städte mit den indigenen Völkern der Regenwälder zum Erhalt der Erdatmosphäre e.V.
kWh	Kilowattstunde
kWh / m ² a	Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr
kWh _{peak}	Installierte Leistung von PV-Anlagen (unter Standard-Testbedingungen)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung
LHW	Landeshauptstadt Wiesbaden
LCA	Life Cycle Assessment / Life Cycle Analysis (Lebenszyklusanalyse)
Lkw	Lastkraftwagen und Sattelzugmaschinen
LNf	Leichte Nutzfahrzeuge
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Megawattstunde (=1.000 Kilowattstunden)
MWh / a	Megawattstunde pro Jahr
MW _{peak}	Installierte Leistung von PV-Anlagen (unter Standard-Testbedingungen)
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NVP	Nahverkehrsplan
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik (direkte Stromerzeugung aus Sonnenenergie)
t / a	Tonnen pro Jahr
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt

Teil A: Einleitung / Grundlagen

1 Aufgabenstellung und Gegenstand der Untersuchung

Klimaschutz ist eine globale gesamtgesellschaftliche Aufgabe, Kommunen sind dabei zentrale Akteure. Diese tragen eine wesentliche Verantwortung für das Erreichen der internationalen gesetzten Klimaschutzziele wie das 2° C Ziel des Pariser Klimaabkommens. Städte nehmen zwar nur circa 3 % der Erdoberfläche ein, emittieren aber über 70 % des globalen energiebezogenen CO₂-Ausstoßes. Zur gleichen Zeit sind sie von den Folgen des Klimawandels, wie beispielsweise der verstärkten Hitzebelastung, Starkregenereignissen und Überschwemmungen, besonders betroffen.

Klimaschutz wird in Wiesbaden bereits seit vielen Jahren intensiv verfolgt. So dokumentiert die Stadt bereits seit 1990 regelmäßig die lokalen Aktivitäten im Bereich Klimaschutz mittels eines Klimaschutzberichtes. Seit 1995 ist Wiesbaden Mitglied des „Klima-Bündnis“ der europäischen Städte. Damit hat sich die Landeshauptstadt verpflichtet, durch Informationen, Angebote und Entscheidungen den CO₂-Ausstoß erheblich zu reduzieren.

Im Jahr 2007 beschloss die Stadtverordnetenversammlung den Gesamtenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 um 20 % bezogen auf das Jahr 1990 zu reduzieren. Zudem sollte der Anteil an Erneuerbaren Energien an der verbrauchten Energie (Primärenergie) auf 20 % erhöht werden.

Seit 2010 ist die Landeshauptstadt Wiesbaden Teil des Bündnisses „Hessen aktiv: Die Klima-Kommunen“. Die damit verbundene Selbstverpflichtung unterstreicht den festen Willen der Landeshauptstadt den Energieverbrauch in öffentlichen Einrichtungen zu verringern und den Einsatz Erneuerbarer Energien zu verstärken. Durch das in 2023 verabschiedete hessische Klimaschutzgesetz und den Klimaplan Hessen, der konkrete Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen festschreibt, wurden die Klimaschutzziele auf Landesebene deutlich konkretisiert und festgeschrieben, was auch in einer Steigerung der geplanten Klimaschutzaktivitäten der hessischen Kommunen Ausdruck findet.

Ergänzend zu den benannten Aktivitäten findet in Wiesbaden ein regelmäßiger, aktiver interkommunaler Austausch zu verschiedenen Klimaschutzthemen auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene statt.

Im Jahr 2015 entwickelte die Landeshauptstadt mit einer Bürgerbeteiligung ein erstes integriertes Klimaschutzkonzept. Das Konzept dokumentiert, welche technischen

und wirtschaftlichen CO₂-Minderungspotenziale in Wiesbaden bestehen und mit welchen Maßnahmen die Energieverbräuche und die Treibhausgasemissionen vermindert werden können. Der dabei entstandene und von der Stadtverordnetenversammlung zur Umsetzung beschlossene Maßnahmenkatalog war Grundlage für die Umsetzung vieler erfolgreich abgeschlossener Klimaschutzprojekte.

Die Landeshauptstadt unterstützt im Wiesbadener Stadtgebiet Hauseigentümer, Eigentümergemeinschaften und Mieter mit finanziellen Zuschüssen zu energetischen Sanierungsmaßnahmen an ihrem Gebäude oder ihrer Wohnung. Das Förderprogramm möchte dazu motivieren Energieeinsparinvestitionen umzusetzen und ist auch attraktiv bei umfangreichen Sanierungsvorhaben.

Seit 2018 gewährt Wiesbaden Investitionszuschüsse für Solarstromanlagen und Batteriespeicher. Gefördert wird im Stadtgebiet die Errichtung einer Photovoltaikanlage an und auf bestehenden Gebäuden.

Im Sommer 2019 erklärte die Landeshauptstadt den Klimanotstand und stellt künftig alle Entscheidungen der Stadt und ihrer Gesellschaften unter den Klimaschutzvorbehalt. Das bedeutet: Alle klimarelevanten Vorhaben, Projekte und Prozesse sind hinsichtlich ihrer Klimafolgen zu bewerten und mit Blick auf ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele zu prüfen. Dabei sind klimafreundlichere Alternativen zu entwickeln und abzuwägen. Gleichzeitig verpflichtete sich die Landeshauptstadt zu den Zielen des Pariser Abkommens (COP 2015). Wie im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung im Jahr 2016 präzisiert wurde, sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990 reduziert werden. Die Erfüllung dieser Ziele erfordert ein grundlegendes Umdenken und wirksame Maßnahmen in allen Bereichen.

Die Stadtverordnetenversammlung hat 2023 den Beschluss zum Klimanotstand bekräftigt und die Wiesbadener Klimaschutzziele nachgeschärft: Bis 2035 wird die Klimaneutralität der Stadt insgesamt angestrebt.

Als Konsequenz des Klimanotstandes, der 2019 in Wiesbaden ausgerufen wurde, hat die Landeshauptstadt Wiesbaden 2020 das Klimaschutz-Management-System (KSMS) gestartet. Es verfolgt das Ziel, in den Organisationen und Prozessen des Wiesbadener Stadtverbunds (Ämter, Dezernate, Eigenbetriebe und städtische Beteiligungen) kontinuierlich Verbesserungen im Sinne des Klimaschutzes herbeizuführen. Gleichfalls soll die Vorbildrolle der Kommune beim Erreichen der Klimaschutzziele unterstrichen werden.

Unter dem Vorsitz des Oberbürgermeisters berät im Klimaschutz-Management-System ein Lenkungskreis die strategischen Klimaschutzziele, während in ämterübergreifenden Arbeitsgruppen konkrete Maßnahmen erarbeitet werden. Die im Umweltamt Wiesbaden angesiedelte Stabsstelle KSMS koordiniert den Gesamtprozess.

Klimaschutz wird in Wiesbaden als Querschnittsaufgabe verstanden und praktiziert – als ein Thema, das nur im Miteinander, im intensiven Dialog auch mit der Bevölkerung und der Wirtschaft gelingen kann. Das Umweltamt führt daher nicht nur eigene Klimaprojekte durch. Es hat auch die Federführung für die Initiierung und Koordination der städtischen Maßnahmen inne und wird zukünftig auf gesamtstädtischer Ebene aktiv im Verbund der städtischen Ämter und weitere Akteure Klimaschutz in Wiesbaden weiter voranbringen.

Wesentliche Akteure für den Klimaschutz in Wiesbaden sind städtische Unternehmen wie zum Beispiel die ESWE Versorgungs AG, die ESWE Verkehrsgesellschaft mbH, die GWW Wiesbadener Wohnbaugesellschaft mbH, die Entsorgungsbetriebe, Hochschule RheinMain und Unternehmen sowie bürgerschaftliche Initiativen.

Die Fortschreibung des integrierten Klimaschutzkonzeptes soll, anknüpfend an bisherige Klimaschutzaktivitäten in Wiesbaden, eine fundierte und themenumfassende Handlungsgrundlage für die Fortsetzung bereits begonnener und die Entwicklung und Umsetzung zukünftiger Projekte schaffen. Durch gemeinsame, koordinierte Aktivitäten der beteiligten Akteure sollen die gesetzten Klimaschutzziele überprüft und die zur Zielerreichung notwendigen Maßnahmen definiert werden. Ziel ist es, einen gesellschaftlichen Dialog zu initiieren und einen breiten Konsens für Leitbild und Maßnahmen zu finden, um darauf aufbauend zukünftig handlungsfähig zu werden und auch zu bleiben.

Die hier vorliegende Fortschreibung umfasst insbesondere die folgenden Arbeitspakete:

- Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanz
- Aktualisierung der Potenzialanalyse
- Entwicklung sektorübergreifender Szenarien für das Zieljahr 2045
- Fortschreibung des Maßnahmenkatalogs

Um der besonderen Bedeutung des Wärmesektors für das Erreichen der Klimaschutzziele gerecht zu werden, umfasst die Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes auch eine „Fokusbetrachtung Wärmewende“ inklusive

Stand: 04. Dez. 2023

- einer differenzierten Bestandsaufnahme der Wärmeverbräuche und der Versorgungsstrukturen,
- der Erstellung eines Wärmekatasters,
- einer Analyse von Wärme-Einspar- und Erzeugungspotenzialen,
- der Erarbeitung eines Zielszenarios für die Wärmewende,
- der Erarbeitung von Vorschlägen zu einer Zonierung des Stadtgebietes nach „vorrangigen Versorgungsarten“.

Damit werden wichtige Grundlagen für die Erarbeitung eines „kommunalen Wärmeplans“ gelegt, die mittlerweile durch das Hessische Energiegesetz als kommunale Pflichtaufgabe in Hessen definiert wurde.

Infolge der Einrichtung des Klimaschutz-Management-Systems für den Stadtverbund wird ein Controlling zur Verfolgung der erzielten Fortschritte benötigt. Im Rahmen der Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes wurde durch die „Fokusbetrachtung Stadtverbund“ die folgenden Grundlagen geschaffen:

- detaillierte Erhebung der Energieverbräuche und Erstellung einer THG-Bilanz für den Stadtverbund (Ämter, Eigenbetriebe und städtische Gesellschaften),
- Erstellung eines Tools zur Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanz,
- Potenzialanalysen zu Energie- und THG-Einsparpotenzialen in den Liegenschaften der Stadtverwaltung und im Bereich des Fuhrparks
- Abschätzung von PV-Erzeugungspotenzialen in den Liegenschaften der Stadtverwaltung.

Der Bericht zur Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes für die Landeshauptstadt Wiesbaden ist wie folgt gegliedert:

- Teil A: Einleitung / Grundlagen
- Teil B: Bestandsanalyse
- Teil C: Potenzialanalyse
- Teil D: Fokusbetrachtung „Wärmewende“
- Teil E: Strom / Wärme / Mobilität: Sektorübergreifende Szenarien für das Zieljahr 2045
- Teil F: Ziel / Maßnahmen / Handlungsprogramm

Teil B: Bestandsanalyse

2 Bestandsanalyse Wärme

Die Landeshauptstadt Wiesbaden hat circa 296.000 Einwohner (Stand 2022) und umfasst über 46.000 Gebäude mit Wärmebedarf. Die Stadt beherbergt auch größere Industrieunternehmen, die einen nennenswerten Anteil Prozesswärme benötigen. Die Siedlungsstruktur stellt sich in Wiesbaden wie folgt dar³.

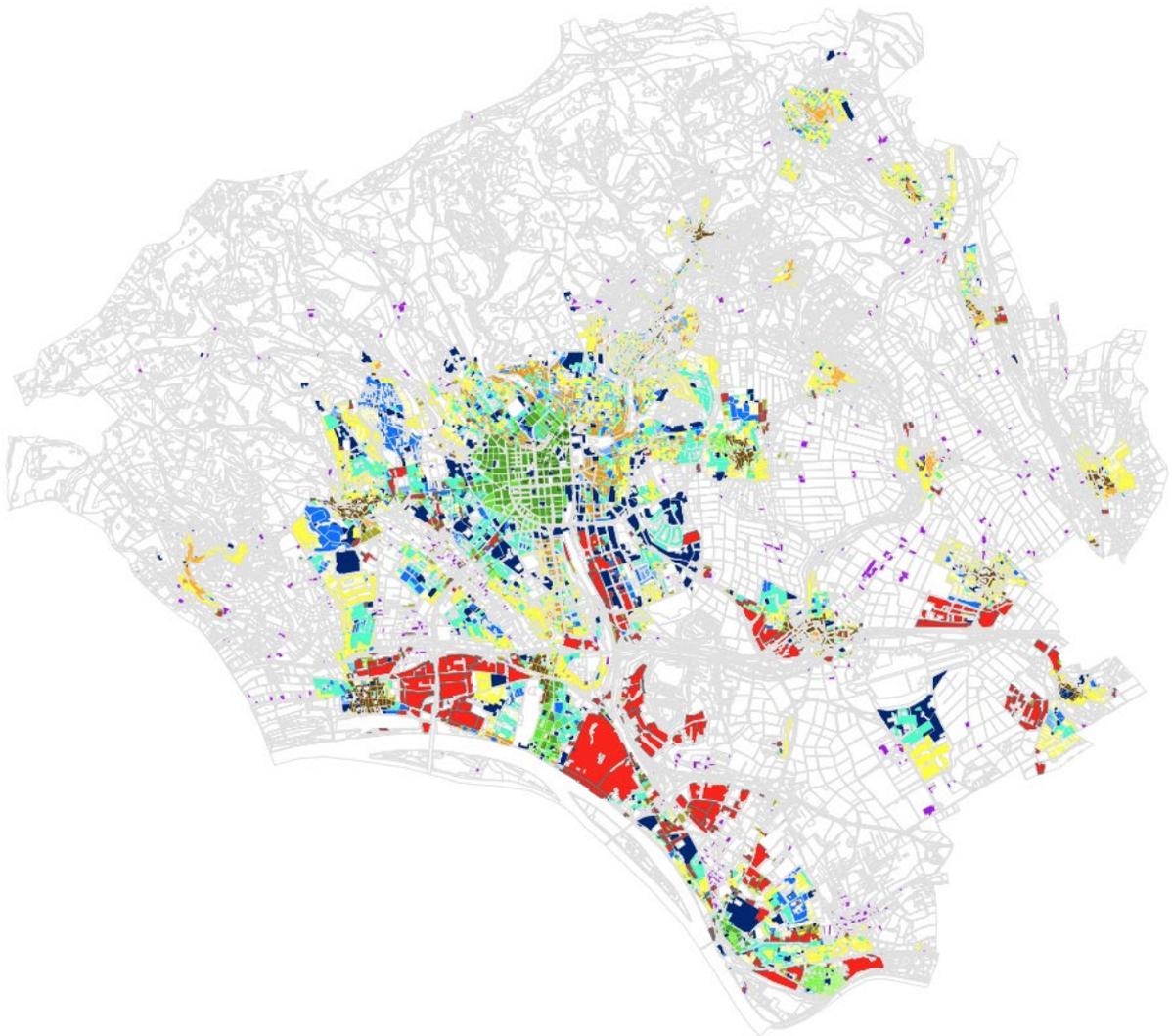


Abbildung 1: Siedlungstypen Landeshauptstadt Wiesbaden
Legende siehe folgende Seite

³ Die in den Text eingebundenen Karten dienen lediglich der Orientierung. Die Karten im Originalformat sind im Anhang dokumentiert.

	Blockbebauung, moderne Innenstadt u. Stadtteilzentren
	Blockbebauung, Geschlossene Blockbebauung der Innenstadt mit hohem Versiegelungsgrad
	Blockbebauung, Geschlossene bis offene Blockbebauung mit kleinen Gärten
	Blockbebauung, Niedrige Blockbebauung der Vorstadt und Stadtteilzentren
	Blockbebauung, Altstadt (historische Stadt- und Stadtteilzentren)
	Blockrandbebauung und entkernte Blöcke
	Zeilenbebauung
	Mischbebauung
	Einzel- und Doppelhausbebauung
	Reihenhausbebauung
	Villenbebauung
	Alter Ortskern, kaum noch durch Landwirtschaft geprägt
	Verstädterter Ortskern
	Einzelhof, Aussiedlerhof, landwirtschaftliches Gebäude, sonstiger Wohnplatz
	Großkomplex
	Hochhausbebauung, Bandthaus
	Punkthaus
	Industrie- und Gewerbefläche

Der aktuelle Wärmebedarf und -verbrauch wurde erhoben und in Form eines gebäudescharfen Wärmekatasters zusammengetragen und kartographisch dargestellt. Im Folgenden wird die Vorgehensweise bei der Erstellung des Wärmekatasters beschrieben und die daraus resultierenden Bilanzen abgebildet. Es wird auf die derzeitige Wärmeversorgungssituation eingegangen (Gas, Fernwärme, sonstige Energieträger) und mögliche Perspektiven für das Gasnetz aufgezeigt.

2.1. Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs

Als Basis für die Wärmeplanung ist in Zusammenarbeit mit den städtischen Ämtern sowie den Versorgungsunternehmen ESWE Versorgungs AG, InfraServ und Mainzer Netze GmbH ein gebäudescharfes Wärmekataster erstellt worden. Die Mainzer Netze GmbH sind zuständig für die Versorgung der Stadtbezirke Amöneburg, Kastel und Kostheim.

Zum Erstellen des Wärmekatasters sind Daten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) ergänzt durch Zusatzinformationen für kommunale Liegenschaften mit Verbrauchsdaten (Wärme und Strom) der Versorgungsunternehmen zusammengeführt worden. Für die nicht leitungsgebunden versorgten Gebäude wurden

Stand: 04. Dez. 2023

die Daten für Wiesbaden aus dem Produkt „Wärmeatlas Deutschland 2.0“ (WAD 2.0)⁴ verwendet (geomer GmbH, 2023). Der dem WAD 2.0 zugrundeliegende Datensatz be- ruht auf den Gebäudegeometrien im Level of Detail 1 (LoD1) der Arbeitsgemeinschaft für Vermessungsverwaltungen, Daten zur Verteilung energetischer Baualtersklassen auf einem bundesweiten Hektarraster und regionalen Klimadaten. Alle Gebäude sind nach dem ifeu-Gebäudesimulationsmodell GEMOD klassifiziert, das die Gebäude nach 14 Gebäudetypen und zusätzlich nach Baualtersklassen einteilt. Der Berechnung des Wärmebedarfs liegen spezifische Energiekennzahlen aus GEMOD für Raumwärme und Warmwasser (simulierter verbrauchskalibrierter Nutzenergiebedarf in kWh / m²) so- wie die aus den LoD1-Daten ermittelte energetische Nutzfläche zugrunde.

Die folgende Abbildung zeigt die Bilanzgrenze im Gebäude für Nutzenergie (NE), lo- kale Erzeugung (LE), Endenergie (EE) und Primärenergie (PE).

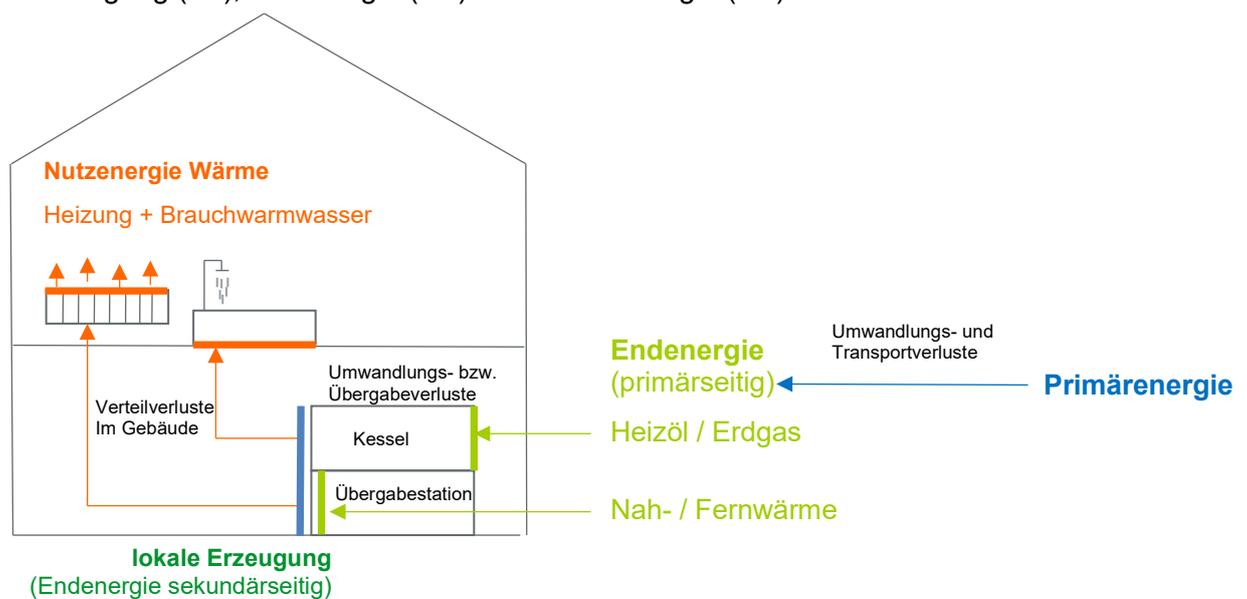


Abbildung 2: Bilanzgrenzen im Gebäude

Quelle: GEF in Anlehnung an (STMUG, 2011)

2.2. Wärmekataster

Im Rahmen der Fortschreibung des integrierten Klimaschutzkonzeptes der Landeshauptstadt Wiesbaden wurde ein Wärmekataster erstellt. Das Wärmekataster der Landeshauptstadt Wiesbaden ist ein kartografisches Verzeichnis, welches den

⁴ GeoBasis-DE / LDBV 2019 | geomer | ifeu | GEF. GeoBasis-DE / LDBV: <http://www.adv-online.de> | ifeu: <https://www.ifeu.de> | GEF: <http://www.gef.de> | geomer: <https://www.geomer.de>

Gebäudebestand mit den Wärme- und Strombedarfen darstellt. Es ist ein wichtiges Instrument für die räumlich aufgelöste Wärmeplanung der Stadt. Das Wärmekataster basiert auf Verbrauchsdaten aus dem Jahr 2020. Das Wärmekataster ist so angelegt, dass es zukünftig ergänzt, regelmäßig aktualisiert und für die kommunale Wärmeplanung verwendet werden kann.

Aus datenschutzrechtlichen Gründen (Stand 2021) dürfen die Verbrauchsdaten von den Energieversorgungsunternehmen nicht gebäudescharf zur Verfügung gestellt werden. Von der ESWE Versorgungs AG wurden die Verbrauchsdaten daher in Siedlungstypen basierenden Clustern zusammengefasst. Die Mainzer Netze GmbH teilten die jeweiligen Objekte bestimmten Größenkategorien zu. Zusammen mit den Daten aus dem Wärmeatlas Deutschland 2.0 entsteht somit ein flächendeckendes Informationssystem zum Abruf der Wärme- und Strombedarfe für Einzelgebäude. Aufgrund der Datengrundlage bzw. durch die Einschränkung durch den Datenschutz ist zu beachten, dass die leitungsgebunden versorgten Objekte, ausgenommen die öffentlichen Liegenschaften, nicht mit dem tatsächlichen Wärmeverbrauch abgebildet werden konnten. Die gemessenen Verbräuche innerhalb eines Clusters wurden anteilmäßig entsprechend den Nutzenergieflächen aus dem WAD 2.0 verteilt (ESWE-Verbrauchsdaten). In den Versorgungsgebieten der Mainzer Netze GmbH (Amöneburg, Kastell, Kostheim) wurden jeweils die Mittelwerte aus den einzelnen Größenkategorien verwendet. Da die Verbrauchsdaten aus unterschiedlichen Quellen mit unterschiedlicher Datenqualität stammen, wurde eine Priorisierung für die Verwendung der Daten festgelegt, falls für ein Objekt abweichende Werte vorlagen. Die nicht leitungsgebunden versorgten Objekte (z. B. Gebäude mit Ölheizungen) basieren, wie bereits erwähnt, auf den Daten des WAD 2.0.

Priorisierung der Datenquellen zur Anwendung im Wärmekataster:

- ESWE-Verbrauchsdaten 2020 für kommunale Liegenschaften (objektscharf)
- Vertriebsdaten der Stadt aus 2020 (objektscharf)
- Verbrauchsdaten der Mainzer Netze GmbH (2020) eingeteilt in Verbrauchsklassen
- Summenverbräuche je Cluster für Cluster mit mindestens 5 Zählpunkten
- Restverbräuche aufgeteilt auf Objekte in Clustern mit weniger als 5 Zählpunkten
- Sonstig versorgte Gebäude gemäß den Daten aus dem WAD 2.0

Die Wärmeverbrauchs- bzw. -bedarfsdaten umfassen sowohl die Wärme, die für Heizen und die Warmwasserbereitung benötigt wird, als auch Prozesswärme. Dabei wurde

Stand: 04. Dez. 2023

angenommen, dass der Prozessgasanteil für Industrie im Mittel 91 % beträgt und für Gewerbe / Handel / Dienstleistung (GHD) lediglich 12 % (BMWK, 2021). Zudem erfolgte eine Aufteilung des Wärmebedarfs in Heizwärme (Wohnen 83 %, Industrie und GHD 91 %) und Warmwasserbereitung (Wohnen 17 %, Industrie und GHD 9 %). Der Heizwärmebedarf wurde auf Basis der Klimafaktoren für Wiesbaden witterungsbereinigt. Die Wärmebedarfe aus dem WAD 2.0 wurden, um Konsistenz mit der Klimabilanz sicherzustellen, unter Berücksichtigung der Verteilverluste im Gebäude (10 %) in sekundäre Endenergie umgerechnet.

Für die Wärmedichtekarte wurden die sekundären Endenergiewerte pro Gebäude innerhalb der Cluster aufsummiert und eine Wärmedichte für jedes Cluster berechnet (siehe folgende Abbildung und Anhang).

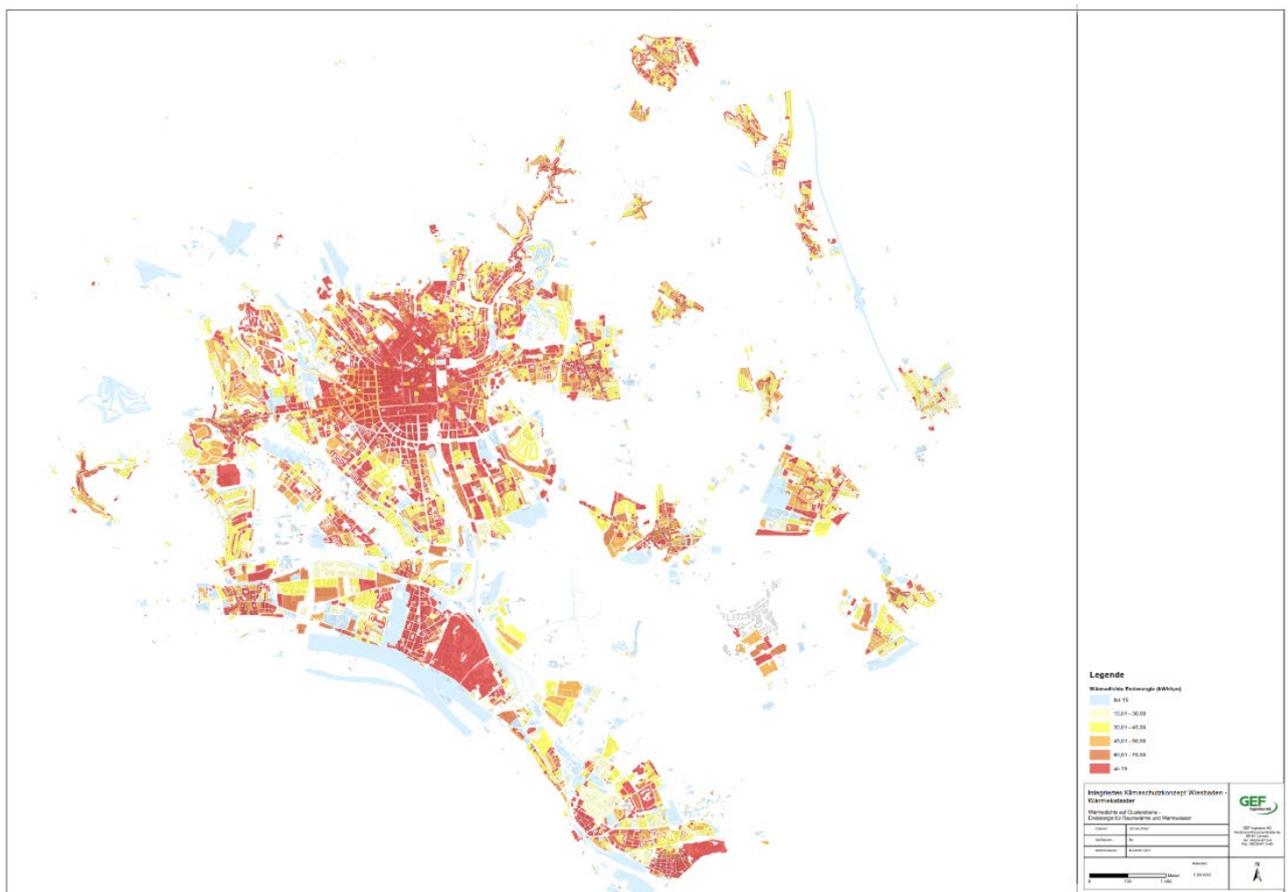


Abbildung 3: Wärmedichtekarte Wiesbaden 2020

Durch die dichte Bebauung liegt die Wärmedichte in großen Bereichen der Innenstadt über 75 kWh / m², während in den Randbezirken und umliegenden Stadtteilen nur vereinzelt Wärmedichten von mehr als 45 kWh / m² erreicht werden.

Stand: 04. Dez. 2023

Wärmedichten sind ein Indikator, der zur Identifikation von Gebieten für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung verwendet werden kann. Gebiete mit Wärmedichten größer $45 \text{ kWh} / \text{m}^2$ sind – eine entsprechende Anschlussdichte der Kunden vorausgesetzt – in der Regel wirtschaftlich mit Wärmenetzen zu erschließen. Auch in Gebieten mit geringerer Wärmedichte lassen sich heute bereits Wärmenetze unter bestimmten Randbedingungen wirtschaftlich betreiben (z. B. hohe Anschlussdichte auf der Kundenseite, niedrige Erschließungskosten auf der Netzseite, niedrige Wärmeerzeugungskosten durch Nutzung von Abwärme).

Ergänzend zu den Wärmebedarfs- und Verbrauchsdaten wurden Informationen zu Gebäudetypen und Baualtersklassen im Wärmekataster integriert. Die Kennzeichnung von Gebäudetypen bzw. die Zuteilung zu Sektoren (Haushalte, GHD, Industrie, öffentliche Liegenschaften) lagen in sehr grober Abstufung (Wohngebäude, Gebäude für öffentliche Zwecke und Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe) und mit lückenhafter Datengrundlage in den ALKIS-Daten vor. Zusätzlich wurden Informationen zu den Gebäudetypen über den WAD 2.0 eingespielt, welche wesentlich detaillierter aufgeschlüsselt sind. Eine Zuteilung zu Baualtersklassen lag nicht gebäudescharf vor, sondern nur eine Auswertung innerhalb der Baublöcke. Einzelne Gebäude innerhalb eines Baublocks wurden der Baualtersklasse zugeordnet, die in dem jeweiligen Baublock dominiert. Schließlich wurden alle verfügbaren Datenquellen miteinander verschnitten, woraus die sogenannte Mastertabelle als Grundlage für das Wärmekataster resultierte.

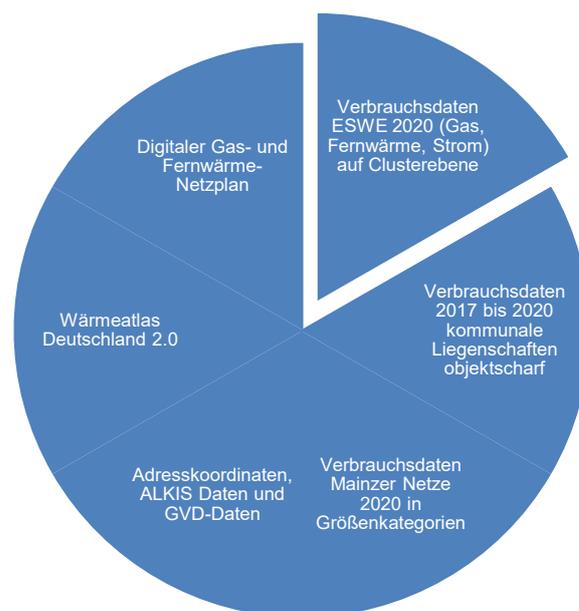


Abbildung 4: Verschneidung verschiedener Datenquellen

2.3. Versorgungsstruktur Gas- und Wärmeversorgung

Die folgende Abbildung liefert einen Überblick über die derzeitige Versorgungssituation der Landeshauptstadt Wiesbaden unterschieden in Energieträger (siehe auch Anhang).

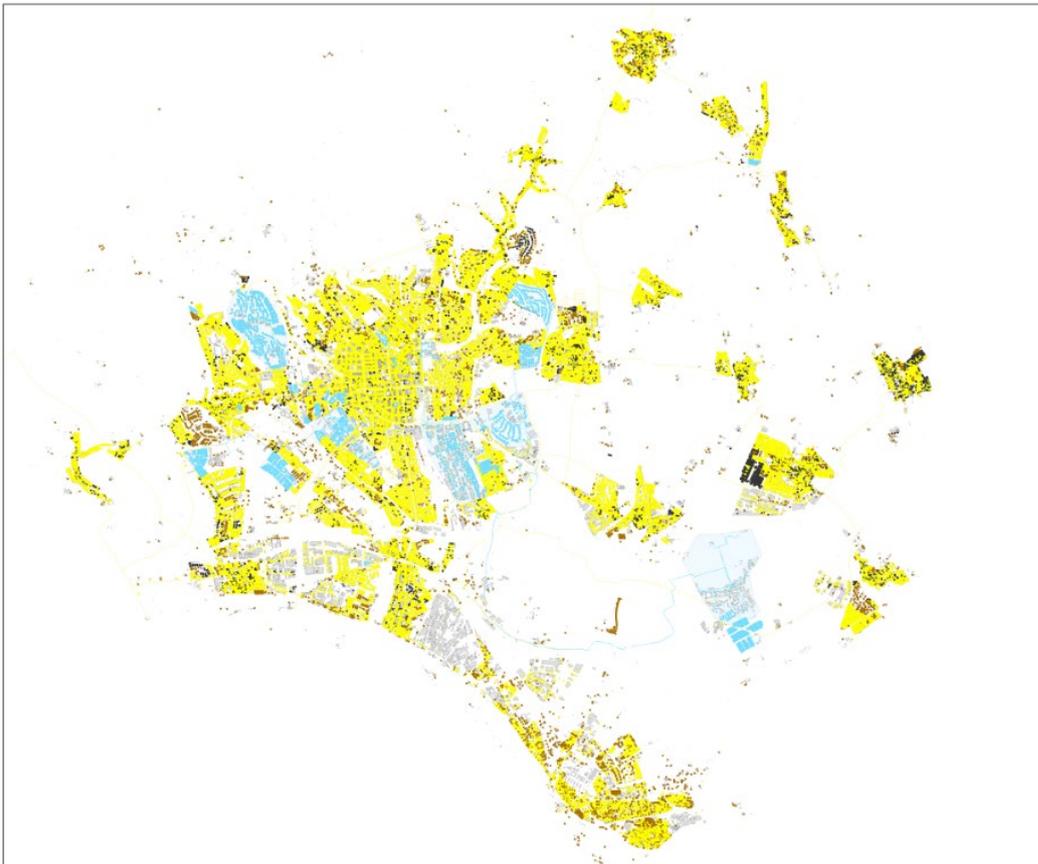


Abbildung 5: Übersicht Energieträger und Energienetze (Gas: gelb, Fernwärme: blau, sonstige Energieträger)

2.3.1. Gasnetze

Die Gasversorgung der Landeshauptstadt Wiesbaden teilen sich zwei Versorgungsunternehmen: die ESWE Versorgungs AG und die Mainzer Netze GmbH, welche die Stadtbezirke Amöneburg, Kastel und Kostheim mit Gas beliefert. Ergänzend dazu wird der Industriepark Kalle-Albert durch InfraServ Wiesbaden mit Gas versorgt.

2.3.2. Wärmenetze

Aktuell gibt es neben dem fast flächendeckenden Gasnetz in Wiesbaden auch Fern- und Nahwärmenetze.

Das Fernwärmeverbundnetz der ESWE Versorgungs AG inklusive Sekundärnetze erstreckt sich über die Mainzer Straße, Klarenthal, Europaviertel, Sauerland, sowie

über die Siedlungen der US-Army Hainerberg, Crest View und Aukamm. Hinzu kommen die Nahwärmeinseln Hermann-Löns-Siedlung, Parkfeld und Waldviertel.



Abbildung 6: Fernwärmenetz
(ESWE Versorgungs AG, 2022).

Die Fernwärme der ESWE Versorgungs AG wird überwiegend (> 70 %) aus Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt, wovon das Biomasseheizkraftwerk mit circa 60 % an der Wärmeerzeugung den Hauptanteil übernimmt. Aktuell werden also noch circa 40 % der Fernwärme der ESWE Versorgungs AG in Heizwerken oder Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) weitaus überwiegend mit fossilen Energieträgern und in kleinerem Umfang mit regenerativen Brennstoffen erzeugt.

Aktuell befindet sich das MHKW Wiesbaden im Bau, das neben Strom jährlich circa 100.000 MWh Wärme erzeugen wird, die nach Inbetriebnahme in das Fernwärmenetz der ESWE Versorgungs AG eingespeist werden soll.

Neben dem Verbundnetz der ESWE Versorgungs AG gibt es diverse Nahwärmenetze u.a. in Wiesbaden-Biebrich und der Kleinen Schwalbacher Straße.

Ein innovatives, umweltfreundliches Wärmeversorgungskonzept realisierte die ESWE Versorgungs AG für das neue Quartier „Wohnen westlich des Schlossparks“ in Wiesbaden-Biebrich. Hier werden fünf Mehrfamilienhäuser und zehn Reihenhäuser mit sogenannter „Kalter Nahwärme“ versorgt. Dabei handelt es sich um Wärmeenergie, die ansonsten ungenutzt an die Umwelt abgegeben würde – in diesem Fall Wärme aus Abwasser.

Hier nimmt ein Wärmetauscher aus dem Abwasserkanal, der unterirdisch entlang der Siedlung zum Klärwerk Biebrich führt, Wärmeenergie auf und überträgt sie auf das Transportmedium im Nahwärmenetz. Im Biebricher Projekt handelt es sich dabei um aufbereitetes Wasser. Dieses wird jedoch „nur“ auf eine Temperatur von circa 16°C im Jahresmittel erwärmt und dann in die einzelnen Gebäude verteilt – daher der Name „Kalte Nahwärme“. Das reicht aber aus, um sie mit Wärmepumpen für moderne, energetisch optimierte Gebäude für Heizzwecke und zur Warmwasserbereitung zu nutzen.

Die "Nahwärmeinsel Kleine Schwalbacher Straße" in Wiesbaden ist ein Pilotprojekt in Zusammenarbeit mit der ESWE Versorgungs AG, das 2007 gestartet und im Jahr darauf abgeschlossen wurde. Kunden in der Innenstadt können hier kostengünstig Thermalwärme zu Fernwärmepreisen nutzen, da die Stadt den Wärmetauscher bereitstellt und betreibt. Die Anlage begann mit 300 kW Leistung und versorgt Gebäude in der Kleinen Schwalbacher Straße. Die Leistung soll auf 3.000 kW erweitert werden. Die ESWE Versorgungs AG liefert die Wärme, während das Umweltamt die Anlage betreibt und ausbaut. Das Projekt reduziert den CO₂-Ausstoß um etwa 85 t / a in der Anfangsphase und könnte zukünftig 850 t / a einsparen. Es wurde aus dem Klimaschutz- und Innovationsfonds der ESWE-Versorgungs AG gefördert. Die Nutzung von Thermalwasser aus Quellen in Wiesbaden ist aufgrund des hohen Salzgehalts technisch anspruchsvoll und teuer, daher ist eine zentrale Bereitstellung wie in diesem Projekt wirtschaftlich sinnvoll.

Darüber hinaus

- betreiben weitere Energiedienstleister Nahwärmenetze, so z.B. die GETEC im Stadtteil Delkenheim
- existiert im Industriepark Kalle-Albert ein Wärmenetz, das von InfraServ betrieben wird und insbesondere der Versorgung mit Prozesswärme dient.

Stand: 04. Dez. 2023

2.4. Energiebilanz „Wärme“

Aus den ermittelten Wärmebedarfs- und Verbrauchsdaten des Wärmekatasters lassen sich folgende Bilanzen für die jeweiligen Energieträger ableiten:

Tabelle 1: Aufteilung der Energieträger zur Wärmeversorgung für Wiesbaden im Jahr 2020 (ohne Prozesswärme)

	Menge	Einheit	Anteil
Wärme gesamt*	2.511.446	MWh	100 %
Gas	1.818.733	MWh	72,4 %
Fernwärme	290.602	MWh	11,6 %
Wärmestrom	17.597	MWh	0,7 %
Öl	315.957	MWh	12,6 %
Festbrennstoffe	68.557	MWh	2,7 %

*ohne Prozesswärme

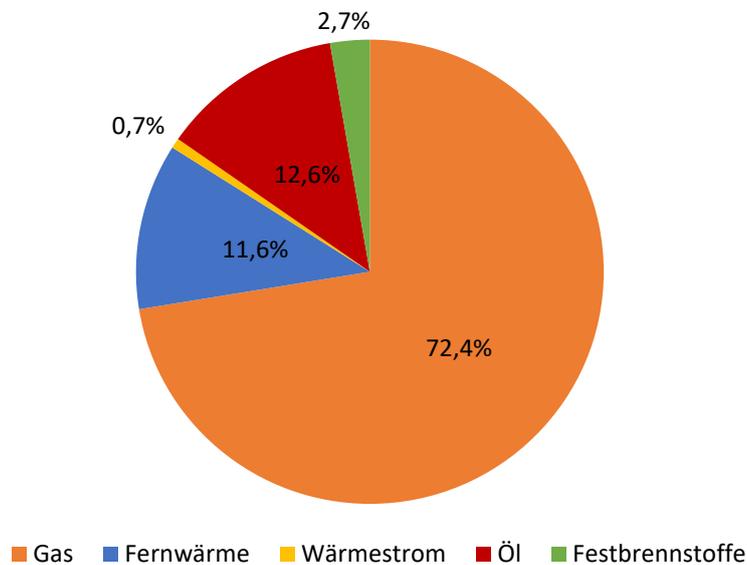


Abbildung 7: Aufteilung der Energieträger zur Wärmeversorgung für Wiesbaden im Jahr 2020 (ohne Prozesswärme)

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 2: Aufteilung der Energieträger ausschließlich für Prozesswärme für Wiesbaden im Jahr 2020

	Menge	Einheit	Anteil
Prozesswärme gesamt	1.785.888	MWh	100 %
Gas	708.064	MWh	39,6 %
Fernwärme	449.219	MWh	25,2 %
Wärmestrom	0	MWh	0 %
Öl + Festbrennstoffe	628.606	MWh	35,2 %

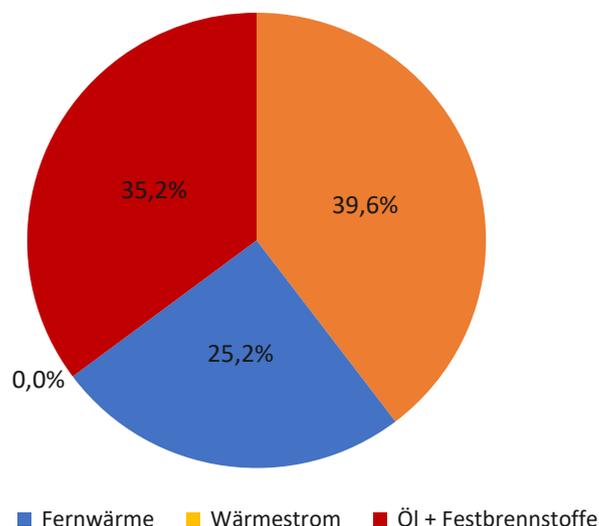


Abbildung 8: Aufteilung der Energieträger ausschließlich für Prozesswärme für Wiesbaden im Jahr 2020

Die Aufteilung zwischen Heizwärme (Raumwärme + Brauchwarmwasserbereitung) und Prozesswärme stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 3: Anteile Prozesswärme und Heizwärme am Gesamtenergieverbrauch in Wiesbaden im Jahr 2020

	Menge	Einheit	Anteil
Wärme gesamt	4.297.334.058	kWh	100 %
Prozesswärme	1.785.888.066	kWh	41,6 %
Raumwärme + Warmwasser	2.511.445.992	kWh	58,4 %

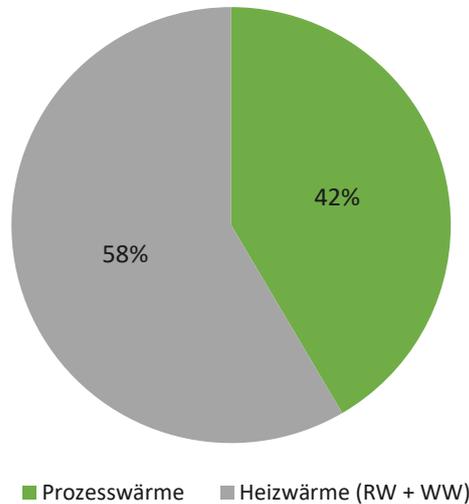


Abbildung 9: Anteile Prozesswärme und Heizwärme am Gesamtenergieverbrauch in Wiesbaden im Jahr 2020

Der Heizwärmebedarf lässt sich auf Grundlage der Informationen zur Gebäudenutzung aus ALKIS wie folgt den Nutzungstypen zuordnen.

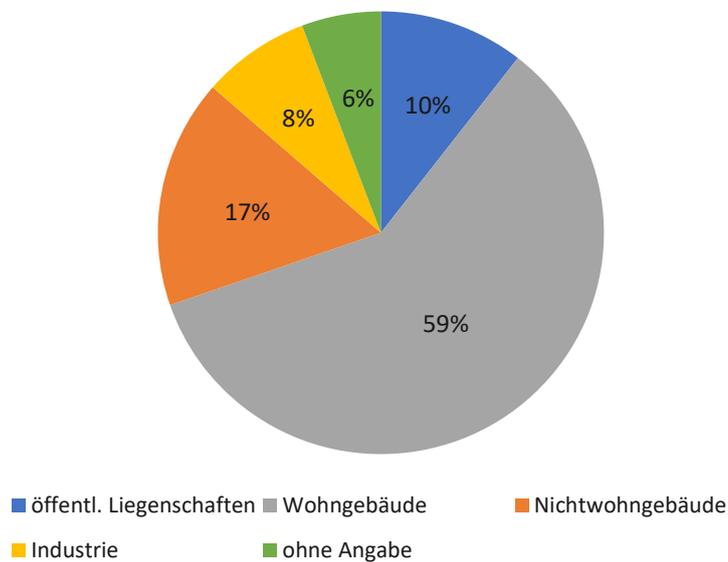


Abbildung 10: Aufteilung des Heizwärmebedarfs nach Gebäudenutzung für 2020

Tabelle 4: Aufteilung des Heizwärmebedarfs nach Gebäudenutzung für 2020

	Menge	Einheit	Anteil
Heizwärme gesamt*	2.511.445.992	kWh	100 %
öffentl. Liegenschaften**	264.393.475	kWh	10,5 %
Wohngebäude	1.486.112.745	kWh	59,2 %
Nichtwohngebäude	419.550.964	kWh	16,7 %
Industrie	197.096.288	kWh	7,8 %
ohne Angabe	144.292.520	kWh	5,7 %

* ohne Prozesswärme

** gemäß Angabe in ALKIS

3 Bestandsanalyse Mobilität

Für die Bestandsanalyse ist ein Blick auf das Mobilitätsverhalten der Wiesbadener Bevölkerung hilfreich, das im Jahr 2018 letztmals erhoben wurde (Amt für Statistik und Stadtforschung, 2020).

Hierbei zeigen sich folgende relevante Messgrößen:

- Fast die Hälfte der Wege der Wiesbadener Bevölkerung wird mit dem Auto zurückgelegt.
- Über 80 % der zurückgelegten Wege finden innerhalb der Stadtgrenzen statt.
- Die Hälfte der zurückgelegten Wege ist höchstens vier Kilometer lang.
- 16 % der Autofahrten sind höchstens zwei Kilometer lang; 40 % höchstens 5 Kilometer.

Insgesamt ist also das Auto das Hauptverkehrsmittel, allerdings sind die Bedingungen für eine Verlagerung auf andere Verkehrsmittel aufgrund der geringen Wegelängen und dem hohen Anteil an innerstädtischen Wegen grundsätzlich gut. Die folgenden Grafiken zeigen die aktuellen Anteile der verschiedenen Verkehrsmittel an den zurückgelegten Wegen in Wiesbaden und zum Vergleich in Mannheim. Mannheim ist aufgrund der Einwohnerzahl sowie Stadtstruktur mit Wiesbaden vergleichbar. Es zeigt sich, dass der Radverkehr in Wiesbaden nur eine untergeordnete Rolle einnimmt. Hingegen werden sehr viele Wege zu Fuß zurückgelegt und auch die mit Bus und Bahn zurückgelegten Wege nehmen trotz fehlenden innerstädtischen Schienenverkehrs einen recht hohen Anteil ein. Von der Erreichung der Zielwerte für 2025 aus dem Green-City-Plan (LHW, 2018) (ÖPNV bis 25 %, Radverkehr über 18 %) ist Wiesbaden jedoch noch weit entfernt.

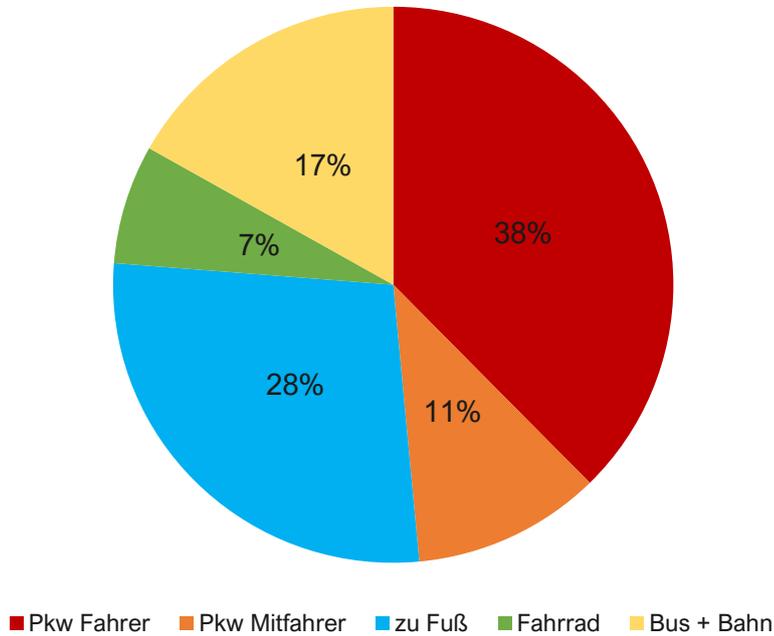


Abbildung 11 Aktueller Modal Split in Wiesbaden, Hauptverkehrsmittel im Jahr 2018

(Grundlage: Personen, die in Wiesbaden wohnen), Datengrundlage: SrV 2018, eigene Darstellung Verkehr mit Köpfchen; rundungsbedingt weicht die Summe von 100 % ab

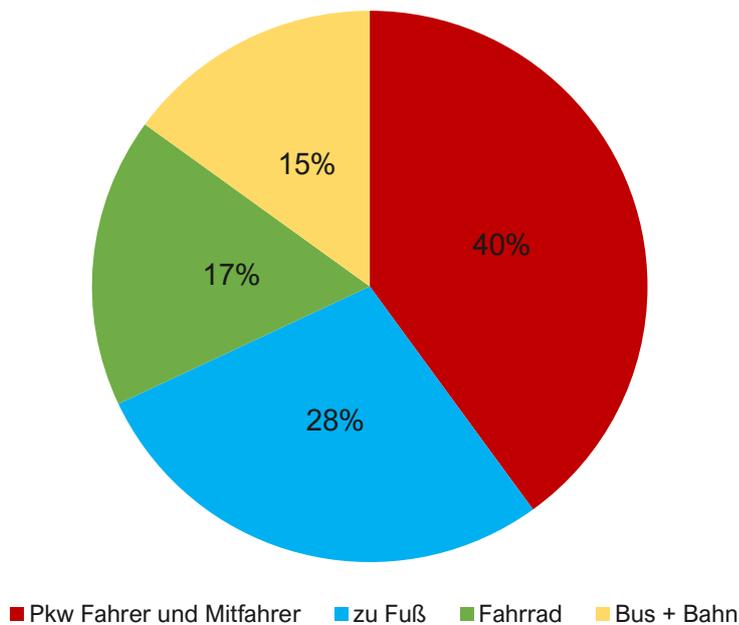


Abbildung 12: Aktueller Modal Split in Mannheim als Stadt mit vergleichbarer Einwohnerzahl und Struktur,

Datengrundlage: SrV 2018, eigene Darstellung Verkehr mit Köpfchen; (TU Dresden, 2020)

Stand: 04. Dez. 2023

Die bisherige Darstellung der Mobilität gibt nur die Mobilität der Bewohnerinnen und Bewohner wieder. Nicht unerheblich in Wiesbaden ist jedoch auch der Verkehr durch Auswärtige, insbesondere durch Einpendelnde. Deren Zahl liegt bei 80.000 Personen (hierbei werden nur sozialversicherungspflichtig Beschäftigte gezählt, also z.B. keine Minijobber oder Selbstständige). Fast ein Viertel der Einpendelnden kommt aus dem Rheingau-Taunus-Kreis (siehe Abbildung 13), wobei Herkunftsorte v.a. Taunusstein, Idstein, Niedernhausen, Eltville und Bad Schwalbach sind. Über die Verkehrsmittelwahl der Einpendelnden liegen keine Daten vor, jedoch ist aus deutschlandweiten Erhebungen bekannt, dass die Wege zur Arbeit in höherem Maße als andere Wege (z.B. zu Freizeitzielen) mit dem Pkw zurückgelegt werden und vergleichsweise lang sind.



Abbildung 13: Ein- und Auspendlerzahlen Wiesbadens und wichtige Quell- und Zielorte

Bildquelle: (Pendleratlas, 2022)

Im Folgenden wird ein Blick auf die verschiedenen Verkehrsmittel geworfen:

Öffentlicher Verkehr

- Wiesbaden ist an das S-Bahn-Netz Frankfurt / Rhein-Main angebunden. Es verkehren S-Bahnen u.a. nach Frankfurt und Mainz mit mehreren Linien und Strecken.
- Im Schienenverkehr existieren z.T. lange Reisezeiten und häufige Verspätungen (z.B. reguläre Fahrtdauer der Regionalbahn RB 75 nach Darmstadt 45 min, aufgrund von Kapazitätsengpässen auf der Strecke jedoch häufige Verspätungen), es gab jedoch einige Verbesserungen in der Vergangenheit (z.B. Taktverdichtung auf der genannten Strecke).
- Bemerkenswert für eine Stadt mit der Einwohnerzahl Wiesbadens und ihrer Bedeutung als Landeshauptstadt ist, dass kaum Fernzüge (ICE oder IC) ab bzw. nach Wiesbaden verkehren (weniger als ein Fernzug pro Stunde).
- Der Ausbau der Schieneninfrastruktur ist geplant (z.B. Wallauer Spange, durch die der Frankfurter Flughafen und Darmstadt besser angebunden werden).
- Bemerkenswert für eine Großstadt mit über 200.000 Einwohnern ist, dass es keinen (inner-)städtischen Schienenverkehr gibt (die S-Bahn deckt eher die Randbereiche sowie die Anbindung in das Umland ab) – bei dieser Ausgangslage ist der Anteil von mit Bus und Bahn zurückgelegten Wegen hoch. Die Einführung einer Straßenbahnlinie „Citybahn“ ist im Jahr 2020 nach einem Bürgerentscheid gescheitert.
- Es existiert ein dichtes Busnetz und die Busse fahren auf den Hauptverbindungen einen sehr dichten Takt (auf Haupttrouten mehrere Linien parallel). Die Busse sind gut ausgelastet und geraten auf einigen Strecken an Kapazitätsgrenzen. Seit wenigen Jahren gibt es in der Innenstadt Busspuren (z.T. gemeinsame Spur mit dem Radverkehr) um ein schnelleres Vorankommen zu gewährleisten. Diese Busspuren wurden im Zuge einer modernen Verkehrssteuerung eingeführt, so dass der restliche motorisierte Verkehr keine oder kaum höhere Stauzeiten in Kauf nehmen musste.

Radverkehr

- Wiesbaden war lange Zeit keine Fahrradstadt, so dass der Radverkehr einen sehr niedrigen Anteil an den zurückgelegten Wegen hat.
- Seit wenigen Jahren gibt es erkennbare Verbesserungen im Stadtbild, z.B. geschützte Radwege, Fahrradstraßen, gemeinsame Fahrrad-Bus-Spuren, sowie aktuell größere Planungen, z.B. für ein Fahrradparkhaus am Hauptbahnhof.
- Aufgrund der Entwicklungen der letzten Jahre ist Wiesbaden von der „fahrradfeindlichsten Großstadt Deutschlands“ (Deutschlandfunk, 2015) in das obere Drittel der Städte ihrer Größe aufgestiegen (ADFC, 2023)

Stand: 04. Dez. 2023

- Die Zahl der Radfahrenden auf wichtigen Routen hat sich seit Einführung der Umweltpur verdoppelt (Landeshauptstadt Wiesbaden, 2020)



Abbildung 14: Geschützter Radfahrstreifen in der Wiesbadener Innenstadt
(Foto: Verkehr mit Köpfchen)

Sharing-Angebote

- Es existiert ein Carsharing-Angebot von book-n-drive mit Stationen sowie in den zentralen Stadtteilen mit Freefloating-Fahrzeugen, d.h. Fahrzeuge, die innerhalb eines Gebiets auf einem beliebigen öffentlichen Parkplatz abgestellt werden können. Insgesamt umfasst das Wiesbadener Carsharing-Angebot rund 150 Fahrzeuge.
- Die Carsharing-Dichte liegt bei 0,53 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohner.
- (zum Vergleich: "Carsharing-Hauptstadt" Karlsruhe 3,23; Mannheim 0,85; Offenbach 0,23)
- Das Fahrradvermietsystem MeinRad der ESWE wurde nach knapp vier Jahren im Mai 2022 eingestellt und pausiert aktuell aufgrund „mangelnder Wirtschaftlichkeit“. Eine Wiedereinführung ist seitens der Stadtverwaltung bzw. ESWE Verkehr geplant.

Mobilitätsmanagement

- Mobilitätsmanagement ist ein zielgruppenspezifischer Ansatz zur Beeinflussung der Mobilität. Durch direkte Ansprache der Zielgruppe sind direkte Verbesserungen und eine Verlagerung der Verkehrsmittelnutzung vom motorisierten Individualverkehr (Pkw, motorisierte Zweiräder) auf den Umweltverbund (Bus, Bahn, Rad, Fuß) möglich.

Stand: 04. Dez. 2023

- Es existiert das regionale Programm “Besser zur Arbeit” für innerbetriebliche Mobilität (Arbeitswege, Dienstwege, Fuhrpark, etc.), das von Unternehmen in Südhessen kostenlos genutzt werden kann. Bisherige teilnehmende Unternehmen aus Wiesbaden sind u.a. ESWE Verkehr, Scholz & Volkmer, Savencia Fromage&Dairy, DG-VERLAG sowie die Urlaubs- und Lohnausgleichskasse und Zusatzversorgungskasse des Baugewerbes (Soka-Bau) (ivm GmbH, 2020).
- Besonderes Potenzial haben die größten Arbeitgeber, diese sind: Flugplatz Wiesbaden-Erbenheim, Raiffeisen- und Volksbankenversicherung, Stadt Wiesbaden, Bundeskriminalamt (BKA).
- Neben dem Mobilitätsmanagement für Unternehmen sind auch zielgruppenspezifische Ansprachen für Neubürgerinnen und Neubürger, für Schulen und andere Zielgruppen möglich. Hiervon ist die Stadt Wiesbaden bereits an Schulen aktiv und verfügt über ein qualifiziertes Schülerradrouthenetz und unterstützt den Wettbewerb Schulradeln (ivm GmbH, 2023).

Konzeptionelle Verankerung

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche ambitionierte Pläne, Konzepte und Programme zu einem umweltfreundlichen Verkehr erstellt. Diese sind (in Klammern jeweils das Jahr der Veröffentlichung):

- Radverkehrskonzept (2015)
- Nahverkehrsplan (gemeinsam für Wiesbaden und den Rheingau-Taunus-Kreis, 2015)
- Integriertes Stadtentwicklungskonzept Wiesbaden 2030+ (2018)
- Green City Plan – Masterplan “WI-Connect” (2018)
- Elektromobilitätskonzept (2019)
- Luftreinhalteplan (zweite Fortschreibung, 2019)
- Verkehrsentwicklungsplan (2020)
- Leitbild Mobilität (2020)
- Fachgutachten zur Analyse des Busnetzes (2020)
- Stufenkonzept Nachhaltige Stadtlogistik (2020)
- Parkraummanagementkonzept (2021)

Stadtentwicklung:

Verkehr kann maßgeblich durch städtebauliche Planungen und eine verkehrssparsame Siedlungsentwicklung beeinflusst werden.

Zur Verdeutlichung wird im Folgenden das Beispiel des Baugebiets Hainweg im Stadtteil Nordenstadt vorgestellt. Die folgende Abbildung zeigt die Lage des Gebiets im Westen Nordenstadt (rot eingerahmtes Gebiet).



Abbildung 15: Baugebiet Hainweg in Nordenstadt

Das Gebiet zeigt folgende Merkmale auf⁵

- ein Großteil der Häuser ist bereits bezogen,
- extrem hohe Anzahl an Parkplätzen, sowohl privat als auch im öffentlichen Raum (insgesamt circa 1.200 für rund 650 Wohneinheiten),
- private Stellplätze überwiegend direkt am Haus, nur wenige Quartiersstellplätze,
- Busanbindung erst seit Dezember 2022 (zahlreiche Einzüge erfolgten bereits deutlich früher),
- keine Schienenanbindung,
- kein Carsharing.

⁵ (Stadtplanungsamt, 2017) (Jacks, 2021) (book-n-drive mobilitätssysteme GmbH, 2023)

Das Beispiel zeigt, dass Siedlungsentwicklung sich nicht immer an den Zielen des Klimaschutzes ausrichtet: Dadurch, dass die Anbindung an den öffentlichen Verkehr erst sehr spät erfolgt und Sharing-Angebote nicht zur Verfügung stehen, ist die Hürde für die Nutzung dieser Mobilitätsmöglichkeiten hoch. Gleichzeitig wird durch die hohe Anzahl an privaten Parkplätzen der Autobesitz gefördert. Autobesitz geht statistisch gesehen einher mit einer verstärkten Nutzung des Autos; sobald ein Auto im Haushalt vorhanden ist, werden andere Mobilitätsmöglichkeiten weniger häufig genutzt. Für Wiesbaden als wachsende Stadt ist es wichtig, zukünftig mit der Siedlungsentwicklung eine klimafreundliche Mobilität zu fördern.

4 Bestandsanalyse Strom

Die Landeshauptstadt Wiesbaden hat zwei Stromnetzbetreiber (Stadtwerke Wiesbaden Netz GmbH (SW Netz GmbH), Mainzer Netze GmbH) für das allgemeine Stadtgebiet. Darüber hinaus betreibt InfraServ ein eigenes Netz im Industriepark Kalle-Albert.

Die Mainzer Netze haben den Stromverbrauch nach Sektoren ausgewiesen, wobei keine Unterscheidung im Wirtschaftsbereich (Industrie und GHD) möglich war. Die Strommengen für Wärmestrom wurden gesondert ausgewiesen. Die Strommengen der nach Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) und Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) geförderten Anlagen (hier: KWKG-Anlagen, Wasserkraftanlagen⁶ und Photovoltaik) wurden ebenfalls gesondert ausgewiesen.

Die SW Netz GmbH hat den Stromverbrauch nach Lastprofilen ausgewiesen. Für die Ermittlung des Stromverbrauchs der privaten Haushalte wurden bundesweite Kennwerte genutzt. Die Strommengen für Wärmestrom wurden gesondert ausgewiesen. Die Strommengen der nach EEG und KWKG geförderten Anlagen (hier: KWKG-Anlagen, Biogasanlagen, Klärgasanlagen und Photovoltaik) wurden ebenfalls ausgewiesen. Es wurde berücksichtigt, dass die SW Netz GmbH einen Übergabepunkt zum Industriepark Kalle-Albert betreibt.

In der Abbildung 16 wird die Entwicklung des Stromverbrauchs in der Landeshauptstadt Wiesbaden dargestellt. Dabei werden auch die Eigenstromnutzungen von KWKG-Anlagen und PV-Anlagen berücksichtigt. Der Verbrauch der Haushalte ist inklusive des Stroms für Wärmeanwendungen.

⁶ Die Wasserkraftanlage liegt nicht auf der Gemarkungsfläche der Landeshauptstadt Wiesbaden, allerdings ist der Netzeinspeisepunkt auf der Gemarkungsfläche. Daher wird die Anlage der Landeshauptstadt Wiesbaden zugeordnet.

Stand: 04. Dez. 2023

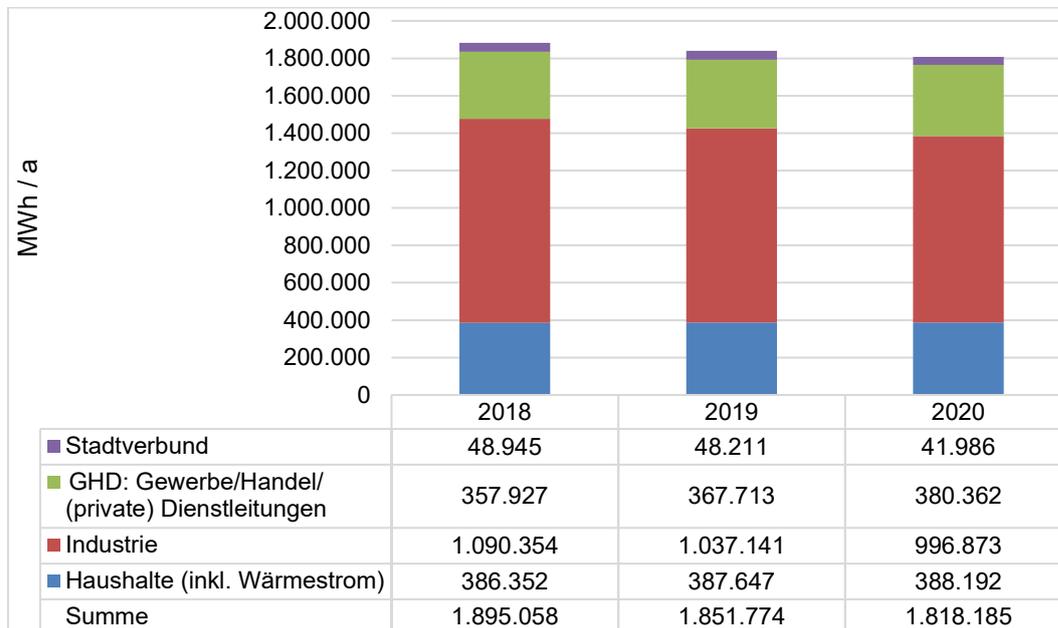


Abbildung 16: Entwicklung des Stromverbrauchs nach Sektoren in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Ein Fünftel des Stromverbrauchs wird für die privaten Haushalte aufgewendet wird. Der Wirtschaftssektor (Industrie und GHD) verbraucht nahezu den Rest.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien EEG-Anlagen sowie aus KWK-G-Anlagen in den Stadtgrenzen der Landeshauptstadt Wiesbaden.

Aus der Abbildung wird deutlich, dass die Stromerzeugung aus Biomasse und biogenen Gasen in der Landeshauptstadt Wiesbaden aufgrund der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in Biomasseheizkraftwerken⁷ und Biogas- sowie Klärgas-Anlagen einen besonderen Stellenwert hat.

⁷ Biomasseheizkraftwerk der ESWE sowie Biomasseheizkraftwerk InfraServ

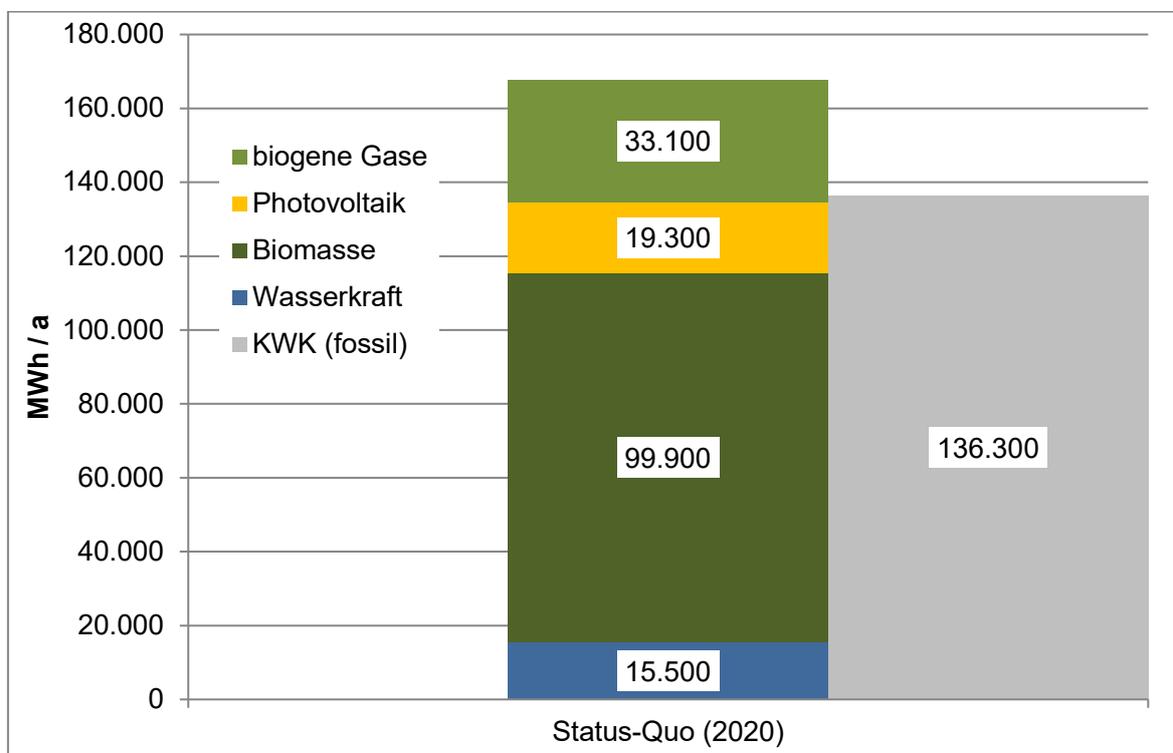


Abbildung 17: Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien und KWK in den Grenzen der Landeshauptstadt Wiesbaden im Jahr 2020

Die bilanzielle Deckung des Stromverbrauchs durch den in den Stadtgrenzen der Landeshauptstadt Wiesbaden erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien und KWK-G-Anlagen beträgt rund 16 %, davon 7 % durch die KWK-G-Anlagen. Den größten Anteil machen die Biomasseheizkraftwerke bei den erneuerbaren Energien aus, danach kommen die biogenen Gase, PV-Anlagen und Wasserkraft. Bei der Wasserkraft handelt es sich um die Staustufe Kostheim, die ihren Einspeisepunkt auf dem Gemarkungsgebiet der LHW hat und insofern nach dem Territorialprinzip der Erzeugung Wiesbaden zugeordnet wird.

Der Erneuerbare-Energien-Anteil lag damit – wie für andere Großstädte auch - deutlich unter dem Landes- und Bundesdurchschnitt 22 % (HMWEVW, 2022) bzw. 39 % (Statistisches Bundesamt, 2022).

Im Vergleich zu anderen Großstädten in der Region liegt der bilanzielle Deckungsgrad des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien mit 9 % in Wiesbaden aufgrund der hohen Anteile der Biomasse an der Stromerzeugung deutlich über den Werten von Mainz, Frankfurt und Darmstadt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Bilanzielle Deckung des Stromverbrauchs durch im Stadtgebiet erzeugten EE-Strom (Mainz, Frankfurt, Darmstadt)

Daten für Wiesbaden aus eigener Bilanzierung, (Energieagentur Rheinland-Pfalz, 2023)
(Regionalverband FrankfurtRheinMain, 2019) (Wissenschaftsstadt Darmstadt, 2022)

	Wiesbaden (2020)	Mainz (2021)	Frankfurt (2019)	Darmstadt (2018)
Bilanzieller Deckungsgrad	9 %	3 %	2 %	3 %

Dabei sind ggf. weitere, von den Netzbetreibern nicht gemeldete Stromerzeugungsanlagen, insbesondere im Industriepark Kalle-Albert oder bei weiteren ETS-Betrieben nicht berücksichtigt.

5 Fokusbetrachtung „Energieverbrauch und THG-Emissionen Stadtverbund“

Im Rahmen einer Detailanalyse wurde erstmals eine Erhebung des aktuellen Energieverbrauchs sowie der daraus resultierenden THG-Emissionen in den verschiedenen Einheiten der Landeshauptstadt Wiesbaden (Dezernate, Ämter, Eigenbetriebe und Gesellschaften) durchgeführt. Diese Detailanalyse soll als Basis eines regelmäßigen Monitorings im Rahmen des Klimaschutz-Management-Systems (KSMS) der Landeshauptstadt Wiesbaden eingesetzt werden.

5.1. Bilanzrahmen

Für die Bilanzierung „Stadtverbund“ wurden folgende Organisationseinheiten betrachtet:

Ämter

- 10 Hauptamt
- 11 Personalamt
- 14 Revisionsamt
- 16 Stadtverordnetenversammlung
- 20 Kämmerei
- 21 Kassen- und Steueramt
- 23 Liegenschaftsamt
- 31 Ordnungsamt
- 34 Straßenverkehrsamt
- 36 Umweltamt
- 37 Feuerwehr
- 39 Veterinärwesen und Verbraucherschutz
- 40 Schulamt
- 41 Kulturamt
- 50 Sozialleistungs- und Jobcenter
- 51 Soziale Arbeit
- 52 Sportamt
- 53 Gesundheitsamt
- 64 Hochbauamt
- 66 Tiefbau- und Vermessungsamt
- 67 Grünflächenamt

Die Gesamtschwerbehindertenvertretung und der Gesamtpersonalrat wurden dem Amt 11 Personalamt zugeteilt.

Eigenbetriebe

- ELW – Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden
- Mattiaqua – Eigenbetrieb für Quellen, Bäder, Freizeit
- TriWiCon – Eigenbetrieb für Messe, Kongress und Tourismus / WICM Wiesbaden Congress & Marketing GmbH
- Wasserversorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden (WLW)
- DBW Recycling GmbH & Co. KG

Die Verbrauchsdaten der ELW beinhalten dabei die Daten der DBW Recycling, welche aber ohne Deponie, Klärwerk und Müllfahrzeuge bilanziert werden. Die Verbrauchsdaten der WLW sind in den Daten der ESWE enthalten.

Städtische Gesellschaften

- AHW Altenhilfe Wiesbaden GmbH
- EGW Gesellschaft für ein gesundes Wiesbaden mbH
- ESWE Verkehrsgesellschaft mbH
- ESWE Versorgungs AG
- GeWeGe Wohnungsgesellschaft der Stadt Wiesbaden mbH
- GWW Wiesbadener Wohnbaugesellschaft mbH
- GWI Gewerbeimmobilien GmbH
- SEG Stadtentwicklungsgesellschaft Wiesbaden mbH
- SW Netz AG
- WiBau GmbH
- WiTCOM Wiesbadener Informations- und Telekommunikations GmbH
- WIVERTIS GmbH
- WJW Wiesbadener Jugendwerkstatt GmbH
- WVW Wiesbaden Holding GmbH

Städtische Gesellschaften und deren Tochtergesellschaften wurden nur erfasst, soweit sie im alleinigen Besitz der Stadt sind oder an denen die Stadt mehrheitlich beteiligt ist.

Im betrachteten Energieverbrauch ist der Verbrauch der städtischen Liegenschaften, der Straßenbeleuchtung, Wasserversorgung (ohne Hessenwasser), Abwasserentsorgung sowie Ampelanlagen inkludiert. Bei den Betrieben und Gesellschaften werden im Rahmen der Fokusbetrachtung vereinbarungsgemäß nur „eigene Verbräuche“ (verursacht durch deren Verwaltung und Beschäftigte), aber keine Verbräuche für Dienstleistungen (z.B. ESWE Contracting-Anlagen und Anlagen zur Fernwärme-Erzeugung, Busflotte (ESWE Verkehr) und Wohnungen der städtischen Wohnungsbaugesellschaft GWV), betrachtet. Diese fließen in die Bilanzierung in die Sektoren Haushalte, Verkehr und / oder Wirtschaft ein.

Ähnlich wie die Betrachtung und Bilanzierung der Gesamtstadt wird der Stadtverbund gemäß der BSKO-Methodik (Bilanzierungs-Systematik Kommunal) bilanziert. Die Methodik soll eine Vereinheitlichung und Vergleichbarkeit von Klimaschutzkonzepten ermöglichen. Dadurch sind gewisse Vorgaben, wie das Territorialprinzip (Abbildung 26) und bundesweit gleiche THG-Emissionen (insbesondere Bundesstrom-Mix) gegeben.

Alle Ämter, Eigenbetriebe und städtischen Gesellschaften wurden mit den BSKO-konformen Faktoren für konventionellen Strom („Deutschland-Mix“) bilanziert, auch diejenigen, die im Bilanzierungszeitraum „Ökostrom“ bezogen. Dies wird wie folgt begründet:

Der bezogene „Ökostrom“ war durch einfache Ökostrom-Herkunftsnachweise (HKN) deklariert.

Einfache (also nicht-gekoppelte, bzw. ohne zusätzliches Gütesiegel gekennzeichnete) Herkunftsnachweise leisten laut Umweltbundesamt aber nur einen geringen Beitrag zur Energiewende vor Ort. Sie sind ein Bilanzierungsinstrument, das die vorhandenen Erzeugungskapazitäten „zählt“, aber keine neuen hinzufügt. Dafür spricht oftmals insbesondere die Herkunft des Ökostroms, z.B. Wasserkraft aus Bestandsanlagen in Nordeuropa.

Folgende Daten wurden für die Emissionsberechnung berücksichtigt:

- Energie-Vertriebsdaten der ESWE Versorgungs AG für die kommunalen Liegenschaften (inkl. Eigenbetriebe) für die Jahre 2018-2020.
- Rückmeldungen der städtischen Gesellschaften zur Datenabfrage der Landeshauptstadt Wiesbaden (LHW).
- Daten aus dem Wärmeatlas Deutschland.
- Standortdaten aus dem amtlichen Liegenschaftskataster-informationssystem (ALKIS).

Stand: 04. Dez. 2023

- Daten der ELW zum kommunalen Fuhrpark.
- Emissionsfaktoren aus dem Klimaschutzplaner.

Folgende Annahmen wurden dabei getroffen:

- Die Berechnung der Emissionen für den Fuhrpark der Ämter und Eigenbetriebe wurde gemäß Annahmen von "Verkehr mit Köpfchen" vorgenommen. Da hier nur Daten von 2020 vorlagen, wurde diese auf 2019 übertragen.
- Wenn bei städtischen Gesellschaften vorhanden, wurden Emissionen für den Fuhrpark anhand der Ergebnisse der Datenabfrage berechnet.
- Energieträger „Sonstige“ werden wie folgt definiert:
 - BHKW (Nahwärme) und Heizöl (Annahme: 9,94 kWh / l (BAFA, 2020)),
 - Propangas (Annahme: 6,57 kWh / l (Propan Rheingas GmbH & Co. KG, 2023)).

5.2. Energiebilanz für den Stadtverbund

Der Energieverbrauch im Basisjahr 2019 betrug 163.024 MWh. Größter Anteil daran hatte Erdgas, zweitgrößter Anteil war Strom. Die Entwicklung des Energieverbrauchs des Stadtverbundes nach Energieträgern in den Jahren 2018 bis 2020 stellt sich wie folgt dar:

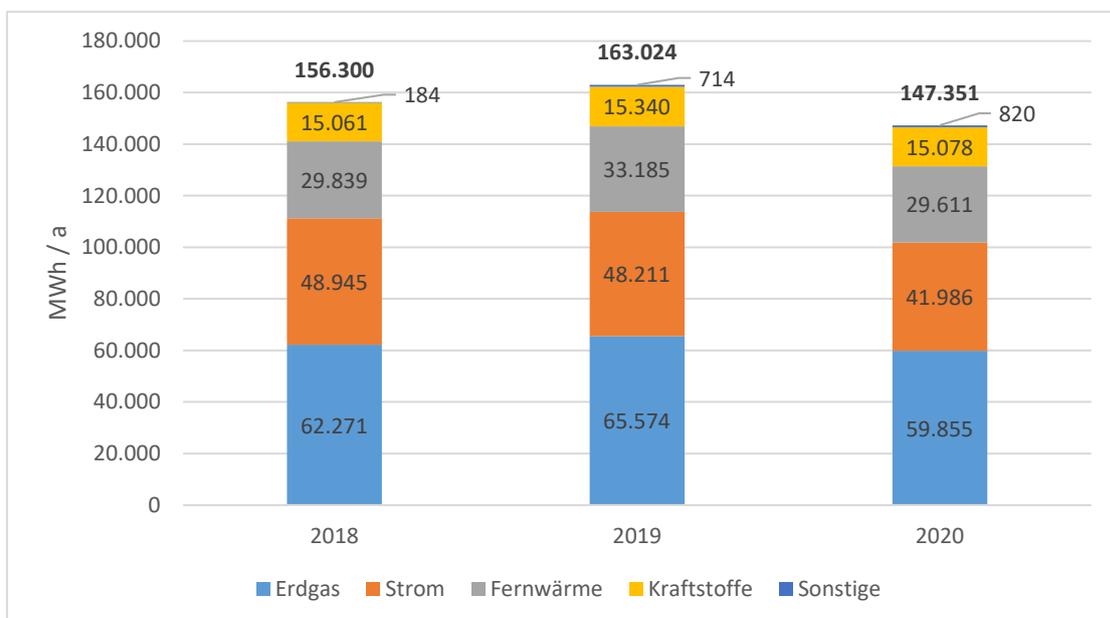


Abbildung 18: Energieverbrauch Stadtverbund nach Energieträgern 2018-2020

Stand: 04. Dez. 2023

Aus der Abbildung ist erkennbar, dass der Energieverbrauch von 2019 auf 2020 stark zurückging. Circa 80 % der Stromeinsparungen und 85 % der Erdgaseinsparungen von 2019 auf 2020 sind auf das Schulamt (Amt 40), TriWiCon (Veranstaltungen) und mat-tiaqua (Bäderbetrieb) zurückzuführen. Zu erklären ist dies damit, dass die Liegen-schaften (Schulen, Bäder) coronabedingt weniger geöffnet hatten. Insofern sind hier keine „echten“ Effizienz- bzw. Einspareffekte erkennbar und es ist davon auszugehen, dass der Energieverbrauch nach 2020 wieder ansteigen wird. Der Energieverbrauch für Mobilitätszwecke ist im Betrachtungszeitraum insgesamt relativ stabil.

Dargestellt nach Organisationseinheiten ergibt sich folgendes Bild:

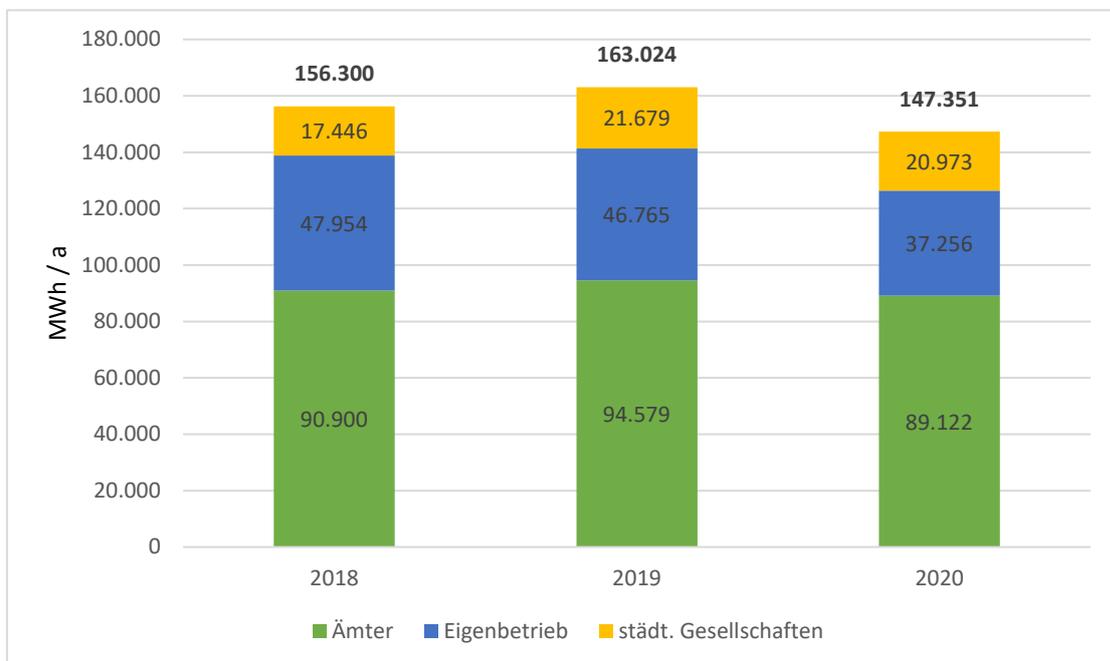


Abbildung 19: Energieverbrauch Stadtverbund nach Organisationen 2018-2020

Den größten Energieverbrauch innerhalb des Stadtverbunds verursachten die Liegen-schaften in Verantwortung der Dezernate und deren Ämter.

5.3. THG-Bilanz für den Stadtverbund

Anteile an den gesamtstädtischen Emissionen

Die THG-Emissionen der Gesamtstadt im Basisjahr 2019 (Stand 19.5.22) betragen 2.805.676 t CO₂ eq (siehe Kap. 6.3). Davon entfielen 53.614 t CO₂ eq bzw. circa 2 % auf den Stadtverbund. Dieser Anteil entspricht dem in vergleichbaren Großstädten.

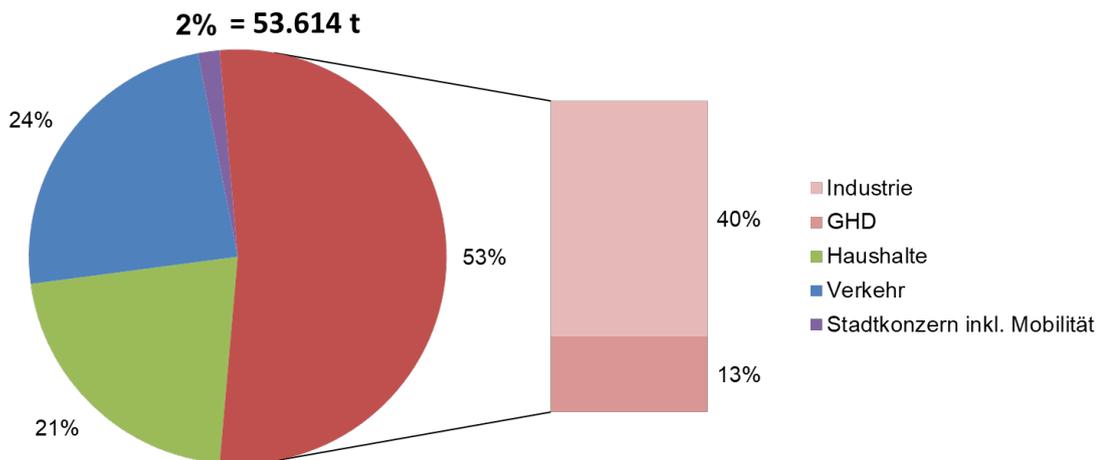


Abbildung 20: THG-Emissionen Stadtverbund 2019

Hinweis:

Diese Werte sind mit der Bilanzierung für das Jahr 2013, die im Rahmen des IKSK 2015 erstellt wurde, nicht direkt vergleichbar, weil dort der Bilanzrahmen vereinbarungsgemäß anders gefasst war. Damals wurden neben den Liegenschaften der LHW auch die Liegenschaften der Landesbehörden als „öffentliche Liegenschaften“ mitbilanziert.

Stand: 04. Dez. 2023

THG-Emissionen nach Energieträgern

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der THG-Emissionen für die Jahre 2018 bis 2020 nach Energieträgern dargestellt.

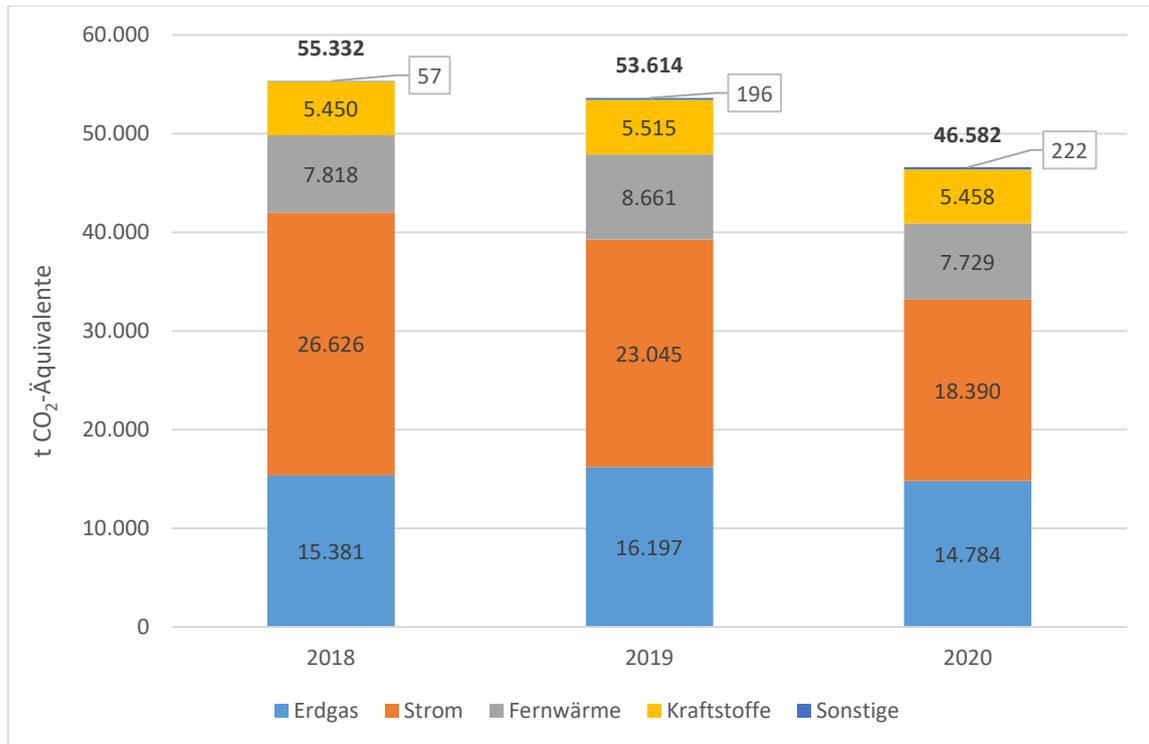


Abbildung 21: Emissionen Stadtverbund nach Energieträgern 2018-2020

Die Emissionen des Stadtverbunds haben über den betrachteten Zeitraum von 2018 bis 2020 abgenommen. Erklärungen dafür sind: Von 2018 auf 2019 sank der Emissionsfaktor Strom des bundesweiten Strommixes von 544 auf 478 g / kWh, bis 2020 auf 438 g / kWh. Von 2019 auf 2020 trugen vor allem die Einschränkungen infolge der Corona-Pandemie zur Reduzierung bei (s.o.).

THG-Emissionen nach Organisationseinheiten

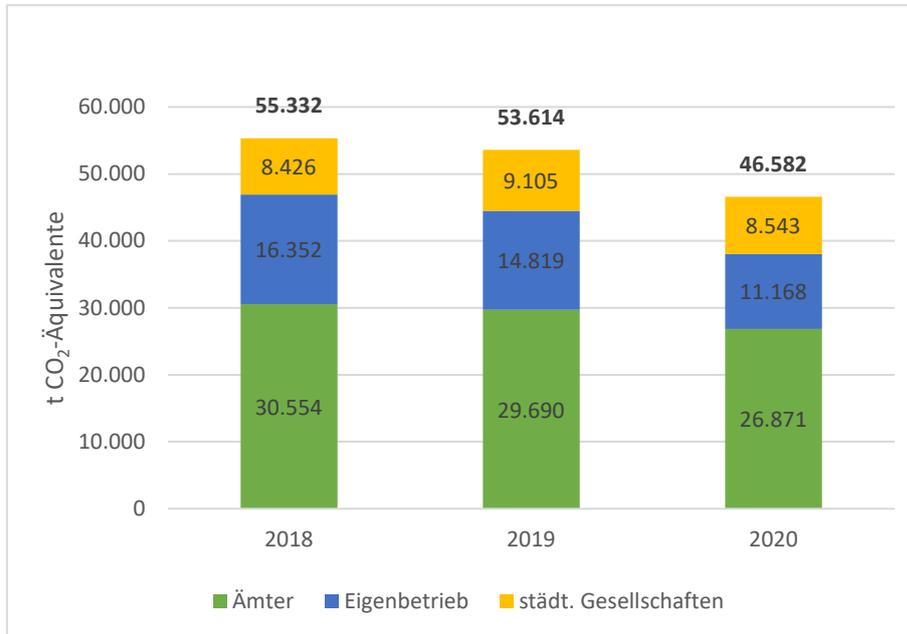


Abbildung 22: Emissionen Stadtverbund nach Organisationseinheiten 2018-2020

Den größten Anteil an den Emissionen des Stadtverbundes haben die Ämter.

Stand: 04. Dez. 2023

In der folgenden Abbildung sind die Anteile der einzelnen Ämter genauer beleuchtet.

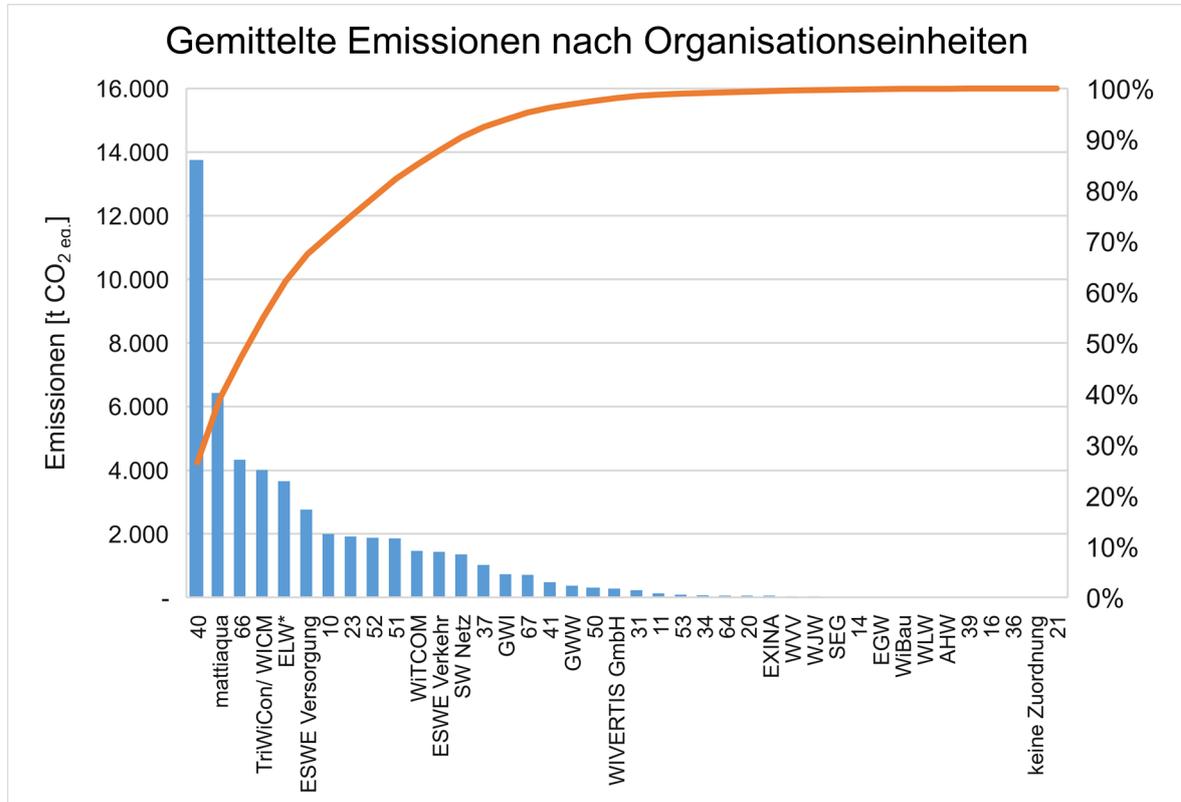


Abbildung 23: Emissionen Stadtverbund nach Organisationen, gemittelt 2018 - 2020

* inkl. DBW, ohne Deponie, Klärwerk und Müllfahrzeuge

Die linke Skala bezieht sich auf die absoluten Emissionen (blaue Säulen), die rechte Skala bezieht sich auf die Anteile an den kumulierten Emissionen (orange Linie),

Circa 80 % der Emissionen werden von folgenden Organisationseinheiten verantwortet:

- 40 Schulamt
- mattiaqua
- 66 Tiefbau- und Vermessungsamt
- ELW
- ESWE Versorgungs AG
- TriWiCon / WICM
- 10 Hauptamt
- 23 Liegenschaftsamt

Mit circa 30 % trägt der Verantwortungsbereich von Amt 40 Schulamt aus dem Betrieb der Schulen den größten Anteil bei.

Auch mattiaqua (Bäder), Amt 66 (Straßenbeleuchtung) sowie die sonstigen Ämter, in deren Verantwortungsbereich Liegenschaften betrieben werden wie insbesondere

- Amt 10 Bürgerhäuser,
- Amt 51: Kitas,
- Amt 52: Sporthallen
- Amt 23: sonstige Liegenschaften

haben einen namhaften Anteil an den Emissionen des Stadtverbundes.

Übersicht für das Jahr 2019

In den folgenden Abbildungen sind für das Jahr 2019 die (gerundeten) Ergebnisse gerafft zusammengestellt.

Den größten Anteil an den Emissionen hat der Stromverbrauch gefolgt von Erdgasverbrauch. Die Ämter haben mit circa 55 % den größten Anteil an den Emissionen des Stadtverbundes.

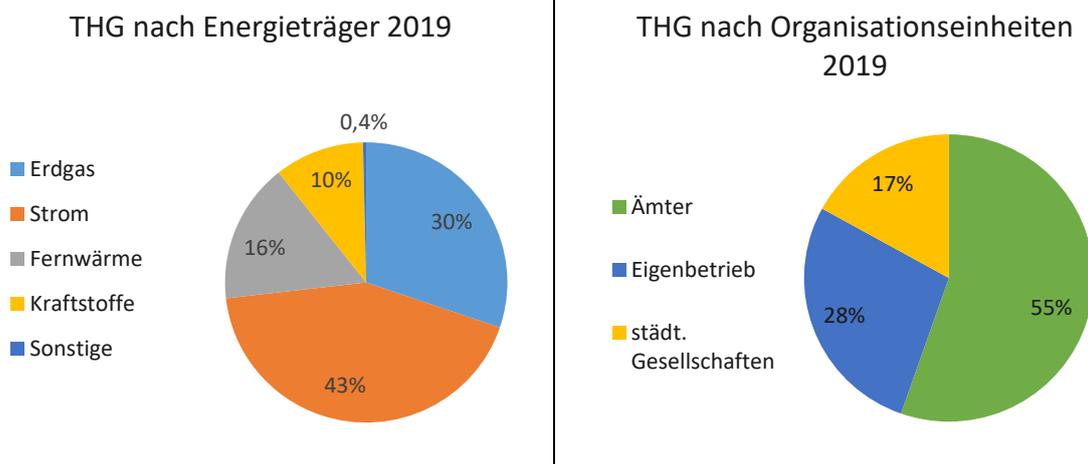
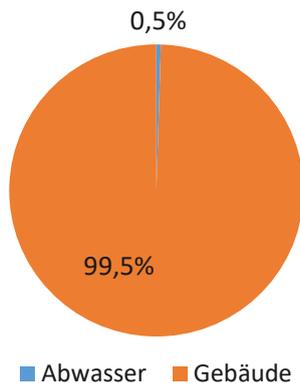


Abbildung 24: Emissionen Stadtverbund im Jahr 2019; Anteile nach Energieträger und Organisationseinheit (gerundet)

In der folgenden Abbildung sind die Anteile an den THG-Emissionen nach Nutzung dargestellt.

Nutzung Erdgas 2019



Nutzung Strom 2019

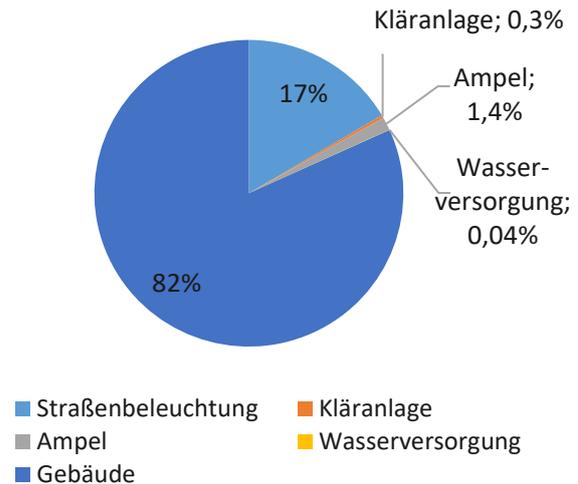


Abbildung 25: Emissionen Stadtverbund im Jahr 2019; Anteile nach Nutzung 2019

Der größte Anteil an Emissionen, sowohl für Wärmezwecke als auch für die Stromnutzung, resultiert aus dem Gebäudesektor. Dieser bezieht auch den Stromverbrauch für IT-Anlagen und -Geräte mit ein. Die Emissionen aus Kraftstoffen tragen aktuell circa 10 % zu den Emissionen des Stadtverbundes bei.

5.4. Detailbetrachtung Fuhrpark (Verwaltung und ELW)

5.4.1. Datengrundlage

Für die Analyse des Fuhrparks der Stadt Wiesbaden (Verwaltung und ELW) stand zur Auswertung ein Datensatz vom September 2021 mit insgesamt 892 Einträgen unterschiedlicher Fahrzeuge zur Verfügung. Zur Bilanzierung der Flotte wurden folgende Maßnahmen zur Datenbereinigung durchgeführt:

- Nicht Teil der Analyse: unbekannte Fahrzeuge, Tankkarten, 2. Kennzeichen, Bauwagen, Ersatzfahrzeuge, Neubeschaffung
- Kleinbusse, Vans und Mehrwegfahrzeuge wurden als Pkw klassifiziert
- Die restlichen Fahrzeuge wurden als Nutzfahrzeuge klassifiziert (bis 3,5t leichte Nutzfahrzeuge (LNF)): Lkw, Müllfahrzeuge, Traktoren, Sprinter usw.

Folgende Daten standen für die Auswertung zur Verfügung:

- Betriebsnummer,
- Kfz-Kennzeichen,
- Hersteller,
- Baujahr,
- Kraftstoffart,
- zugeordnetes Amt,
- Kostenstelle,
- An- und Abmeldedatum,
- Anschaffungswert.

Nicht verfügbar für die Auswertung waren die folgenden Daten, welche eine genauere Analyse ermöglicht hätten:

- Laufleistungen,
- Kilometerstände,
- Treibstoffverbräuche,
- Tankkosten,
- Kosten.

Exkurs: Analyse der „Tauschfahrzeuge“

In einem separaten Datensatz standen beispielhafte Daten von 38 ausgetauschten Fahrzeugen (Pkw bis Sprinter) aus dem Pool der Stadt Wiesbaden zur Definition der Annahmen zur Verfügung.

- Verfügbare Daten:
 - zugeordnetes Amt,
 - Hersteller,
 - Modell,
 - Typ,
 - Hubraum,
 - Leistung,
 - Kraftstoffart,
 - Zulassungsdatum,
 - Kilometerstand (Sept. 2018).

- Nicht verfügbare Daten:
 - Treibstoffverbräuche,
 - Tankkosten / Kosten.

Die Gesamtsumme der durchschnittlichen Jahres-Laufleistungen der „Tauschfahrzeuge“ beträgt circa 440.000 km. D.h. die durchschnittliche Jahreslaufleistung pro Fahrzeug beträgt 9.924 km.

5.4.2. Annahmen

Als Folge der relativ dünnen Datenbasis wurden folgende Annahmen für den Fuhrpark der Stadt Wiesbaden auf Basis der vorhandenen Daten von 38 Tauschfahrzeugen aus dem Pool der Stadt Wiesbaden und den Erfahrungen des Fachbüros getroffen, um eine Bilanzierung überhaupt durchführen zu können:

- Jahreslaufleistung Pkw: 9.000 km
- Jahreslaufleistung LNF: 7.500 km
- Jahreslaufleistung Nutzfahrzeuge: 4.250 km
- Kraftstoffverbrauch auf 100km (Erfahrung Fachbüro)
 - Pkw: 7 Liter
 - LNF: 17,5 Liter
 - Nutzfahrzeuge: \varnothing 40 Liter / 100km (100 Liter / Müllfahrzeug, circa 50 % Lkw / Kipper im Fuhrpark)
- Annahme Emissionen: 2,5 kg CO₂eq. / Liter (2,3 Benziner / 2,6 Diesel, Entscheidung für 2,5 kg da deutlich mehr Dieselfahrzeuge im Fuhrpark als Benziner)
- Elektrofahrzeuge inkl. Hybride fließen nicht in die Berechnungen der Treibhausgase ein. Gasfahrzeuge inkl. Hybride und unbekannte Kraftstoffe fließen im Gegenzug / Ausgleich in die Berechnungen ein.
- Auf Hinweis der Ansprechpersonen der Stadtverwaltung werden zusätzlich 15 % Fahrzeuge addiert, von denen 10 % elektrisch angetrieben werden. Die elektrisch angetriebenen Fahrzeuge fließen wiederum nicht in die THG-Berechnung ein.

5.4.3. Ergebnisse der Analyse

Basis der Ist-Analyse des Fuhrparks (Verwaltung und ELW) sind 746 Fahrzeuge mit einer Gesamtlauflistung von etwa 6,3 Mio. Kilometern pro Jahr. Aus dem Kraftstoffverbrauch resultieren jährliche THG-Emissionen im Jahr 2021 von circa 2.900 Tonnen CO₂eq.

Stand: 04. Dez. 2023

Damit haben Verwaltung und ELW einen Anteil von circa 54 % an den entsprechenden Emissionen des gesamten Stadtverbunds von rund 5.400 t CO₂eq.

Es bleibt festzuhalten, dass die Analyseergebnisse aufgrund der Datenbasis und der zahlreichen Annahmen, die getroffen werden mussten, nur eine fachlich begründete Abschätzung der tatsächlichen Treibhausgasemissionen darstellen.

Zu beachten ist außerdem, dass mit der Fuhrparkanalyse nur diejenigen dienstlichen Fahrten erfasst wurden, die mit einem Dienstfahrzeug zurückgelegt wurden. Dienstliche Fahrten mit Privatfahrzeugen sind hier nicht enthalten.

154 von 746 Fahrzeugen (circa 20 %) sind zumindest teilweise mit einem Elektromotor ausgestattet:

Tabelle 6: Anzahl Fahrzeuge nach Typ und Antrieb

	Leichtes Nutzfahr- zeug ELW	Nutzfahr- zeuge ELW	Pkw ELW	Tausch- fahr-zeuge	Gesamt
Gesamtanzahl	183	209	316	38	746
Anzahl reine Benziner	26	2	77	17	122
Anzahl reine Diesel	127	202	93	7	429
Anzahl Elektrofahrzeuge (inkl. Hybrid)	21	2	131	0	154
Anzahl Gasfahrzeuge (inkl. Hybrid)	5	1	24	14	44
Anzahl reine Gasfahrzeuge	1	0	4	0	5
Anzahl Fahrzeuge ohne Angabe des Kraftstoffes	8	3	11	0	22

6 Energie- und THG-Bilanz für die Landeshauptstadt Wiesbaden

6.1. Methodischer Hinweis

Allgemeine Hinweise

Grundlage für die weiteren Analysen des Gutachtens ist eine Energie- und THG-Bilanz. Sie stellt die aktuellen Energieverbräuche und die daraus resultierenden THG-Emissionen sowie die Entwicklung der letzten Jahre dar.

Die im Rahmen des Klimaschutzkonzepts 2015 erstellte Feinbilanz für die Jahre 2012-2013, sowie deren Fortführung des Klimaschutzberichts 2017 (2014-2017), wurde für die Jahre 2018 bis 2020 fortgeschrieben.

Das Jahr 2020 war zum Zeitpunkt der Potenzialermittlung und der Erarbeitung der Szenarien das aktuellste Jahr mit vollständiger Datenbasis. Daher wird das Jahr 2020 als Basisjahr für die Potenzialanalysen und Szenarien in den Teilen C bis E genutzt.

Allgemeine Datengrundlage

Die Bilanz wurde mit dem Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer des Klima-Bündnis (<https://www.klimaschutz-planer.de/index.php?/dashboardKlimaschutz-Planer - Internetbasierte Software zum Monitoring des kommunalen Klimaschutzes>) angelegt. Im Klimaschutz-Planer sind bereits die folgenden Strukturdaten hinterlegt:

- Einwohnendenzahlen,
- Beschäftigtenzahlen,
- Fahrleistungen für den Verkehrssektor.

Für die Feinbilanzierung (2018 bis 2020) wurden darüber hinaus u.a. folgende Echt-daten eingepflegt:

- Daten der Netzbetreiber zum Strom-, Erdgas- und Fernwärmeverbrauch, aufgeteilt nach Verbrauchergruppen, sowie zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien,
- Daten zu Anlagen zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien (BAFA),
- Daten des Stadtverbunds,
- Schornsteinfegerdaten,
- Daten der Linienbusse,
- Weitere statistische Daten.

Daten zu Emissionshandelsbetrieben (ETS-pflichtige Betriebe)

In der Landeshauptstadt Wiesbaden sind mehrere Betriebe ansässig, die gemäß der gesetzlichen Vorgaben verpflichtet sind, am europäischen Handel mit Emissionszertifikaten (European Trade System; kurz ETS) teilzunehmen (UBA DEHST 2021). Diese „ETS-pflichtigen Betriebe“ werden in der Bilanz nicht gesondert erwähnt oder dargestellt, sondern werden bei der Industrie respektive dem Sektor Wirtschaft zugeordnet.

Üblicherweise sind solche Betriebe so groß, dass sie sich direkt aus dem Hochspannungs- oder Mittelspannungsnetz (respektive Hoch-, Mitteldrucknetz) versorgen und daher nicht von den ortsansässigen Netzbetreibern beliefert werden. Insbesondere der Industriepark hat eigene Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen.

Die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) veröffentlicht die jährlichen Emissionen der Emissionshandelsbetriebe (nach Betrieb und Anlage), sodass auf dieser Grundlage eine Energiemenge für die Betriebe, für die keine Daten des Netzbetreibers ESWE Netze vorliegen, abgeschätzt werden kann. Durch Internetrecherchen können die Energieträger ermittelt werden, welche von den Anlagen genutzt werden.

Methodik

Die Bilanz orientiert sich an den drei Anwendungsbereichen Stromversorgung, Wärmeversorgung und Mobilität. Dabei werden die Energieverbräuche nach den folgenden Verbrauchergruppen unterteilt:

- Private Haushalte,
- Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD),
- Verkehr,
- Stadtverbund (Verwaltung, Eigenbetriebe und Städtische Gesellschaften).

Neben den „feinbilanzierten“ Daten für die Jahre 2018 bis 2020 werden die Daten der Vorjahre dargestellt. Dabei sind die Jahre 2014-2017 durch die Fortschreibung im Rahmen des Klimaschutzberichts 2017 erhoben und bearbeitet worden. Die Jahre 2012-2013 wurden im Rahmen des Integrierten Klimaschutzkonzeptes 2015 erhoben und bearbeitet. Die Jahre davor sind Daten aus dem Klimaschutzbericht 2009 und Startbilanzdaten aus EcoRegion (die beim jetzigen Konzept in den Klimaschutz-Planer überführt wurden).

Durch die verschiedenen Konzepte, deren Datenerhebung und die fortlaufende Entwicklung der Methodik sind die Zeitreihen nur indirekt miteinander vergleichbar.

Stand: 04. Dez. 2023

Die Daten der Startbilanz haben nicht die gleiche Datengüte wie die feinbilanzierten Daten und sind daher nur begrenzt mit diesen vergleichbar.

Im Rahmen der Energie- und THG-Bilanz werden jeweils die Energieverbräuche nach Anwendungsbereich und Verbrauchssektoren dargestellt und analysiert. Auf Basis dieser Energieverbrauchs-Analysen wird anschließend die THG-Bilanz aufgestellt. Das Berechnungstool EcoRegion ermöglicht für alle Emissionsberechnungen eine Life-Cycle-Assessment-(LCA)-Methode. Diese berücksichtigt bei den THG-Emissionen auch die Vorketten für die Bereitstellung der Energie, wie z.B. Erschließung, Aufbereitung und Transport von Erdgas. Eine Besonderheit ergibt sich bei den THG-Emissionen, die aus dem Stromverbrauch resultieren. Sie entstehen vor allem bei der Stromproduktion in den Kraftwerken. Hinzu kommen diejenigen Emissionen, die bei der Brennstoffbereitstellung und dem Bau der Erzeugungsanlage entstehen. Der Großteil dieser Emissionen entsteht nicht in der Landeshauptstadt Wiesbaden selbst, sondern wird durch den Stromverbrauch in der Landeshauptstadt Wiesbaden an anderer Stelle verursacht.

Um vergleichbare Ergebnisse zu anderen Energieträgern zu erhalten und Strom als Energieträger nicht zu bevorteilen, müssen die THG-Emissionen der Stromproduktion auf den Stromverbrauch in der Landeshauptstadt Wiesbaden angerechnet werden. Da das Stromnetz bundesweit verknüpft ist und sich nicht unterscheiden lässt, aus welchen Quellen der in der Landeshauptstadt Wiesbaden genutzte Strom physikalisch tatsächlich stammt, wird für die Analyse der bundesweite Strommix angesetzt. Dies geschieht im Einklang mit den Bilanzierungsempfehlungen des Klimabündnisses (vgl. Morcillo 2011, ifeu 2014). Der Nachteil dieser Betrachtungsweise liegt darin, dass dadurch die lokalen Beiträge zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien keinen direkten Eingang in die THG-Bilanz finden. Diesen Beitrag darzustellen, ist aber nicht zuletzt für die Diskussion um Erneuerbare-Energien-Anlagen vor Ort sehr wichtig. Daher wird im vorliegenden Konzept zusätzlich aufgezeigt, welchen Beitrag die erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in der Landeshauptstadt Wiesbaden leisten.

Die Bilanzierung erfolgt nach dem Territorialprinzip. Das heißt, es wird der Endenergieverbrauch bilanziert, der auf dem Gemarkungsgebiet der Landeshauptstadt Wiesbaden erfolgt.

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Wirkungsweise des Territorialprinzips für den Verkehrssektor. Es werden lediglich die mobilitätsbedingten Endenergieverbräuche der innerhalb der Grenzen der Landeshauptstadt Wiesbaden stattfindenden Fahrten berücksichtigt. Die durch die Bürger*innen sowie Gewerbe und Industrie

Wiesbadens verursachten Fahrten (und Flüge) außerhalb des Stadtgebietes werden nicht betrachtet.

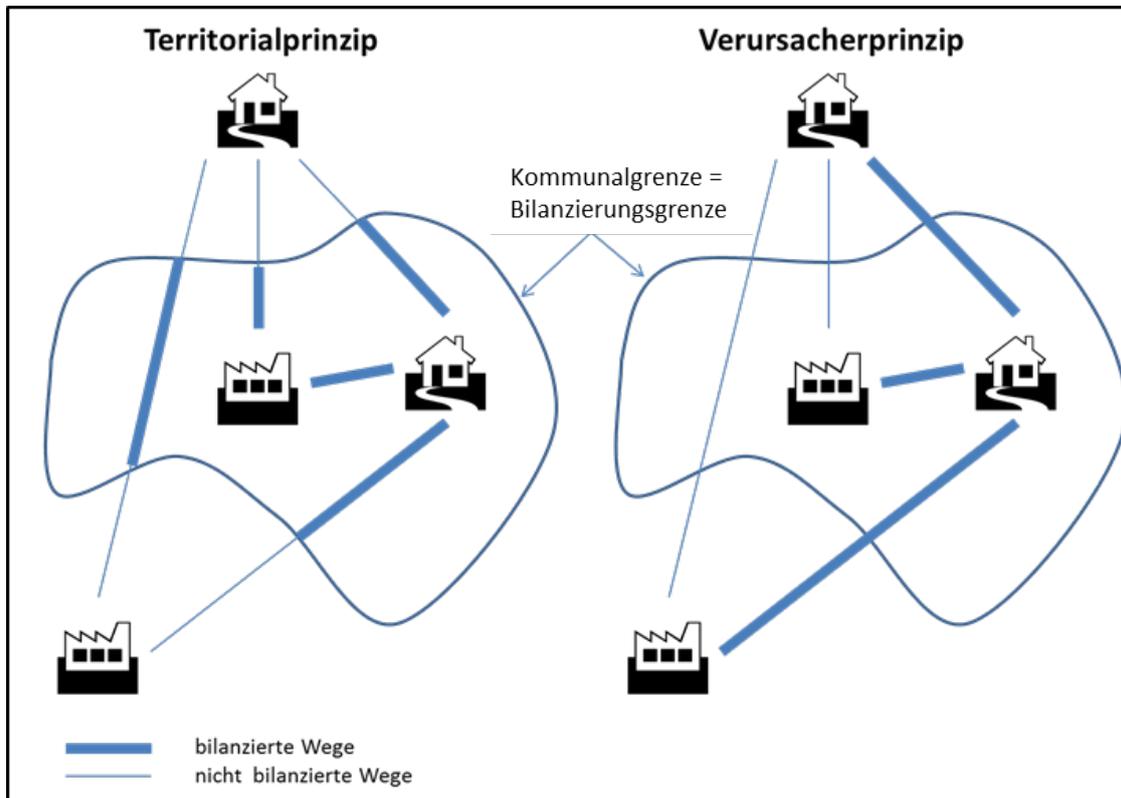


Abbildung 26 Bilanzierung des Verkehrssektors: Territorial- und Verursacherprinzip im Vergleich

Die Daten der Bilanz werden gemäß BSKO (Bilanzierung Systematik Kommunal)-Methodik nicht witterungsbereinigt⁸. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. So war beispielsweise das Jahr 2010 ein verhältnismäßig kaltes Jahr und dementsprechend hoch sind auch die Energieverbräuche für Heizzwecke. Demgegenüber war beispielsweise 2019 ein verhältnismäßig mildes Jahr, was zu einem verringerten Energieverbrauch für Heizzwecke führte.

⁸ Als Witterungs- oder Klimabereinigung bezeichnet man die Verrechnung des Heizenergieverbrauchs eines Jahres mit dem entsprechenden Klimakorrektureffektor. So werden klimatische Bedingungen herausgerechnet und die einzelnen Jahre besser miteinander vergleichbar gemacht. Im folgenden Text und in den Abbildungen werden die Begriffe „klimabereinigt“ und „witterungsbereinigt“ synonym gebraucht.

6.2. Energiebilanz

Die Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern ist in Abbildung 27 dargestellt. Wiedergegeben ist dort der jährliche Verbrauch an Endenergie nach Energieträgerart in Megawattstunden pro Jahr.

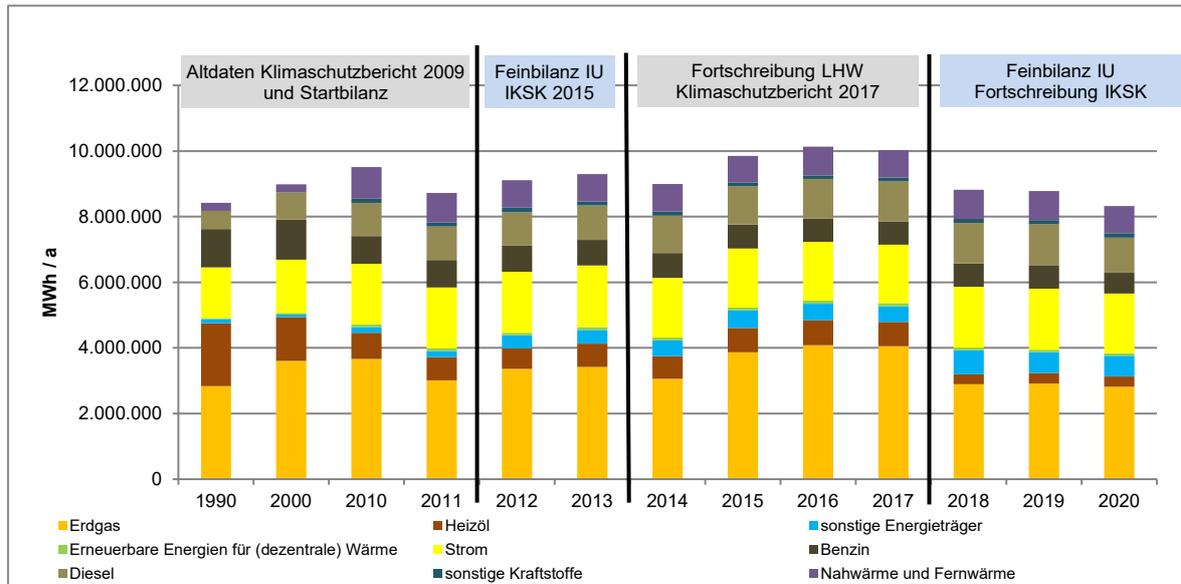


Abbildung 27: Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträger in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Sonstige Kraftstoffe sind insbesondere Biobenzin und Biodiesel sowie Kerosin, Autogas (LPG) und Erdgas (CNG). Sonstige Energieträger sind insbesondere Steinkohle und Braunkohle.

Tabelle 7: Entwicklung des Energieverbrauchs nach Energieträgern (Datentabelle)

	Nah- wärme und Fern- wärme	sonstige Kraft- stoffe	Diesel	Benzin	Strom	Erneuer- bare Energien	sonstige Energie- träger	Heizöl	Erdgas
Jahr	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]	[MWh / a]
1990	241.910	0	552.063	1.169.450	1.547.890	24.754	135.746	1.909.592	2.838.198
2000	247.096	9.299	818.051	1.218.933	1.630.903	47.435	75.897	1.329.411	3.606.983
2010	968.606	126.724	1.004.468	847.539	1.851.507	72.581	184.018	793.435	3.662.707
2011	895.130	124.947	1.025.238	831.371	1.860.680	75.095	191.441	708.718	3.009.946
2012	842.504	128.036	1.025.564	796.951	1.855.628	77.610	402.289	624.001	3.359.024
2013	833.686	117.075	1.054.451	773.605	1.882.666	86.350	418.687	710.589	3.419.583
2014	840.027	124.079	1.137.251	759.288	1.820.011	83.370	484.843	689.892	3.056.265
2015	805.513	116.079	1.173.355	721.966	1.806.137	89.449	529.217	740.197	3.867.329
2016	870.948	114.312	1.202.598	89.449	1.788.536	92.335	508.626	764.074	4.076.772
2017	834.015	113.469	1.224.519	710.650	1.782.714	89.449	478.956	740.197	4.052.022
2018	889.079	120.893	1.240.854	707.304	1.853.699	78.360	726.465	309.876	2.891.110
2019	887.529	119.069	1.252.563	719.201	1.857.007	79.550	628.571	318.604	2.917.042
2020	828.587	131.266	1.072.047	629.941	1.818.909	80.215	626.422	319.615	2.812.474

Durch die unterschiedlichen Fortschreibungen der Energiebilanz der Stadt Wiesbaden mit den damit einhergehenden Veränderungen der Betrachtung, der Interpretation und den Datenquellen lassen sich die Datensprünge erklären. Eine rückwirkende Bereinigung fand aus diesem Grund nicht statt.

Wichtigster Energieträger für die Wärmebereitstellung im Jahr 2020 ist Erdgas (34 % des Gesamtenergieverbrauchs), danach folgt Nah- und Fernwärme (10 %) und Heizöl (4 %). Die erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung (Holz, Solarenergie, Biogas, Umweltwärme) tragen etwa 1 % zum gesamten Endenergieverbrauch bei. Der Stromverbrauch beträgt etwa 22 % des Gesamtenergieverbrauchs. Im Verkehrsbereich, der insgesamt rund 22 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmacht, sind Diesel (13 %) und Benzin (7 %) die wichtigsten Energieträger. Die sonstigen Energieträger beinhalten Kohle, Ersatzbrennstoffe und ähnliches, diese werden für die (Prozess-)wärme in der Industrie eingesetzt. Dies ist in Abbildung 28 dargestellt.

Stand: 04. Dez. 2023

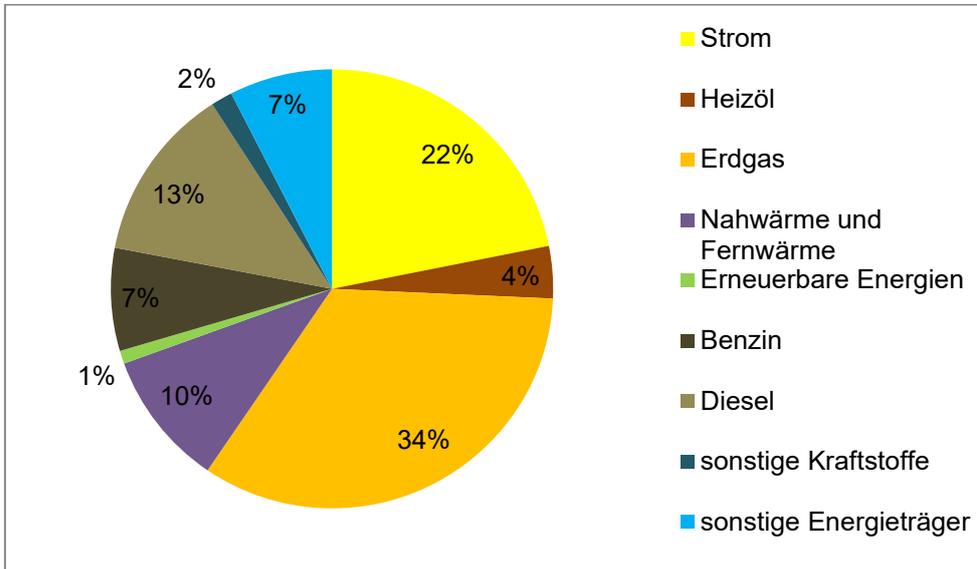


Abbildung 28: Energieträger für die Wärmebereitstellung 2020

In der Abbildung 29 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszwecken enthalten. Hier wird deutlich, dass der Mobilitätsbereich den kleinsten Anteil am Verbrauch hat. Die Bereiche Wärme und Strom tragen einen Anteil von etwa 75 % des gesamten Endenergieverbrauchs bei.

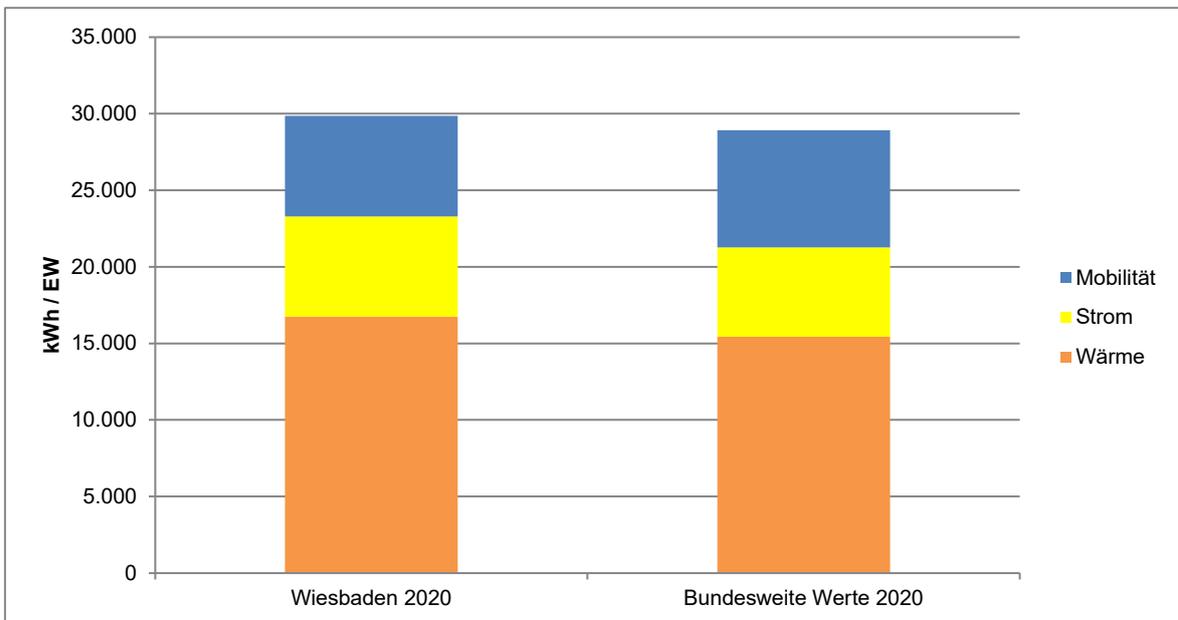


Abbildung 29: Spezifischer Energieverbrauch nach Anwendung, Vergleich zwischen Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweiten Werten für 2020 je Einwohner

Stand: 04. Dez. 2023

Die Abbildung 29 und Abbildung 30 zeigen im Vergleich den spezifischen Energieverbrauch nach Anwendungszweck Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweite Werte (AGEB, 2020). Einwohnerspezifisch verbraucht die Landeshauptstadt Wiesbaden etwas weniger als der durchschnittliche Bundesbürger, jedoch ist der Anteil bei Strom und Wärme etwas höher. Das kann durch den starken Besatz der Wirtschaft in der Landeshauptstadt Wiesbaden kommen. Der Verbrauch im Mobilitätssektor in Wiesbaden ist etwas geringer als im Bundesdurchschnitt.

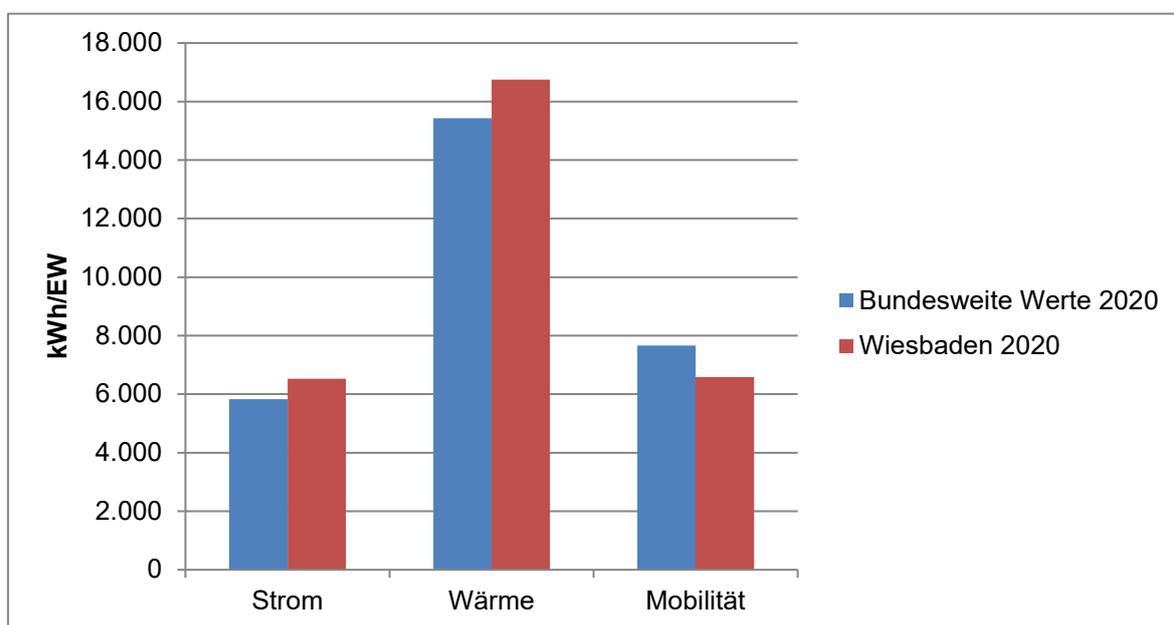


Abbildung 30: Spezifischer Energieverbrauch nach Anwendung, Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweit für 2020 je Einwohner

Wie vorangegangen schon erwähnt, gibt es Sprünge zwischen den unterschiedlichen Fortschreibungen; in der Abbildung 31 zeigt sich, dass der Verkehrssektor und die Haushalte relativ konstant sind. Die Abweichungen zeigen sich vor allem in der Wirtschaft. Dies ist durch die schwierige Datenerfassung (Eigenerzeugung, Bezug aus Mittelspannungsnetzen und nicht-leitungsgebundene Energieträger (Ersatzbrennstoffe, Kohlen, etc.)) zu begründen.

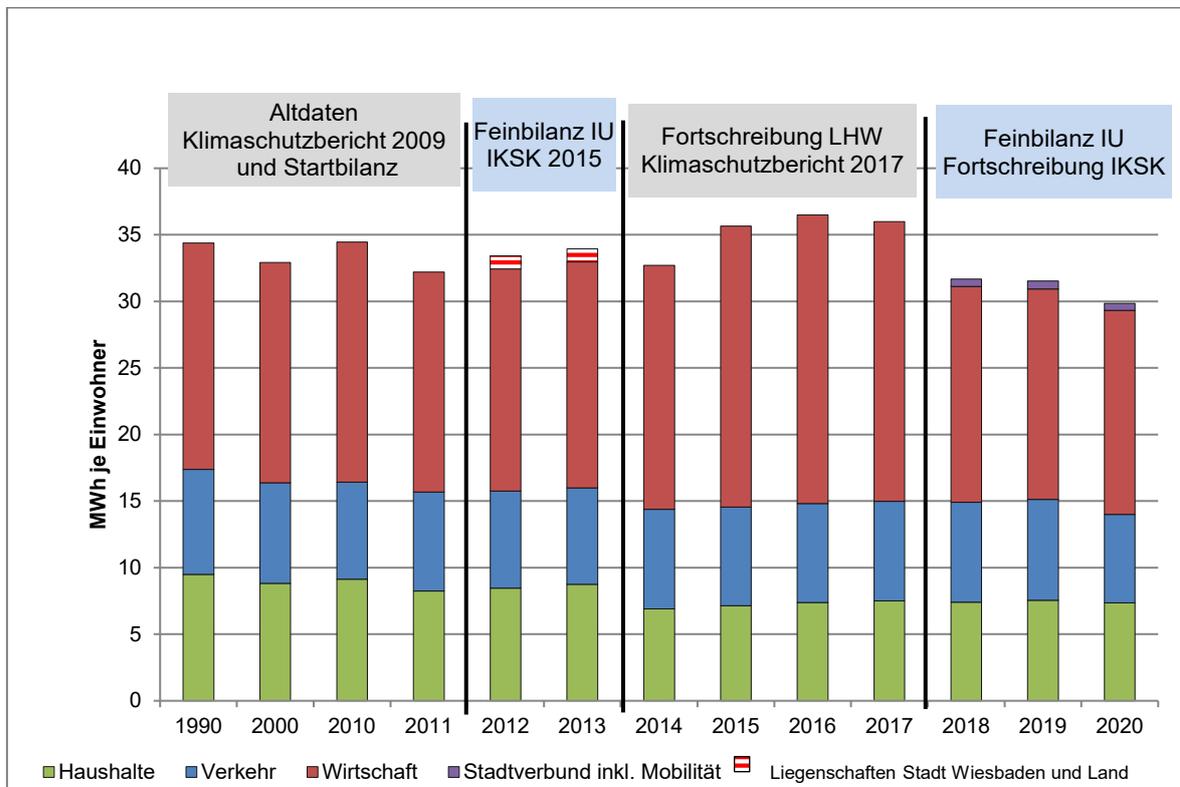


Abbildung 31: Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs je Einwohner nach Verbrauchssektoren in der Landeshauptstadt Wiesbaden

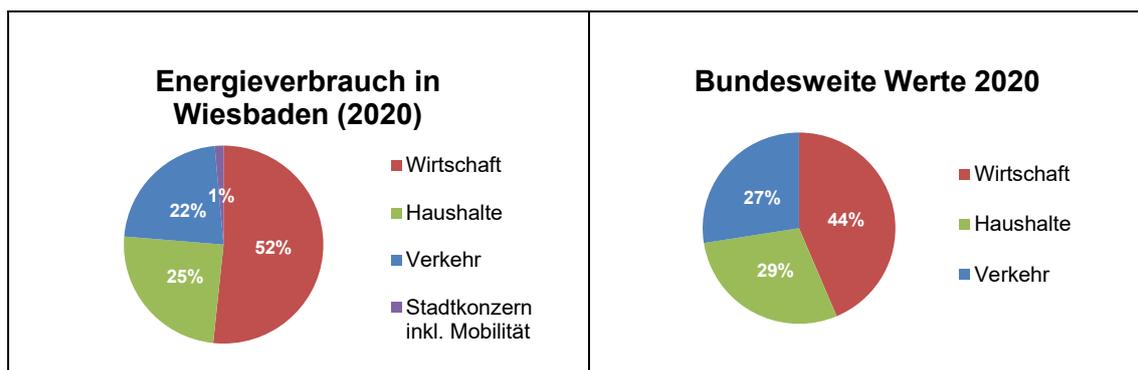


Abbildung 32: Vergleich des Energieverbrauchs nach Sektoren, Landeshauptstadt Wiesbaden und bundesweit für 2020

Im Vergleich zu den bundesweiten Werten ist in der Landeshauptstadt Wiesbaden der Wirtschaftssektor stärker ausgeprägt. Das ist typisch für Großstädte, die sich neben einer wichtigen Funktion als Dienstleistungszentrum für die Region auch als Standort für (energieintensive) Industrieunternehmen auszeichnen.

6.3. THG-Bilanz

Die Entwicklung der THG-Emissionen inklusive der Vorketten, unterteilt nach Energieträgern, ist in Abbildung 31 für die Jahre 2010 bis 2020 dargestellt. Die gesamten Emissionen liegen im betrachteten Zeitraum zwischen circa 2.569.000 und 3.308.000 Tonnen pro Jahr, der Verlauf über die Jahre ist ähnlich zum Verlauf des Endenergieverbrauchs.

Auffällig ist aber, dass der Energieträger Strom – verglichen mit der Betrachtung der Endenergie (siehe Kap. 6.2) – bei den Emissionen einen deutlich größeren Anteil hat. Das liegt an den hohen Verlusten bei der Stromerzeugung und -bereitstellung und den damit verbundenen hohen Emissionen je Kilowattstunde. In Bezug auf die Einsparpotenziale zeigt dies, dass sich Einsparungen beim Stromverbrauch besonders positiv auf die resultierenden THG-Emissionen auswirken. Dieser Effekt wird sich zukünftig, mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung, jedoch etwas abschwächen, weil dadurch die Emissionen je erzeugter Kilowattstunde Strom sinken.

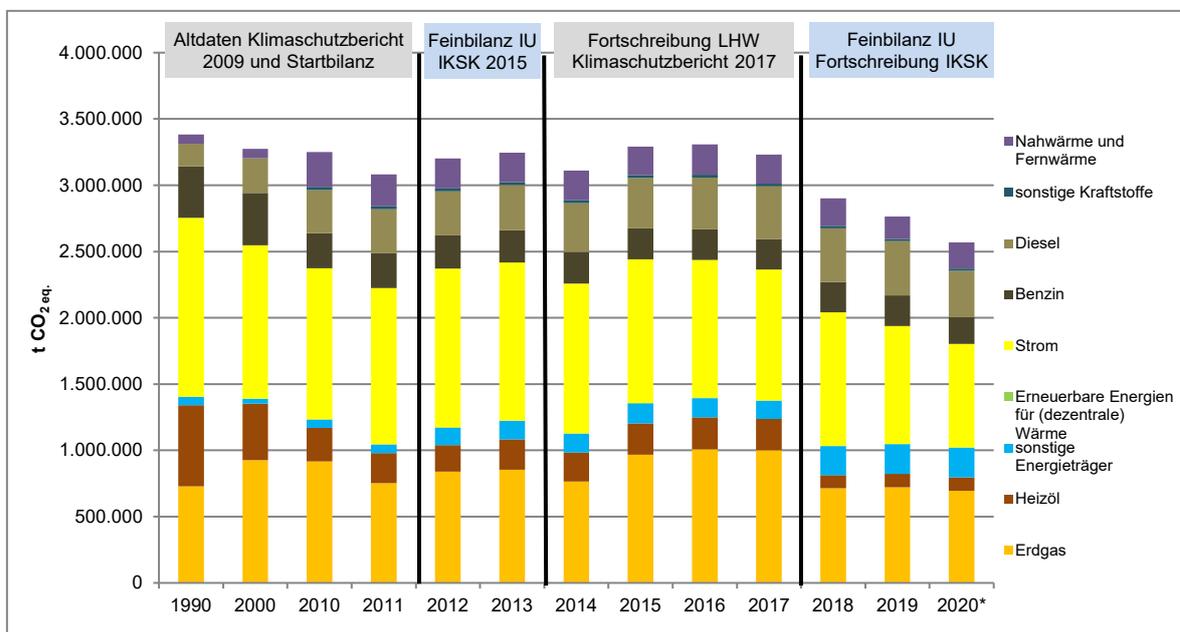


Abbildung 33: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Tabelle 8 Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern in der Landeshauptstadt Wiesbaden (Datentabelle)

	Nahwärme und Fernwärme	sonstige Kraftstoffe	Diesel	Benzin	Strom	EE für (dezentrale) Wärme	sonstige Energieträger	Heizöl	Erdgas
Jahr	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]	[t CO ₂ eq.]
1990	70.154	0	172.100	386.200	1.349.760	1.854	62.986	611.070	729.417
2000	69.187	1.474	261.538	394.506	1.156.310	3.034	35.216	425.411	926.995
2010	261.524	24.225	325.148	266.601	1.136.825	3.606	62.511	253.899	915.677
2011	240.790	23.884	332.308	261.211	1.177.811	3.783	63.827	226.790	752.487
2012	225.791	22.820	332.693	250.580	1.196.880	3.942	130.374	199.680	839.756
2013	222.594	20.839	342.422	243.255	1.191.728	4.069	139.099	227.389	854.896
2014	223.447	21.963	369.612	238.775	1.128.407	3.820	140.461	220.765	764.066
2015	213.461	21.536	381.695	232.820	1.083.682	4.034	150.496	236.863	966.832
2016	229.930	19.621	391.545	229.826	1.039.139	3.731	144.502	242.976	1.006.963
2017	219.346	19.457	399.007	229.243	987.624	3.528	136.932	235.383	1.000.849
2018	207.153	18.914	404.677	227.473	1.008.412	2.775	218.490	98.540	714.104
2019	0	16.899	408.628	231.578	887.649	2.847	224.816	101.316	720.509
2020*	197.488	17.176	349.755	202.915	780.602	2.800	222.883	101.638	694.681

Der Erdgasverbrauch im Jahr 2020 trägt ungefähr 27 % zu den Gesamtemissionen bei und hat damit den zweithöchsten Anteil, während Strom bei etwa 30 % liegt. Benzin- und Dieserverbrauch verursachen etwa 22 % der Gesamtemissionen. Alle restlichen, verbleibenden Energieträger weisen zusammen einen Anteil von circa 21 % an den Emissionen auf. Auffällig ist insbesondere der sehr geringe Anteil der erneuerbaren Energien bei den THG-Emissionen. Dies spiegeln die geringen Emissionsfaktoren und damit die geringen klimarelevanten Auswirkungen der entsprechenden Energieträger wider.

Stand: 04. Dez. 2023

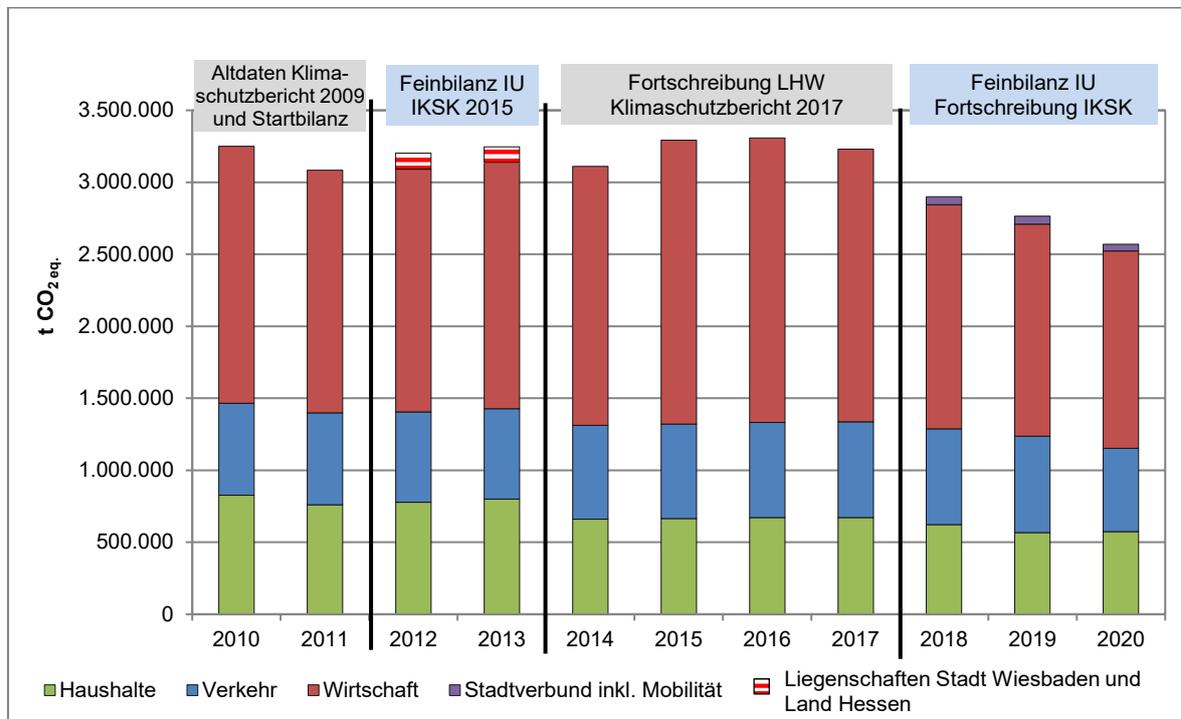


Abbildung 34: Entwicklung der THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden

Tabelle 9: Entwicklung der THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden (Datentabelle)

	Stadtverbund inkl. Mobilität (2018 bis 2020)*	Wirtschaft	Verkehr	Haushalte
Jahr	[t CO2 eq.]	[t CO2 eq.]	[t CO2 eq.]	[t CO2 eq.]
2010	0	1.785.700	637.200	827.100
2011	0	1.684.400	639.400	759.100
2012	110.800*	1.686.400	628.300	777.000
2013	109.600*	1.709.000	628.200	799.500
2014	0	1.799.000	651.200	661.100
2015	0	1.970.700	656.600	664.100
2016	0	1.975.800	661.700	670.700
2017	0	1.894.200	666.900	670.300
2018	55.300	1.558.400	664.900	622.000
2019	53.600	1.473.800	669.000	567.400
2020	46.000	1.370.700	579.500	573.700

* für die Jahre vor 2012 und zwischen 2014 und 2017 wurde keine Bilanzierung durchgeführt; 2012 und 2013 wurden nur die Liegenschaften der Stadt Wiesbaden ergänzend aber auch die des Landes Hessen bilanziert.

Übernimmt man die Betrachtung nach den Bereichen Haushalte, Verkehr, Wirtschaft und Kommune für die THG-Emissionen, so zeigt sich prinzipiell ein ähnliches Bild wie bei der Entwicklung der Endenergie-Betrachtung in Kap. 6.2.

Insgesamt lagen die spezifischen Emissionen im Jahr 2020 bei etwa 9,2 Tonnen je Einwohner und damit über dem bundesweiten Durchschnitt im Jahr 2020 von 7,31 Tonnen je Einwohner (UBA, 2023b).

Die Entwicklung der spezifischen THG-Emissionen in den einzelnen Sektoren zeigt, dass die THG-Emissionen im Sektor Verkehr nahezu gleichgeblieben sind. Demgegenüber zeigen sich Rückgänge bei den Haushalten und insbesondere im Wirtschaftssektor.

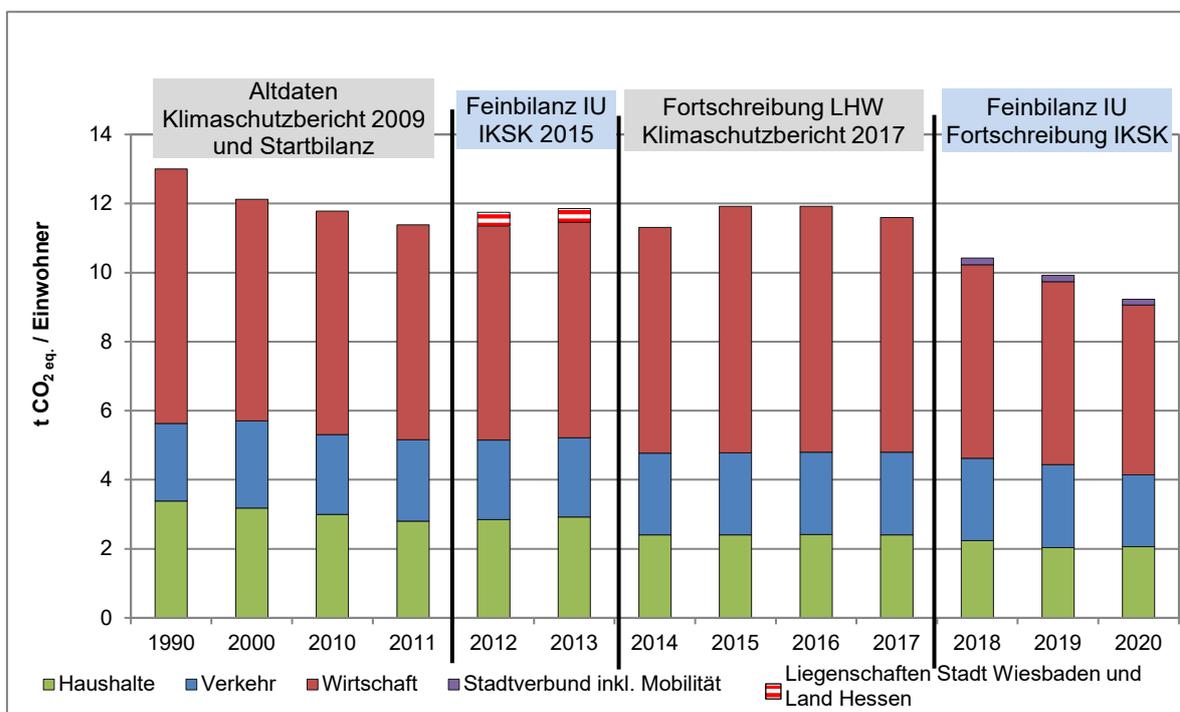


Abbildung 35 Entwicklung der einwohnerspezifischen THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 10: Entwicklung der einwohnerspezifischen THG-Emissionen der Landeshauptstadt Wiesbaden in [t CO₂ eq. / EW*a] (Datentabelle)

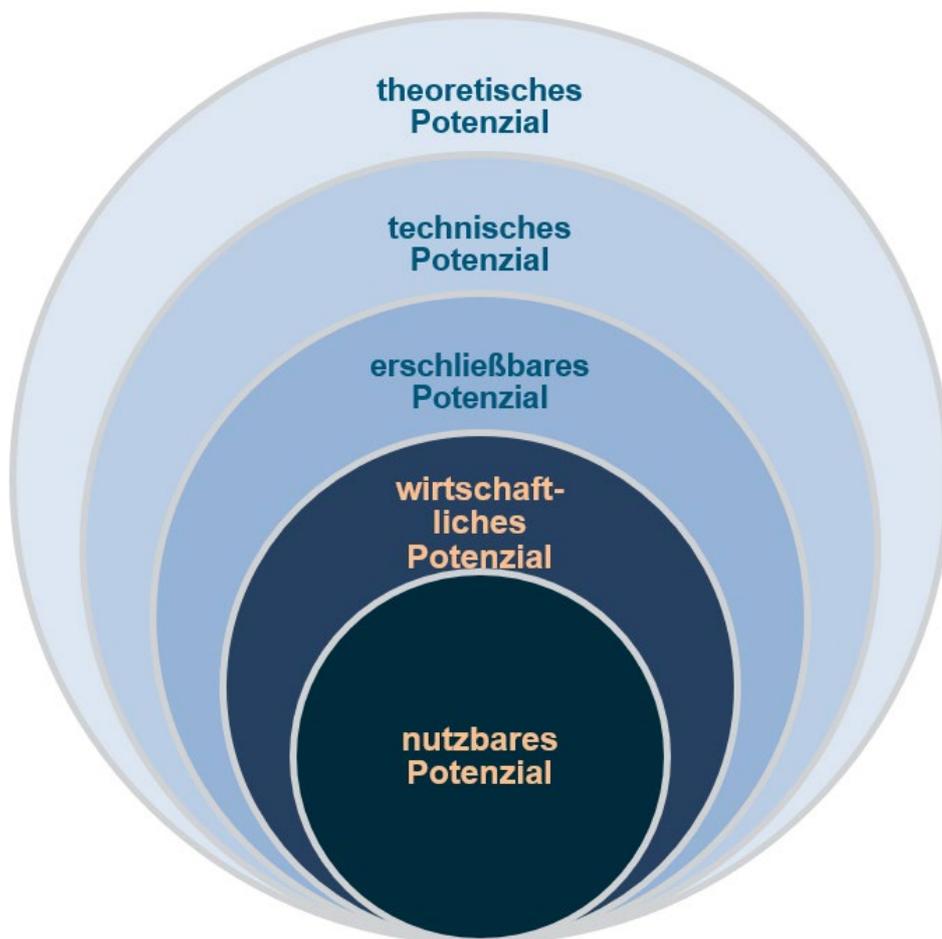
Jahr	Wirtschaft	Haushalte	Verkehr	Stadtverbund inkl. Mobilität (2018 bis 2020)*
1990	7,4	3,4	2,2	0,0
2000	6,4	3,2	2,5	0,0
2010	6,5	3,0	2,3	0,0
2011	6,2	2,8	2,4	0,0
2012	6,2	2,8	2,3	0,4*
2013	6,2	2,9	2,3	0,4*
2014	6,5	2,4	2,4	0,0
2015	7,1	2,4	2,4	0,0
2016	7,1	2,4	2,4	0,0
2017	6,8	2,4	2,4	0,0
2018	5,6	2,2	2,4	0,2
2019	5,3	2,0	2,4	0,2
2020	4,9	2,1	2,1	0,2

* für die Jahre vor 2012 und zwischen 2014 und 2017 wurde keine Bilanzierung durchgeführt; 2012 und 2013 wurden nur die Liegenschaften der Stadt Wiesbaden ergänzend aber auch des Land Hessen bilanziert.

Teil C: Potenzialanalyse

7 Vorbemerkungen zur Methodik der Potenzialanalysen

Grundsätzlich kann bei der Potenzialanalyse unterschieden werden in fünf Potenzialstufen (in Anlehnung an Quaschnig, 2000):



1. Das theoretische **Potenzial** beinhaltet das komplette physikalisch umsetzbare Erzeugungsangebot respektive Einsparpotenzial, ohne Berücksichtigung
 - technischer,
 - nutzungsbedingter oder
 - rechtlicher Beschränkungen.

Stand: 04. Dez. 2023

Das theoretische Potenzial hat für die Betrachtung im Rahmen eines Klimaschutzkonzeptes wenig praktische Relevanz, da es immer technische und häufig rechtliche Restriktionen gibt. Deshalb wird auf die Bestimmung des theoretischen Potenzials in diesem Klimaschutzkonzept verzichtet.

2. Das **technische Potenzial** umfasst den Teil des theoretischen Potenzials, der
- unter den gegebenen technischen Randbedingungen (z.B. Wirkungsgrade),
 - mit heute oder in absehbarer Zeit verfügbarer Anlagentechnik erschließbar ist.

Das technische Potenzial baut immer auch auf einer „Gebietskulisse“ auf, wie z.B. dem Gebäudebestand, den Forst- und Landwirtschaftsflächen und weitere.

Nicht für alle Betrachtungsgegenstände der Potenzialanalyse liegen verwertbare oder einfach übertragbare Ansätze vor. Insofern wurde im Rahmen dieser Studien das technische Potenzial nur für ausgewählte Einspar- oder Erzeugungspotenziale ermittelt.

3. Das **erschließbare Potenzial** umfasst den Teil des technischen Potenzials, der
- unter Einhaltung planungs- und fachgesetzlicher Restriktionen und
 - Erwägungen zur nachhaltigen Nutzung der Ressourcen

erschließbar ist. Derartige Restriktionen bestehen insbesondere für raumbesprechende und / oder genehmigungspflichtige Anlagen, wie

- Windenergieanlagen,
- nicht-gebäudebezogene Anlagen zur Erschließung der Solarenergie,
- Geothermieanlagen,
- Wasserkraftanlagen,
- Bioenergieanlagen (ab einer gewissen Größenordnung).

Die diesbezüglichen Restriktionen sind zwar grundsätzlich veränderbar, insbesondere bei Einhaltung planungs- und fachgesetzlicher Restriktionen wären dafür aber umfassende und langwierige Prozesse notwendig. Insofern stellt das **erschließbare** Potenzial eine wesentliche Grundlage für die weiteren Potenzialbetrachtungen bis zum Jahr 2030 im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes dar.

4. Das **wirtschaftliche Potenzial** beinhaltet den Teil des erschließbaren Potenzials, der unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen umsetzbar ist. Es muss zumindest auf Grundlage aktueller Rahmenbedingungen ein kostendeckender Betrieb möglich sein.

Stand: 04. Dez. 2023

Sowohl im Bereich der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien / Effizienztechnologien als auch bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen haben in der Vergangenheit staatliche Förderungen die betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeit maßgeblich bestimmt. Dies hat sich insbesondere in den zwei vergangenen Jahren einerseits aufgrund gesunkener Kosten (vor allem für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien) und andererseits aufgrund drastisch gestiegener Bezugspreise für fossile Energien deutlich gewandelt.

Insgesamt ist die Abschätzung des wirtschaftlichen Potenzials eine Momentaufnahme und für die mittel- bis längerfristigen Betrachtungen im Rahmen eines Klimaschutzkonzeptes von geringer Aussagekraft.

5. Das **nutzbare Potenzial** beschreibt in diesem Klimaschutzkonzept den Teil des wirtschaftlichen Potenzials, der im Betrachtungszeitraum des Klimaschutzkonzeptes tatsächlich für eine Nutzung zur Verfügung steht.

In welchem Umfang die technischen und wirtschaftlichen Potenziale zukünftig tatsächlich umgesetzt werden, ist nicht eindeutig bestimmbar, da eine exakte Prognose der zukünftigen Entwicklung nicht möglich ist. Deshalb wird mit Hilfe von Szenarien eine Bandbreite möglicher Entwicklungen unter Zugrundelegung verschiedener Annahmen aufgezeigt.

Dabei wird berücksichtigt, dass

- ein Teil des wirtschaftlichen Potenzials bereits umgesetzt wurde,
- aufgrund von technischen Lebenszeiten und Modernisierungszyklen im Prognosezeitraum nur ein Teil des wirtschaftlichen Potenzials umgesetzt wird und
- in der Realität auch das wirtschaftliche Potenzial nicht zu 100 % ausgenutzt werden kann, z.B. weil die Finanzmittel und / oder die Motivation zur Umsetzung der Maßnahmen fehlen.

Neben ökonomischen Faktoren (s.o.) spielen insbesondere

- soziale Faktoren wie
 - Sensibilisierung,
 - Motivation,
 - Bereitschaft zur Verhaltensänderung

sowie

- technische Faktoren wie insbesondere
 - Lebensdauer,
 - Erneuerungszyklen

eine wichtige Rolle bei der Einschätzung der im Betrachtungszeitraum tatsächlich realisierbaren Potenziale.

8 Potenziale zur Wärmewende

Energiebedingte THG-Emissionen lassen sich am effektivsten vermeiden, indem der Energieverbrauch gesenkt wird. Aus diesem Grund ist der zu erwartende Wärmebedarf insbesondere durch bauliche Sanierungsmaßnahmen zu senken. Die dadurch zu erzielenden Einsparpotenziale werden im Folgenden ermittelt. Der verbleibende Wärmebedarf muss mit klimaneutralen Energieträgern gedeckt werden. Daher wird im Rahmen der Potenzialanalyse aufgezeigt, welche regenerativen Energieträger und welche Abwärme-Quellen im Wiesbadener Stadtgebiet am ehesten zum Einsatz kommen können.

8.1. Ermittlung der technischen Energieeinsparpotenziale

8.1.1. Gebäudesektor

Für den Wärmeplan Wiesbaden wird ein Rückgang der Wärmenachfrage für Raumwärme und Warmwasser sowie Prozesswärme durch Sanierung, Abriss, Neubau, Entwicklung der Wohnfläche, Effizienzmaßnahmen, etc. unterstellt. Für Haushalte können konkret Einsparungen durch Verhaltensänderungen, Dämmmaßnahmen an Dach, Fassade oder Kellerdecke sowie der Austausch von Fenstern erzielt werden. Gleiches gilt für die Liegenschaften des Stadtverbunds. Die Industrie sollte den Fokus auf Maßnahmen zur Effizienzsteigerung setzen, so dass insgesamt der Wärmebedarf so weit wie möglich reduziert werden kann.

Bei der Wärmebedarfsentwicklung wird im Allgemeinen unterschieden in Sanierungsrate und Sanierungstiefe. Ersteres beschreibt die Anzahl der Gebäude, die pro Jahr saniert werden. Die Sanierungstiefe hingegen gibt an, wie groß die potenzielle Einsparung an Heizenergie für das jeweils sanierte Gebäude ist.

Die Zielwerte, die zukünftig nach der Sanierung zu erwarten sind, orientieren sich an der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ und stellen sich wie folgt dar (jeweils Raumwärme und Warmwasserbereitung zusammengefasst):

- Energieeffizienz-Zielwert Ein- und Zweifamilienhäuser 70 kWh / m²
- Energieeffizienz-Zielwert Mehrfamilienhäuser 55 kWh / m²
- Energieeffizienz-Zielwert Nichtwohngebäude 65 kWh / m²
- Energieeffizienz-Zielwert Denkmalschutz max. 120 kWh / m²

Diese Zielwerte vorausgesetzt, ergibt sich für den Gebäudesektor in der Landeshauptstadt Wiesbaden ein technisches Einsparpotenzial von circa 42 % bzw. 621 GWh / a bezogen auf den Ausgangswert im Jahr 2020.

Stand: 04. Dez. 2023

Mit der Festlegung der jährlichen Sanierungsraten für

- Einfamilienhäuser und Reihenhäuser mit 1,5 % bis 2030 bzw. 2,0 % nach 2030,
- Mehrfamilienhäuser mit 2,0 % bis 2030 bzw. 2,5 % nach 2030

können die Ausschöpfung des technischen Einsparpotenzials für die Jahre 2030 und 2045 und die daraus resultierenden Wärmebedarfe abgeschätzt werden.

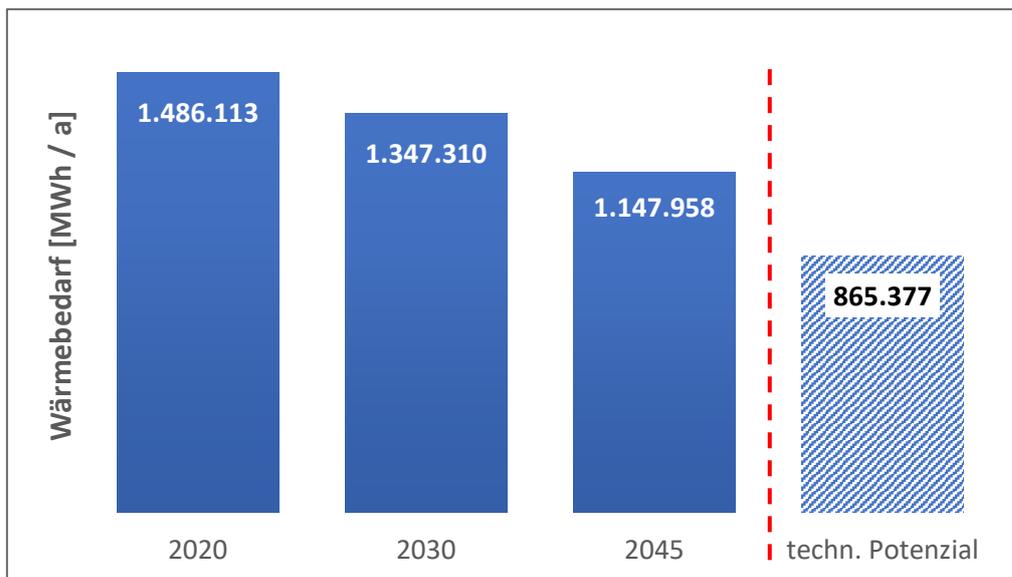


Abbildung 36: Technisches Potenzial zur Reduzierung des Wärmebedarfs im Gebäudesektor und Abschätzung der Potenzialausschöpfung für 2030 und 2045 im Vergleich zum Stand 2020

Es wird deutlich, dass mit den zugrunde gelegten Sanierungsraten das technische Einsparpotenzial von 42 % erst nach 2045 voll ausgeschöpft sein wird.

Stand: 04. Dez. 2023

8.1.2. Prozesswärme

Zur Ermittlung des Prozesswärmeanteils bei Gewerbe / Handel / Dienstleistung (GHD) und der Industrie wurde der nachfolgende Ansatz zugrunde gelegt:

Tabelle 11: Aufteilung des Wärmebedarfs in Sektoren sowie Raumwärme, Wärme für Warmwasserbereitung und Prozesswärme

Quelle: BMWi-Gesamtausgabe der Energiedaten (Sept 2021), Tabelle 7a & 7b

	Raumwärme (RW)	Warmwasser (WW)	RW + WW	Prozesswärme
Haushalte	83 %	17 %	100 %	0 %
GHD	80 %	8 %	88 %	12 %
Industrie	8 %	1 %	9 %	91 %

Für den Industriesektor kann das technische Potenzial nicht abschließend festgelegt werden, da der technologische Fortschritt zu viele Unbekannte hat. Für die Entwicklung der Prozesswärme bis 2045 wurden folgende Annahmen getroffen:

- Energieeffizienzsteigerung 2,1 % pro Jahr
- Wirtschaftswachstum 1,1 % pro Jahr

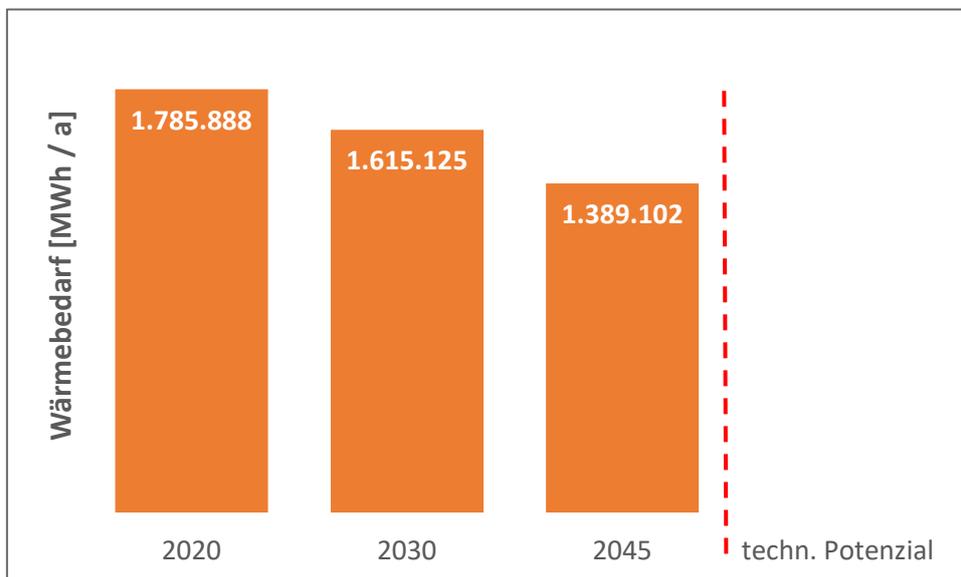


Abbildung 37: Technisches Potenzial zur Reduzierung des Prozesswärmebedarfs und Abschätzung der Potenzialausschöpfung für 2030 und 2045 im Vergleich zum Stand 2020

8.1.3. Einsparpotenzial Gebäudesektor Stadtverbund

Der Stadtverbund Wiesbaden weist bei Anwendung der o.g. Zielwerte (65 kWh / m²*a] ein technisches Einsparpotenzial von circa 43 % auf.

Mit der Festlegung der jährlichen Sanierungsraten

- bis 2030 mit 2,0 %,
- nach 2030 mit 2,5 %,

können die Ausschöpfung des technischen Einsparpotenzials für die Jahre 2030 und 2045 und die daraus resultierenden Wärmebedarfe abgeschätzt werden.

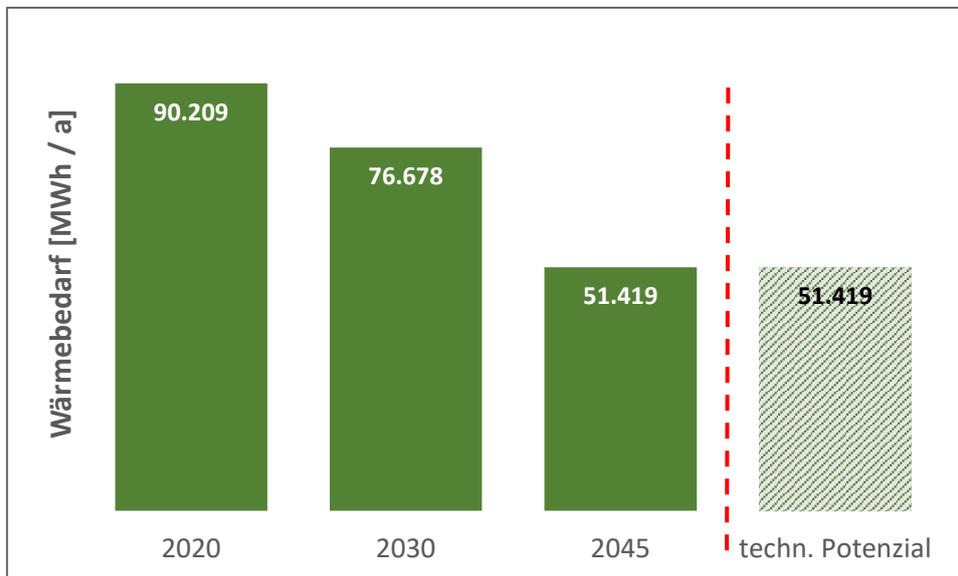


Abbildung 38: Technisches Potenzial zur Reduzierung des Wärmebedarfs des Stadtverbunds und Abschätzung der Potenzialausschöpfung für 2030 und 2045

Auch hier gilt, dass mit den zugrunde gelegten Sanierungsraten das technische Einsparpotenzial von 65 % im Jahr 2045 voll ausgeschöpft sein wird.

Stand: 04. Dez. 2023

8.1.4. Zusammenfassung: Energieeinsparpotenziale im Wärmesektor

Die folgende Abbildung zeigt zusammenfassend die potenzielle Gesamteinsparung des Wärmebedarfs und die Ausschöpfung des technischen Potenzials für die Jahre 2030 und 2045. Aufgrund zu vieler unbekannter Variablen kann für die Prozesswärme kein technisches (Gesamt-)Potenzial angegeben werden.

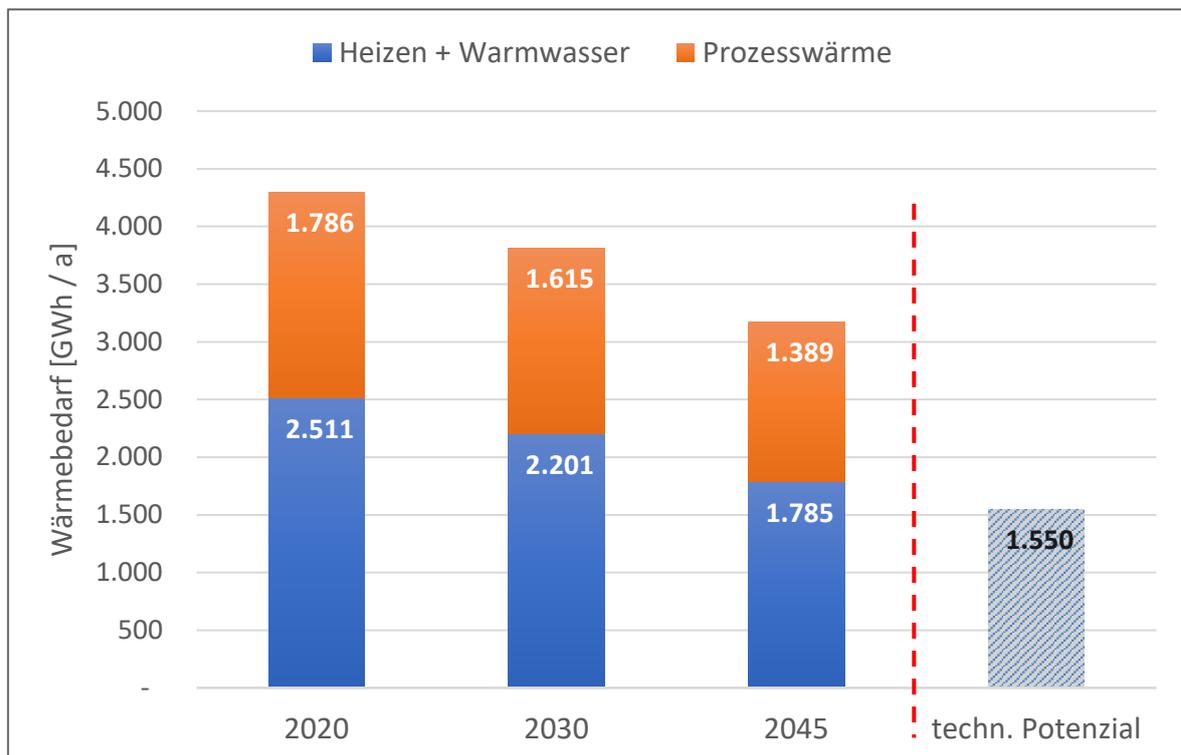


Abbildung 39: Technische Einsparpotenziale und mögliche Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs (Raumwärme / Prozesswärme) für 2030 und 2045 im Vergleich zum Stand 2020

8.2. Nutzungspotenziale Erneuerbare Energien zur Wärmeversorgung

Bisher beruht die Wärmeversorgung in extremem Maße auf fossilen, nicht erneuerbaren Ressourcen wie Erdgas und Heizöl. Die Potenzialanalyse soll ermitteln, welche erneuerbaren Quellen vor Ort zur Verfügung stehen, um fossile Energieträger zu ersetzen. Erneuerbare Energieträger können sowohl in der zentralen Wärmeversorgung über Wärmenetze eingesetzt werden als auch in der dezentralen Einzelversorgung.

Es wurden im Wesentlichen folgende Erneuerbare Energiequellen hinsichtlich Verfügbarkeit, Energiemenge und Möglichkeit zur Systemintegration untersucht:

1. Biomasse
2. Solarthermie
3. Geothermie
4. Oberflächengewässer und Abwasser
5. Klärschlamm- und Müllverbrennung
6. Industrielle Abwärme
7. Luft

8.2.1. Biomasse

Unter dem Begriff Biomasse versteht man im Allgemeinen alle nicht-fossilen Stoffe organischen Ursprungs. Dabei unterscheidet man zwischen biogenen Rohstoffen (forstwirtschaftliches und landwirtschaftliches Potenzial) und biogenen Reststoffen, die in der Verarbeitung der Rohstoffe oder bei der Entsorgung anfallen. Als Energieträger kann die Biomasse sowohl zur Wärme- und Stromerzeugung als auch zur Treibstoffherzeugung verwendet werden.

Zur Ermittlung des verfügbaren Biomassepotenzials aus der Forstwirtschaft muss die nachhaltig nutzbare Holzmenge abzüglich des bereits genutzten Anteils abgeschätzt werden. Zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Potenzials ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche zu betrachten, die noch nicht zur energetischen Nutzung verwendet wird. Die Verfügbarkeit weiterer biogener Reststoffe, wie z. B. Bioabfall, gewerbliche Speisereste oder Altholz muss individuell geprüft werden.

Zusammenfassend wird in der Biomasse kein nennenswertes zusätzliches Potenzial gesehen, da das vorhandene Biomasse-Heizkraftwerk der ESWE BioEnergie bereits große Mengen nutzt. Es wäre ggf. zu prüfen, woher InfraServ die Biomasse

bezogen hat und ob dieses Potenzial nutzbar wäre. In der Biogasnutzung wird derzeit kein weiteres Ausbaupotenzial gesehen.

Im Folgenden werden die Biomassepotenziale nochmal detaillierter betrachtet.

8.2.1.1 Feste Biomasse

Das Biomasse-Heizkraftwerk (BMHKW) der ESWE BioEnergie erzeugt Wärme und Strom aus Waldholz (Scheitholz, Holzpellets, Hackschnitzel) sowie Altholz aus der Sperrmüllsammlung und aus Produktionsabfällen. Im Jahr 2020 betrug die ins Fernwärmenetz eingespeiste Wärmemenge circa 156 GWh / a.

Das BMHKW der InfraServ GmbH & Co. KG wurde 2021 außer Betrieb genommen. Die erzeugte Wärmemenge betrug 2020 circa 225 GWh / a. Dieses Biomassepotenzial müsste theoretisch zur Verfügung stehen. Das Gesamtpotenzial zur Wärmezeugung in Großanlagen würde in diesem Fall circa 380 GWh / a betragen.

Neben den BMHKWs gibt es in Wiesbaden eine Vielzahl von Einzelfeuerungen. Aus der Datenerhebung (März 2022) der ortsansässigen Schornsteinfeger lässt sich ein Bestand von rund 9.200 Öfen ableiten, die im Wesentlichen mit Holz befeuert werden. Insgesamt wurden damit circa 69 GWh / a Wärme erzeugt, was einem Anteil von 1,6 % des gesamten Wärmeverbrauchs der Stadt entspricht.

Theoretisch ist der Einsatz von fester Biomasse – außer innerhalb des zweiten Rings – überall möglich. Innerhalb des zweiten Rings ist aufgrund von Luftreinhaltung eine alternative Versorgungsoption vorzusehen, vorzugsweise Fernwärme.

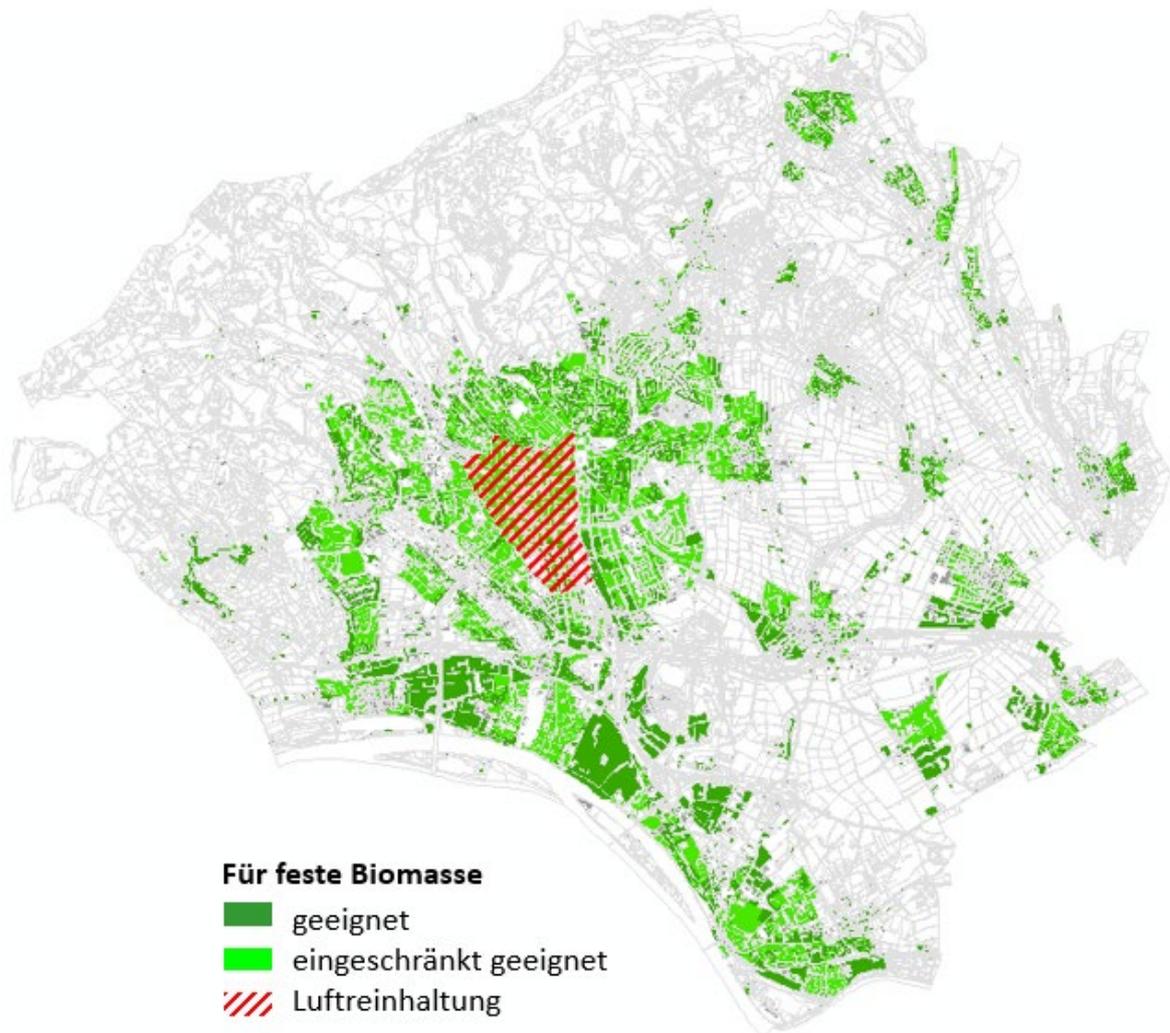


Abbildung 40: Eignung des Stadtgebietes für den Einsatz fester Biomasse in dezentralen Feuerungsanlagen

Aus unterschiedlichen Gründen (insbesondere Luftreinhaltung, Priorität der Biomassennutzung in zentralen / großen Anlagen zur Dekarbonisierung der Fern- und Prozesswärme) sehen wir kein zusätzliches Potenzial für den Einsatz von Biomasse in dezentralen Feuerungsanlagen.

8.2.1.2 Biogas / Biomethan

Methan ist gleichermaßen der wesentliche Bestandteil von Erdgas wie auch von Biogas. Biomethan wird allerdings aus biogenen Stoffen pflanzlicher und tierischer Herkunft (Nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) wie Getreide oder Mais, Gülle) erzeugt, indem das im Faultrum bei der Vergärung entstandene Biogas entschwefelt und getrocknet wird. Das CO₂ wird abgetrennt und der Methananteil erhöht, so dass

das daraus entstandene aufbereitete Biomethan für vielfältige Anwendungen zur Verfügung steht (z. B. Einspeisung ins Erdgasnetz).

Im Stadtgebiet von Wiesbaden gibt es allerdings keine klassischen landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Stattdessen werden vereinzelt BHKWs bilanziell mit Biogas bzw. Bioerdgas betrieben. ESWE betreibt seit 2012 sechs eigene BHKWs mit Biomethan und bezieht dafür eine jährliche Menge von knapp 28.000 MWh / a.

Zur Ermittlung weiterer Potenziale wurde die Biomassepotenzialstudie Hessen herangezogen. Dort wird von einem technischen Potenzial von jeweils circa 9.000 MWh / a für Strom und Wärmezeugung ausgegangen. Da die förderrechtlichen Rahmenbedingungen für die Biogasnutzung aktuell und perspektivisch eher ungünstig sind, wird für die Biogasnutzung kein weiteres Ausbaupotenzial gesehen (Witzenhausen-Institut GmbH, Pöyry Environment GmbH, 2008).

8.2.1.3 Deponie- / Klärgas

Deponie- und Klärgas werden in Wiesbaden in mehreren Anlagen zur Wärme- und Stromversorgung eingesetzt. Laut Klimaschutzbericht 2017 wird eine Menge von circa 36.000 MWh / a an Deponie- bzw. Klärgas bereits zur Strom- und Wärmezeugung genutzt (Landeshauptstadt Wiesbaden, 2019). Es wird davon ausgegangen, dass das Potenzial zur Klärgasnutzung bereits vollständig umgesetzt ist und kein weiteres Potenzial zur Verfügung steht. Das in den Faultürmen produzierte Klärgas wird in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen zur Energieerzeugung genutzt, wobei die Wärme i. d. R. komplett für die Beheizung der Faultürme aufgebraucht wird. Neben den Klärwerken der öffentlichen Infrastruktur (ELW) gibt es Klärwerke bei den Unternehmen InfraServ und Essity Operations GmbH.

Beim Deponiegas stellt sich die Situation etwas anders dar, hier wird Deponiegas derzeit vor allem zur Stromerzeugung eingesetzt und die dabei entstehende Wärme nur teilweise genutzt. Diese Wärme könnte nach Angaben der Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden ins Fernwärmenetz eingespeist werden, um somit mittelfristig das vollständige Potenzial von 8.000 MWh / a zu nutzen. Langfristig betrachtet wird jedoch die Energiegewinnung aus Deponiegas rückläufig sein und somit auch das Potenzial sinken.

8.2.2. Solarthermie

Solarenergie kann einerseits zur Warmwasserbereitstellung und zur Raumheizung genutzt werden, andererseits lässt sich mittels Photovoltaikanlagen Strom erzeugen. Die Dachflächen / Freiflächen zur solarthermischen Nutzung bzw. zur Nutzung

Stand: 04. Dez. 2023

für die Stromerzeugung stehen daher in Konkurrenz zueinander. Die Ermittlung des Solarpotenzials beschränkt sich im Folgenden auf solarthermische Nutzung.

Zur Bewertung des Solarthermie-Potenzials der Dachflächen in Wiesbaden wurden die Daten aus dem zur Verfügung gestellten Solarkataster verwendet. Gebäude mit Denkmalschutz wurden aus der Bewertung ausgeschlossen. Mit Hilfe der Angaben zur Modulfläche und unter Annahme eines Kollektorertrags von 400 kWh / m²*a und vorliegenden Daten zum Gesamtwärmebedarf der einzelnen Gebäude, konnten gebäudescharf die maximal je Gebäude verwendbare Solarenergie berechnet werden. Dabei wurde angenommen, dass die Warmwasserversorgung sowie die Raumwärme / Heizwärme der Gebäude durch Solarthermie ergänzt werden. Hierbei können 35 % (solarer Deckungsgrad) des Gesamtwärmebedarfs über Solarthermie erwärmt werden, sofern es sich um ein Gebäude mit Baujahr 2006 oder jünger oder ein saniertes Gebäude handelt und der Speicher ausreichend groß ausgelegt wird. In diesem Szenario ist davon auszugehen, dass es sich um das Optimum handelt und das gesamte Potenzial zu 100 % durch geeignete Anlagen erschlossen wird. Im Bestand ist von einem solaren Deckungsgrad von 20 % auszugehen sowie von einer geringeren Anschlussquote, da hier meist nur Solarthermie-Anlagen in Gebäuden angeschlossen werden, die über eine Zentralheizung verfügen (in Wiesbaden circa 75 % der Gebäude).

Im nächsten Schritt wurde dem maximalen Verbrauchswert der maximale Anlagenenertrag in Abhängigkeit der denkbaren Modulfläche gegenübergestellt. Hierbei zeigte sich, dass besonders im Bereich der Mehrfamilienhäuser die Modulfläche des Objektes häufig zu klein war, um die maximal mögliche verbrauchbare Wärmemenge zu erzeugen. In allen anderen Fällen war jedoch der maximale Anlagenenertrag um ein Vielfaches höher als der Bedarf im Gebäude. Insgesamt, bezogen auf alle verfügbaren Flächen, übersteigt somit das Solarpotenzial deutlich den Wärmebedarf. Als Differenz wurde hier der maximal nutzbare Anlagenenertrag je Gebäude ermittelt, um die jeweiligen Wärmemengen, die je Gebäude durch Solarthermie ersetzt werden können, zu ermitteln.

Für die Nichtwohngebäude wurde die Prozesswärme getrennt betrachtet. Hierbei ist davon auszugehen, dass circa 17 % der ausgewiesenen Wärme in Prozessen eingesetzt wird, die Prozesstemperaturen von <150 °C haben. Dieser Anteil könnte ebenfalls durch Solarthermie klimaneutral erzeugt werden.

Aufgrund des hohen thermischen Energieverbrauchs in diversen Branchen der Industrie, erfolgt in einer gesonderten Betrachtung der Anteil der durch Solarthermie

ersetzbaren Wärme. Solarthermisch können Prozesse mit Temperaturen von bis zu 100 °C besonders einfach unterstützt werden, darüber hinaus können auch Prozesse bis 150 °C mit weiterentwickelten Komponenten, durch die von thermischen Solaranlagen bereit gestellte Wärme versorgt werden. Dabei ist im Besonderen anzumerken, dass gerade in industriellen Prozessen ein hoher Grundlastbedarf besteht und Wärmespeicher effizient eingebunden werden können, was dazu führt, dass in diesem Sektor installierte solarthermische Anlagen sehr wirtschaftlich betrieben werden können. Im Rahmen der Bewertung des dezentral technisch machbaren Solarthermie-Potenzials wurden daher 27 % der Prozesswärme als im günstigen bis möglichen Bereich (21 % für Prozess < 100 C, 6 % für Prozesse 100-150 °C) für eine solarthermische Anlagen bereit gestellte Wärmeversorgung angenommen (Lauterbach, Vajen, & Schmitt, 2011). Darüber hinaus wurde für die geplanten Anlagen eine mittlere solare Deckungsrate von 40 % angesetzt (Müller, Bergmann, Hausner, Höfler, & Nussmüller, 2004).

Das Solarthermie-Potenzial wird dann, wie auch für Raumwärme und Trinkwarmwasser, in zwei Schritten berechnet:

Erstens erfolgt eine Ermittlung des theoretischen Potenzials durch Auswertung der Prozesswärme und der Berechnung des durch solarthermische Wärme ersetzbaren Anteils (26 % der Prozesswärme). Dann folgt die Ermittlung des technischen Potenzials unter Berücksichtigung einer solaren Deckungsrate von 40 %. Eine Bewertung der Begrenzung durch Dachflächen wird in diesem Fall nicht vorgenommen, da die Berechnungen in diesem Fall nicht gebäudescharf, sondern über den Mittelwert vorgenommen werden. Es zeigt sich jedoch, dass die Dachflächen im Bereich Nichtwohngebäude im Mittel über ausreichend große Flächenpotenziale für Kollektorfelder verfügen. Dies kann jedoch im Einzelfall abweichen.

Generell soll noch darauf hingewiesen werden, dass die Nutzung von thermischen Solaranlagen in Industriebetrieben noch wenig üblich und mit diversen Hindernissen verbunden ist. So nennen hier Lauterbach, Vajen, & Schmitt (2011) im Besonderen ein hohes Informationsdefizit, die Komplexität und Vielfalt industrieller Prozesse, sehr hoher und individueller Planungsaufwand und auch die Amortisationsvorstellungen vieler Industriebetriebe.

Die folgende Tabelle 12 zeigt zusammenfassend

a) den maximalen Anlagenenertrag:

Für jeden Gebäudetyp wurde für jedes Gebäude, das im Solarkataster erfasst ist, anhand der maximalen Modulfläche und unter Annahme

Stand: 04. Dez. 2023

eines Kollektorsertrags von 400 kWh / m² der maximale auf dem Gebäudedach erzielbare Kollektorsertrag ermittelt.

b) den maximal verwendbaren Ertrag:

Hier wurden für jeden Gebäudetyp für jedes Gebäude, das im Solarkataster erfasst ist, anhand der benötigten Wärme und der maximalen Modulfläche der Betrag an verwendbaren kWh / a ermittelt. Dabei wurde, wenn der Bedarf geringer als der mögliche Ertrag ist, der Ertrag als begrenzend gesetzt. Im Fall, dass die Anlage in der Größe nicht ausreichend ist, wurde die Anlage als begrenzend eingesetzt.

c) den Ertrag, der nach Sanierung der Heizungsanlage nutzbar ist:

Nach einer Sanierung ist davon auszugehen, dass die erzeugbare Solarthermie in 100 % der Gebäude genutzt würde, da die Heizungsanlagen dann entsprechend konzipiert würden. Insofern ist dieser Ertrag identisch mit dem „maximal verwendbaren Ertrag“.

d) den Ertrag, der bei Anschluss von Zentralheizungen nutzbar ist:

Im Bestand ist davon auszugehen, dass nur Gebäude mit Zentralheizung eine entsprechende Anlage anschließen, weshalb hier nur Gebäude mit Zentralheizung berücksichtigt werden. Es wird hier pauschal von einem Anteil von 75 % ausgegangen.

Tabelle 12: Solarthermie-Potenzial der Stadt Wiesbaden

(EFH = Einfamilienhäuser, MFH = Mehrfamilienhäuser, NWG = Nichtwohngebäude, NWG Prozesswärme = Anteil der auf Prozesswärme entfällt)

	EFH	MFH	NWG	NWG Prozesswärme	Wohngebäude (EFH+MFH)
Max. Anlagenertrag [kWh / a]	162.823.002	169.376.477	280.074.554		332.199.479
Max. verwendbarer Ertrag [kWh / a]	53.602.066	80.506.777	53.139.460	110.838.548	187.248.303
Nutzbar bei Anschluss Zentralheizungen (75 %) [kWh / a]	40.201.549	60.380.083	163.978.009		100.581.632

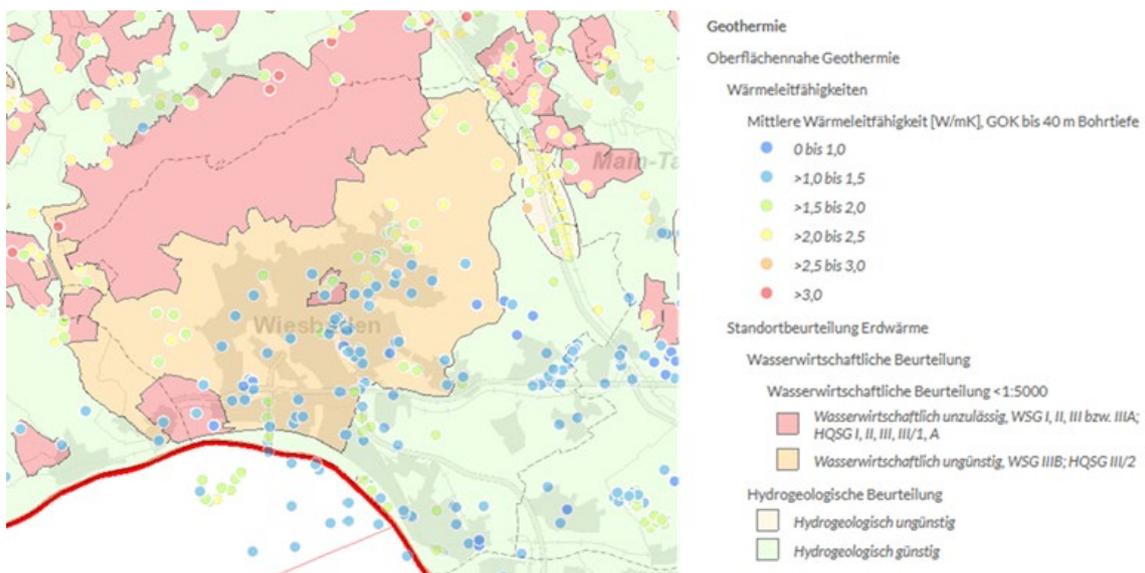
Stand: 04. Dez. 2023

8.2.3. Geothermie

8.2.3.1 Oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie

Erdwärme, die unterhalb der Erdoberfläche bis in Tiefen von 400 m vorherrscht, resultiert aus gespeicherter Sonnenenergie und Wärme aus dem Erdinneren und wird der oberflächennahen Geothermie zugeordnet. Der mitteltiefen Geothermie wird häufig ein Tiefenbereich zwischen 400 m bis 1.000 m zugeordnet, der Begriff ist allerdings nicht fest definiert. Die verfügbaren Technologien zur Wärmegewinnung sind: Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden, Grundwasserwärmepumpe und erdberührte Betonbauteile, wobei Erdwärmesonden die gängigste Technologie ist. Erdwärmesonden werden – bis zu einer Tiefe von meist unter 100 m bis max. 400 m – vertikal ins Erdreich eingebracht; der Ringraum der Bohrungen wird anschließend mit einer Suspension (z.B. Betonit-Zement-Wasser-Gemisch) verfüllt. Als Wärmeträgerfluid wird üblicherweise frostbeständiges Wasser-Glykol-Gemisch (Sole) eingesetzt. Neben Doppel-U-Sonden werden u.a. auch Einfach-U- oder Koaxialsonden (z.B. aus Polyethylen) verbaut.

Die Ermittlung des Potenzials erfolgte auf Basis der erarbeiteten Werte im Wärmekataster, dabei im Besonderen auf Grundlage der Gebäudeklassifikation, den ermittelten Werten zur Fläche und den Werten zum spezifischen Wärmebedarf final sanierter Gebäude, welche im Vorfeld festgelegt wurden. Die Festlegung des für Geothermie geeigneten Gebiets basiert auf der Abbildung der Eignungsgebiete / Wasserschutzgebiete des Geoviewers Hessen (HLNUG).



Quelle: HLNUG Geologieviewer, Stand 24.05.2022

Abbildung 41: Oberflächennahe Geothermie in Wiesbaden; Eignungsgebiete / Wasserschutzgebiete

Stand: 04. Dez. 2023

Das Wärmekataster wurde mittels GIS mit den Teilflächen, welche als „uneingeschränkt für oberflächennahe Geothermie nutzbar“ deklariert sind, verschnitten. Die resultierende Schnittmenge enthält die Informationen zu den Gebäuden, welche potenziell mit oberflächennaher Geothermie versorgt werden können.

Anschließend wurden für die Kategorien Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Nichtwohngebäude (NWG) die resultierenden Wärmebedarfe errechnet. Denkmalgeschützte Gebäude wurden aus dieser Betrachtung ausgeschlossen, da unter den aktuellen technischen Gegebenheiten eine Sanierungstiefe für die sinnvolle Nutzung von Geothermie nicht anzunehmen bzw. auf wenige Einzelfälle beschränkt sein dürfte. Hierbei wird angenommen, dass diese Gebäude vollständig saniert sind. Unter der Annahme, dass diese Bedarfe aus entsprechenden Erdwärmesonden bereitgestellt werden können, errechnet sich so das theoretische Gesamtpotenzial.

Dieses wurde in einem zweiten Schritt korrigiert. Hierbei wurde angenommen, dass nur ein Teil der Gebäude (entsprechend der in der Wärmeplanung errechneten Sanierungsraten) bis zum jeweiligen Zieljahr (2030 und 2045) in Abhängigkeit vom Sanierungszyklus der Gebäude vollständig saniert sein werden und somit auch nur dieser Teil des Wärmebedarfs aus oberflächennaher Geothermie gedeckt wird.

Unter der oben getroffenen Annahme, dass diese Bedarfe vollständig durch oberflächennahe Geothermie gedeckt werden können, entspricht der Wert in Summe über alle Gebäudekategorien dem Potenzial in den Zieljahren (2030 und 2045) im definierten Untersuchungsgebiet (= für Geothermie uneingeschränkt geeignet). Für die oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie ergibt sich somit ein überschlägiges Potenzial von 150 GWh / a.

8.2.3.2 Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie lässt sich grundsätzlich in drei Nutzungsformen unterscheiden:

- Tiefe Erdwärmesonden: Erzeugung von Wärme durch direkte Nutzung eines geschlossenen Kreislaufs in einer koaxialen tiefen Sonde (bis zu 2.000 m)
- Hydrothermale Systeme: Direkte Nutzung des Thermalwassers aus kluftig-porösen oder zerrütteten Gesteinsschichten zur Erzeugung von Wärme oder Strom mittels Dublette
- Petrothermale Systeme: Wärme- und Stromerzeugung aus heißen, überwiegend trockenen Gesteinen über induzierten Wasserkreislauf mittels Dublette nach künstlicher Schaffung von Rissystemen

Stand: 04. Dez. 2023

Bereits im Herbst 2008 wurde eine Potenzialanalyse zur Nutzung der Tiefen Geothermie für die Landeshauptstadt Wiesbaden in Auftrag gegeben. Die ESWE Versorgungs AG initiierte zusammen mit dem Umweltamt die Entwicklung eines Tiefengeothermie-Projektes und erwarb von der zuständigen Bergbehörde eine Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme. 2012 schloss sich die Rhein-Main Deponie GmbH als weiterer Partner dem Projekt an. Schließlich wurde im Winter 2012 / 13 eine 3D-Seismikkampagne gestartet und durchgeführt.

Aufgrund der aktuellen Entwicklungen und im Vergleich zur Verfügbarkeit anderer erneuerbaren Ressourcen rückt die Geothermie wieder weiter in den Vordergrund und wird als beachtenswertes Potenzial hier mit aufgeführt. Auf Basis der vorhandenen Untersuchungen wurde ein wirtschaftliches Potenzial von 90.000 MWh / a Wärme und 32.000 MWh / a Strom angesetzt. Die Wärme würde im Fall einer Realisierung in den Fernwärmeverbund der ESWE Versorgungs AG eingespeist werden und einen nennenswerten Anteil zu einer regenerativen Fernwärmeversorgung beitragen.

E2-7 Temperatur in 4000 m Tiefe

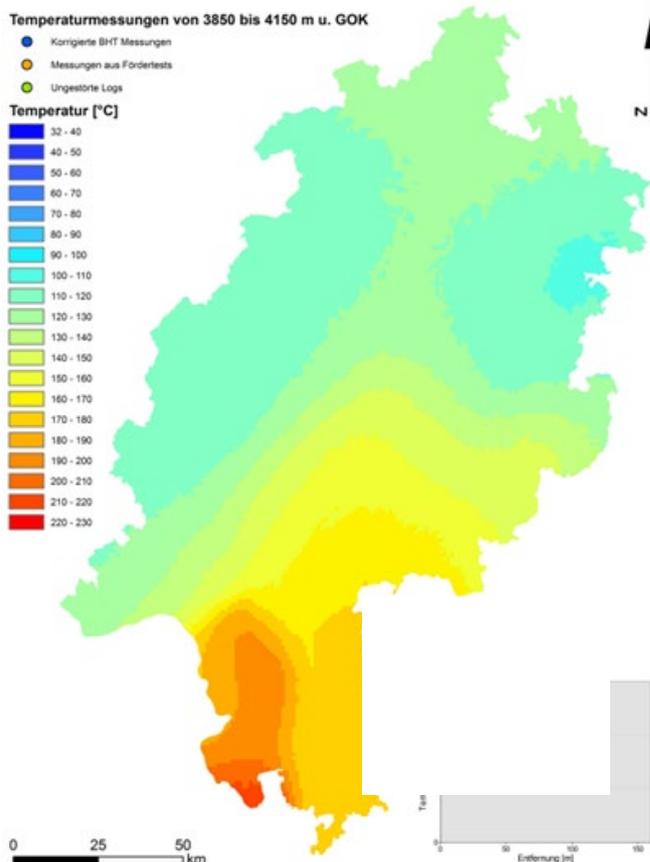


Abbildung 42: Wassertemperaturen in 4.000 m Tiefe in Hessen
(HLNUG, 2021)

8.2.3.3 Thermalwasser

Die Stadt Wiesbaden hat eine lange Tradition als Bäder- und Kurstadt. Tag für Tag sprudeln zwei Millionen Liter heißes Mineralwasser aus den Wiesbadener Thermalquellen. Mit rund 67 °C Quelltemperatur gehören sie zu den heißesten Quellen Europas.

Die Landeshauptstadt Wiesbaden fördert derzeit aus fünf Thermalquellen jährlich knapp 440.000 m³ Heizwasser mit einem Wärmepotenzial von 16,8 GWh / a. Das heiße Thermalwasser wird in einer Nahwärmeinsel in der Innenstadt „Kleine Schwalbacher Straße“ sowie in zwei Thermalbädern zur Wärmebereitstellung genutzt. Aktuell sind zwei Wärmetauscher mit einer Leistung von 1.250 kW Gesamtleistung in der Nahwärmeinsel installiert, 2008 wurden die ersten Gebäude der Stadtentwicklungsgesellschaft mit 200 kW angeschlossen mittlerweile wurde die Leistung auf circa 1.000 kW gesteigert. Es war geplant, künftig weitere Kunden zu gewinnen und die Leistung der Anlage sukzessive auf 3.000 kW auszubauen. Durch das Pilotprojekt hat sich allerdings gezeigt, dass eine breitere Nutzung von Thermalwasser in Wiesbaden zur Wärmeengewinnung aufgrund der massiven Mineralablagerungen in Rohrleitungen und Vorrichtungen sehr störungsanfällig und kostspielig ist.

8.2.4. Oberflächengewässer und Abwasser

Wasser kann als Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt werden und in dieser Studie wurden sowohl Flusswasser aus dem Rhein (alternativ Main) als auch Abwasser aus Klärwerken als Wärmequellen für das Fernwärmenetz untersucht. Die Temperaturniveaus der Wärmequelle und des Fernwärmenetzes sind wichtige Einflussparameter für die Effizienz der Wärmepumpe (COP = Coefficient of Performance). Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Netz desto effizienter kann die Wärmepumpe betrieben werden. Für diese Berechnungen wurde der ideale COP für jeden Anwendungsfall auf der Grundlage der Quellen- und Netztemperaturen berechnet. Dieser wurde dann mit einem geschätzten Gütegrad von 0,5 multipliziert, um einen realistischen tatsächlichen COP für die Wärmepumpe zu erhalten.

Wärmepumpen benötigen Strom, aber ihre Treibhausgasemissionen sind aufgrund der hohen COP relativ niedrig im Vergleich zu Wärmequellen mit fossilen Brennstoffen. Steigende erneuerbare Anteile im Bundesstrommix in Deutschland reduzieren auch die mit dem Betrieb der Wärmepumpen einhergehenden Emissionen.

Für den Einsatz von Wärmepumpen sind Heizzentralen erforderlich, die i. d. R. mit einem geringem Flächenbedarf einhergehen. Akzeptanzprobleme aufgrund der Akustik bei der Einbindung der Wärmepumpe in ein Fernwärmenetz werden als gering bewertet, da bei Bedarf aktive Lärmschutzmaßnahmen errichtet werden können.

Die folgenden Berechnungen basieren auf der Verwendung eines Wärmetauschers, der die Wärme aus dem Wasser in einen Zwischenkreis leitet. Es wird eine Grädigkeit des Wärmetauschers von 3 K angenommen. Von diesem Zwischenkreis aus erhöht die Wärmepumpe die Temperatur auf die erforderliche Betriebstemperatur des Fernwärmenetzes, wobei die Temperatur im Zwischenkreis durch die Energieentnahme (Abkühlung) weiter abfällt. Um ein Gefrierisiko zu vermeiden, kann entweder ein Frostschutzgemisch verwendet oder die Auslauftemperatur im Zwischenkreis über gehalten werden.

Die potenzielle Erzeugungsleistung der Wärmepumpe wird aus der Wärmekapazität des Wassers, der Abkühlung und des entsprechenden Wasseraufkommens bestimmt. Dazu wurde im Folgenden das Potenzial aus dem Rhein mit 256 GWh / a ermittelt und aus den beiden Kläranlagen Hauptklärwerk und Biebrich ergibt sich in Summe ein Potenzial von circa 535 GWh / a.

Vorlauftemperaturen im Fernwärmenetz von 105 °C im Winter und 85 °C im Sommer wurden verwendet.

8.2.4.1 Oberflächengewässer

Flusswasser aus dem Rhein kann als Wärmequelle für Wärmepumpen herangezogen werden. Der Hochwasserschutz (z. B. keine Bebauung im Uferbereich) und die Schifffahrt (z. B. Abstand von Schleusen) kann Restriktionen mit sich bringen. Diese Einschränkungen müssen vor Ort geklärt werden.

Temperatur- und Durchfluss-Daten für den Rhein bei Wiesbaden wurden von der Webseite [Flussgebietsgemeinschaft Rhein](#) für die Berechnung verwendet (2010 – 2019). Die Daten wurden im Abstand von zwei Wochen aufgezeichnet. Sie wurden für 10 Jahre zusammengetragen und in Winter- (1.10. - 31.3.) und Sommerperioden (1.4. - 30.9.) unterteilt.

Für die Berechnungen wurden als Temperaturen das Winterminimum (5 °C) und der Sommerdurchschnitt (20 °C) verwendet. Zu fast allen Zeitpunkten im Winter wird die Temperatur höher sein als der in der Berechnung verwendete Wert, was zu einem höheren COP und einem effizienteren System führt. Die niedrigsten Durchflüsse der letzten 10 Jahre für den Winter (570 m³ / s) und den Sommer (730 m³ / s), die im Jahr 2018 gemessen wurden, wurden ebenso verwendet. Damit ist sichergestellt, dass die Schätzung der verfügbaren Wärme äußerst konservativ ist.

Selbst bei diesen niedrigsten geschätzten Gesamtdurchflüssen basieren die Berechnungen auf der Entnahme von nur 0,2 % (Winter) bzw. 0,1 % (Sommer) des

Stand: 04. Dez. 2023

Gesamtdurchflusses des Rheins. Dadurch wird sichergestellt, dass das abgekühlte Wasser bei der Rückführung in den Fluss keinen nennenswerten Einfluss auf die Temperatur des Gesamtstroms hat.

Für die Berechnungen wurden 3 K Abkühlung im Winter und 6 K im Sommer verwendet. Der Winterwert ist begrenzt, um die Rückführung von gefrierendem Wasser in den Fluss zu vermeiden. Im Sommer könnte eine höhere Abkühlung verwendet werden, und es wäre möglich, eine höhere Durchflussmenge zu verwenden. Das heißt, im Sommer ist das gesamte Wärmepotenzial der Wärmepumpe viel höher, wird aber wahrscheinlich nicht benötigt.

Aus diesen Annahmen wurden die folgenden Daten berechnet:

Tabelle 13: Abschätzung der potenziellen Wärmeeinspeisung „Großwärmepumpe Rhein“

		Winter	Sommer
Durchfluss Rhein	[m ³ / s]	570	730
Prozent Entnahme	%	0,2 %	0,1 %
Durchfluss WP	[m ³ / s]	1,14	0,73
bei Abkühlung um	K	3	6
Leistung Umweltenergie	MW	14,3	45,8
Temperatur Fluss	°C	5	20
Temperatur Zwischenkreis	°C	2	17
Abkühlung im Zwischenkreis auf	°C	-1	11
Temperatur Rückeinspeisung	°C	2	14
Einspeise-Temperatur ins Netz	°C	105	85
COP		1,8	2,6
th. Leistung WP	MW _{th}	31	30
Vbh	h	4200	4200
Wärmeinspeisung	MWh	130.200	126.000

Daraus ergibt sich für eine Großwärmepumpe mit dem Rhein als Wärmequelle ein überschlägiges Potenzial von 256 GWh / a.

Die berechnete COP ist im Sommer viel höher, da der Temperaturunterschied in der Wärmepumpe viel geringer ist (68 K im Sommer, 103 K im Winter). Die Abbildung zeigt schematisch die Nutzung der Wärmepumpe im Winter (links) und im Sommer (rechts).

Stand: 04. Dez. 2023

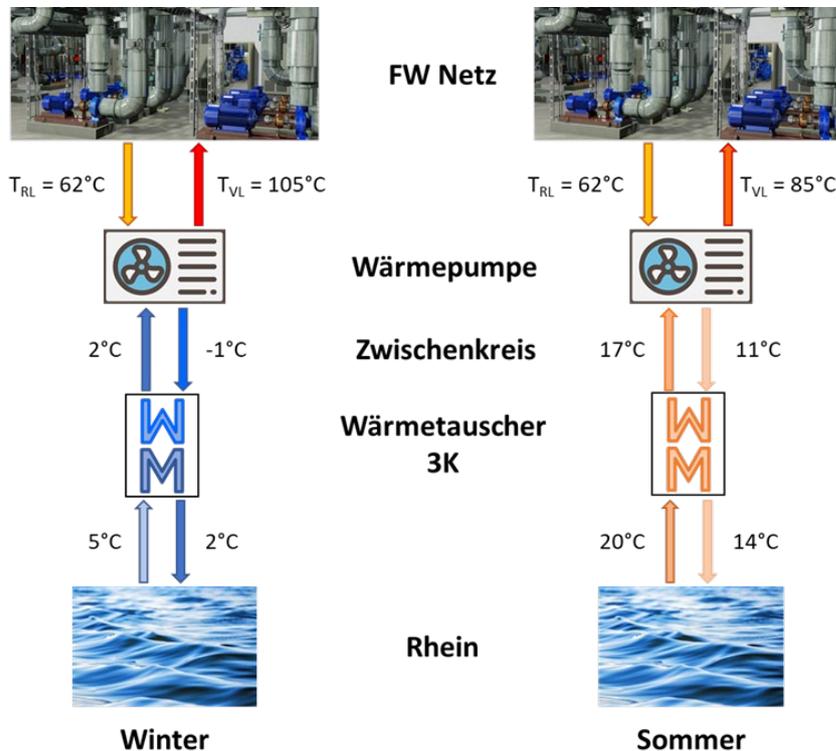


Abbildung 43: Nutzungsschema Winter und im Sommer der „Großwärmepumpe Rhein“

8.2.4.2 Abwasser

Abwasserwärmepumpen erlauben die Nutzbarmachung von Abwasserwärme für die Wärmeversorgung. Dabei ist eine Erschließung in der Kanalisation vor der Kläranlage, in der Kläranlage und nach der Kläranlage möglich. Während die Erschließung vor der Kläranlage mit dem Vorteil der räumlichen Nähe zur Wärmesenke einhergeht, ist eine einfachere Nutzung des Abwassers danach möglich, da der Reinigungsprozess der Kläranlage nicht beeinflusst wird. Daher wird in diesem Bericht nur das Potenzial der Wärmenutzung nach der Kläranlage berücksichtigt.

In Wiesbaden gibt es zwei Kläranlagen: das Hauptklärwerk Wiesbaden und das Klärwerk Biebrich. Die Abflüsse beider Kläranlagen bieten aufgrund ihrer Lage ein Potenzial für die Einbindung von Abwärme in das Fernwärmenetz. Von den beiden Kläranlagen wurden Temperaturen (Jahresspanne auf der Basis von Monatsmittelwerten) und Durchflussdaten (jährlicher Gesamtdurchfluss in m^3 / a) zur Verfügung gestellt und in die Berechnungen einbezogen. Für die Berechnung der Durchflussmenge in m^3 / s wurde jeweils ein konstanter Durchfluss angenommen. Es wurde davon ausgegangen, dass der gesamte Abfluss aus jedem Klärwerk für eine Wärmepumpe genutzt werden kann (technisch maximal nutzbares Potenzial).

Stand: 04. Dez. 2023

Die Abkühlung an jeder Wärmepumpe wurde im Winter so gewählt, dass die Auslauf-temperaturen nicht unter 2 °C liegen, so dass der Zwischenkreis mit Wasser betrieben werden kann. Im Sommer könnte eine höhere Abkühlung verwendet werden. Das heißt, im Sommer ist das gesamte Wärmepotenzial der Wärmepumpe viel höher.

Aus diesen Annahmen wurden die folgenden Daten berechnet:

Tabelle 14: Abschätzung der potenziellen Wärmeeinspeisung „Hauptklärwerk Wiesbaden“

		Winter	Sommer
Durchfluss	[m ³ / s]	0,64	0,64
bei Abkühlung um	K	10	10
Leistung Umweltenergie	MW	26,7	26,7
Temperatur Abwasser	°C	15	24
Temperatur Zwischenkreis	°C	12	21
Abkühlung im Zwischenkreis auf	°C	2	11
Temperatur Abfluss	°C	5	14
Einspeise-Temperatur ins Netz	°C	105	85
COP		2,0	2,8
th. Leistung WP	MW _{th}	52,7	41,4
Vbh	h	4200	4200
Wärmeeinspeisung	MWh	221.340	173.880

Tabelle 15: Abschätzung der potenziellen Wärmeeinspeisung „Klärwerk Biebrich“

		Winter	Sommer
Durchfluss	[m ³ / s]	0,27	0,27
bei Abkühlung um	K	8	8
Leistung Umweltenergie	MW	9,2	9,2
Temperatur Abwasser	°C	13	22
Temperatur Zwischenkreis	°C	10	19
Abkühlung im Zwischenkreis auf	°C	2	11
Temperatur Abfluss	°C	5	14
Einspeise-Temperatur ins Netz	°C	105	85
COP		2,0	2,7
th. Leistung WP	MW _{th}	18,6	14,6
Vbh	h	4200	4200
Wärmeeinspeisung	MWh	78.120	61.320

Der Hauptklärwerk bietet aufgrund seiner höheren Temperaturen und seines deutlich höheren Durchflusses mit 395 GWh / a eine viel höhere potenzielle Wärmeeinspeisung als das Klärwerk Biebrich mit 139 GWh / a.

8.2.5. Klärschlamm- und Müllverbrennung

8.2.5.1 Klärschlammverbrennung

Die thermische Verwertung von Klärschlamm (Klärschlammverbrennung) stellt eine weitere Option zur Strom- und Wärmeerzeugung aus regenerativen Quellen dar. Bedingt durch die neuen gesetzlichen Regelungen in Deutschland müssen die im Klärschlamm enthaltenen großen Phosphormengen zurückgewonnen werden, da Phosphor eine zentrale Funktion im Energiestoffwechsel der Lebewesen hat.

Bei der Reinigung des Abwassers fallen im Hauptklärwerk täglich etwa 600 m³ Klärschlamm an, welcher entwässert und einer Verbrennung zugeführt wird. Die entwässerte Klärschlammmenge entspricht circa 25.000 t im Jahr und wird schließlich in der Klärschlammverbrennungsanlage im Industriepark Höchst (InfraServ) bereits verbrannt somit stehen keine großen Potenziale zur Verfügung.

8.2.5.2 Müllverbrennung

Die MHKW Wiesbaden, bestehend aus der ESWE Versorgungs AG, ENTEGA AG sowie Knettenbrech + Gurdulic Service GmbH, beabsichtigt gegenüber dem bestehenden Biomasseheizkraftwerk der ESWE BioEnergie GmbH eine thermische Abfallentsorgungsanlage zu errichten und zu betreiben. Die Anlage soll 2024 in Betrieb gehen. Die thermisch zu behandelnden Abfälle setzen sich u.a. zusammen aus den Siedlungsabfällen der Einwohner Wiesbadens und aus Gewerbeabfällen aus dem Rhein-Main-Gebiet. Pro Jahr werden voraussichtlich circa 195.000 t Abfall verwertet.

Der Hauptzweck des MHKW ist die effiziente Abfallverbrennung mit bestmöglicher Umwelt- und Energiebilanz, aus diesem Grund soll die während der Verbrennung erzeugte Wärmeenergie effizient genutzt werden. Einerseits kann die erzeugte Wärme in das Fernwärmenetz der ESWE Versorgungs AG eingespeist werden und andererseits der mittels Dampfturbine produzierte Strom in das öffentliche Stromnetz eingeleitet werden.

Die ESWE Versorgungs AG wird mit der Fernwärmeheizkraftwerk Wiesbaden GmbH einen Wärmebezugsvertrag abschließen. Die bezogene Wärmemenge soll keine Wärme aus dem Biomasseheizkraftwerk verdrängen. Aufgrund der von ESWE ergriffenen netzhydraulischen Maßnahmen wird zu Beginn des Kraftwerksbetriebs ein Fernwärmebezug von 50.000 bis 60.000 MWh / a erwartet. Die zukünftige thermische

Stand: 04. Dez. 2023

Leistung soll mittelfristig circa 39 MW betragen, was einer Wärmemenge von circa 100.000 MWh / a (100 GWh / a) zur Einspeisung in das Fernwärmenetz entspricht. Die elektrische Leistung beträgt maximal circa 21 MW, das entspricht circa 151.400 MWh / a (151 GWh / a) Strom abzüglich des Stromeigenbedarfs der Anlage. Dabei ist zu beachten, dass nur 50 % des Abfalls als biogener Anteil gewertet werden darf, aufgrund der Regelungen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW). Für den nicht biogenen Anteil muss eine Sonderlösung (z.B. Kohlenstoffabscheidung und -speicherung, Carbon Capture and Storage CCS) gefunden werden.

8.2.6. Industrielle Abwärme

Die Datenbasis des Forschungsprojektes NENIA weist neben den drei größten Unternehmen InfraServ, Dyckerhoff und Essity weitere kleinere Unternehmen mit potenzieller Abwärmeauskopplung auf: Constantia Ebert GmbH (Herstellung von Verpackungsmitteln und Kunststoffen), Federal-Mogul-Wiesbaden GmbH (Herstellung von Erzeugnissen aus nichtmetallischen Materialien), Dow Deutschland (Herstellung von chemischen Erzeugnissen) und Agravis Mischfutter West GmbH (Herstellung von Futtermitteln für Nutztiere).

Prinzipiell kann Abwärme in Form von Kühlwasser, Abwasser, Abgas oder Abluft entstehen. Auch große Rechenzentren sind i. d. R. gute Abwärmelieferanten. Eine detailliertere Erhebung von Abwärmepotenzialen erfolgt im Rahmen der Fortschreibung des Integrierten Klimaschutzkonzeptes nicht, sondern sollte in Form eines Abwärmekatasters realisiert werden. Aus dem Wärmekataster Hessen konnte ein Potenzial von circa 44 GWh / a abgeleitet werden.

8.2.7. Luft

Luft zur Nutzung als Umweltenergie steht überall zur Verfügung und theoretisch wäre es möglich, den gesamten Gebäudebestand in der Landeshauptstadt Wiesbaden über Luft-Wasser-Wärmepumpen zu beheizen. Das wäre allerdings energetisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll, weil Luft-Wasser-Wärmepumpen in Bestandsgebäuden mit hohem spezifischem Wärmebedarf und hohen Vorlauftemperaturen nur mit sehr schlechten Wirkungsgraden (bzw. geringen Arbeitszahlen) und damit mit hohem Stromverbrauch zu betreiben sind. Weitere Einschränkungen können sich insbesondere im dicht bebauten innerstädtischen Bereich aus Lärmschutzgründen ergeben. Eine Abschätzung des gesamten erschließbaren Potenzials für Wiesbaden ist im Rahmen der Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes nicht möglich. Das ist auch nicht erforderlich, da sicher davon ausgegangen werden kann, dass in dem für den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen geeigneten Gebäudebestand auch ausreichend Potenzial zur Verfügung steht.

Luft als Wärmequelle kann sowohl in der dezentralen Einzelversorgung als auch in Kombination mit Großwärmepumpen als Einspeisung für Wärmenetze genutzt werden. In Dänemark werden bereits Großanlagen mit rund $15 \text{ MW}_{\text{th}}$ realisiert, die aufgrund der Schallemissionen außerhalb von Ortschaften aufgestellt werden.

8.2.8. Zusammenfassung „Potenziale zur Wärmewende“

Die nachfolgenden Tabellen geben nochmal einen Gesamtüberblick zu den erneuerbaren Energiequellen und deren Potenziale. Es wird dabei unterschieden in technisches Gesamtpotenzial, Potenzial, das bereits genutzt wird und welches vom Gesamtpotenzial noch zur Verfügung steht. Bei jeder Quelle ist gekennzeichnet, ob aufgrund der niedrigen Quelltemperaturen eine Wärmepumpe erforderlich ist und ob die Quelle für eine zentrale oder eher dezentrale Wärmeversorgung geeignet ist. Es werden die Vorteile und Restriktionen der EE-Quellen kurz beschrieben und schließlich die Verfügbarkeit bewertet.

Die aussichtsreichsten Potenziale anhand bisheriger Untersuchungen bieten die Müllverbrennungsanlage, die Biomasse und die Flusswasser-Wärmepumpe, wobei neben der Müllverbrennung auch die Biomasse besonderen Einschränkungen durch die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) unterliegt.

Tabelle 16: Übersicht erneuerbare Potenziale zur Wärmeversorgung (Eignung, Vorteile, Restriktionen, Verfügbarkeit)

	EE-Quelle	Ergänzung durch WP erforderlich	Eignung zentrale Wärmeversorgung	Eignung dezentrale Wärmeversorgung	Vorteile	Restriktionen	Verfügbarkeit
1	Luft	ja			weitgehend ganzjährig verfügbar	Lärmemissionen, schlechter COP bei kalten Temperaturen	++
2	Erneuerbare Gase (synthetisches Methan, Wasserstoff)	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	begrenzte Potenziale, Konkurrenz Hochtemperaturanwendungen	o
3	Biogas / Biomethan	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	begrenzte Potenziale	o
4	Deponie- / Klärgas	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	begrenzte Potenziale	+
5	Feste Biomasse (inkl. Altholz A1-A4)	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	begrenzte Potenziale, Anlieferung, Emissionen, Platzbedarf BSL	+
6a	Solarthermie dezentral	nein			ausgereifte Technik, WGK langfristig stabil	Flächenkonkurrenz zu Photovoltaik	o
6b	Solarthermie zentral	nein			ausgereifte Technik, WGK langfristig stabil	hoher Flächenbedarf, Verfügbarkeit vor allem im Sommer	-
7	oberflächennahe Geothermie	ja			ganzjährige Verfügbarkeit	hoher Flächenbedarf, begrenzt möglich, Regeneration erforderl.	o
8	mitteltiefe Geothermie	ja			ganzjährige Verfügbarkeit	bergerechtliche Regelungen berücksichtigen	+
9	Tiefengeothermie	nein			ganzjährige Verfügbarkeit mit konstanten Temperaturen	Fündigkeitsrisiko	o
10	Thermalwasser	nein			relativ hohe Quelltemperatur	massive Mineralablagerungen	o

**Fortsetzung: Übersicht erneuerbare Potenziale zur Wärmeversorgung
(Eignung, Vorteile, Restriktionen, Verfügbarkeit)**

	EE-Quelle	Ergänzung durch WP erforderlich	Eignung zentrale Wärmeversorgung	Eignung dezentrale Wärmeversorgung	Vorteile	Restriktionen	Verfügbarkeit
11	Oberflächen- gewässer (z.B. Fluss)	ja			weitestgehend ganzjährig verfügbar mit wenig Fluktuation	Restriktionen aus der Gewässernutzung	++
12	Grundwasser	ja			weitestgehend ganzjährig verfügbar mit wenig Fluktuation	nicht in allen Gebieten möglich	o
13	Abwasser	ja			weitestgehend ganzjährig verfügbar mit wenig Fluktuation	Restriktionen aus der Abwasser- wirtschaft, nur entlang großer DN oder direkt am Klärwerk	+
14	Klärschlamm- verbrennung	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	Pflichten zur Phosphorrückge- winnung	o
15	Müllverbrennung	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	Emissionen, Anlieferung	++
16	Industrielle Abwärme	ggf.			ggf. fluktuierend	Komplexität durch verschiedene Akteure, Umsetzung individuell	+
17	Erneuerbarer Strom (E-Kessel)	nein			ganzjährige Verfügbarkeit, liefert hohe Temperaturen	hohe Konkurrenz durch andere Nutzungen	-

	geeignet
	eingeschränkt geeignet
	nicht geeignet
	Energieträger eingeschränkt verfügbar

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 17: technische Potenziale zur Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien und deren aktuelle Nutzung

	EE-Quelle	Anmerkungen	techn. Gesamtpotenzial	davon bereits genutzt	ungenutztes Potenzial	Stand Datengrundlage
			[MWh _{th} /a]	[MWh _{th} /a]	[MWh _{th} /a]	[Jahr]
1	Luft	Effizienz stark von Umgebungsbedingungen abhängig	nicht quantifizierbar	nicht bekannt	unbegrenzt	-
2	Erneuerbare Gase (synthetisches Methan, Wasserstoff)	langfristig knapp, daher prioritär Industrie und Verkehrssektor vorbehalten	nicht quantifizierbar	-	-	-
3	Biogas/Biomethan	Belieferung auch von außerhalb Wiesbadens, inkl. Bioabfallvergärung	ca. 62.000	27.700	34.000	2017 / 2010 / 2022
4	Deponie-/Klärgas	Potenziale sind begrenzt und eher rückläufig	ca. 41.000	36.300	5.000	2017
5	Feste Biomasse (inkl. Altholz A1-A4)	im Bereich des 2. Rings zu vermeiden	ca. 468.000 ⁽¹⁾	224.700	ca. 234.000 ⁽¹⁾	2017
6a	Solarthermie dezentral	schwierig im Denkmalschutz	187.000	2.500	184.500	2009 / 2011 / 2015
6b	Solarthermie zentral	wenig Freiflächen, Dachflächen für Wärmenetze eher ungeeignet	15.000	-	15.000	Eigene Abschätzung
7	oberflächennahe Geothermie	Gebäudetechnik ggf. nicht geeignet	154.000	nicht bekannt	ca. 150.000	eigene Abschätzung
8	mitteltiefe Geothermie	Gebäudetechnik ggf. nicht geeignet, für Quartierslösungen und Großkomplexe denkbar				
9	Tiefengeothermie	hohes Fündigkeitsrisiko bei hohem Invest	90.000	-	90.000	2015
10	Thermalwasser	Erschwernis durch Mineralablagerungen	ca. 32.000	16.800	ca. 15.000	
11	Oberflächengewässer (z.B. Fluss)	in unmittelbarer Nähe zu Rhein u. Main gelegen	256.000	-	256.000	Eigene Abschätzung
12	Abwasser	Restriktionen aus der Abwasserwirtschaft	535.000 ⁽²⁾	ca. 1.000	534.000 ⁽²⁾	2010
13	Klärschlammverbrennung	Dampferzeugung	100.000	100.000	-	2018
14	Müllverbrennung	soll Ende 2023 fertiggestellt werden	312.000	-	312.000	2018
15	Industrielle Abwärme	erfordert individuelle Prüfung	44.000	nicht bekannt	nicht bekannt	2018
16	Erneuerbarer Strom (E-Kessel)	hohe Konkurrenz durch andere Nutzungen	nicht quantifizierbar	-	-	-

⁽¹⁾ Enthält Biomasseanteil, der zuvor von InfraServ genutzt wurde (Außerbetriebnahme BMHKW in 2021). Enthält zudem die Holz mengen, die in Einzelfeuerstätten in den Haushalten verbrannt werden.

⁽²⁾ Unter der Annahme, dass die Wassermenge jeweils direkt an der jeweiligen Kläranlage entnommen wird und die komplette Menge (Trockenwetterzulauf) zur Verfügung steht.

8.3. Perspektive „Erneuerbare Gase“

Wie im Rest der Bundesrepublik trägt aktuell Erdgas auch in Wiesbaden mit einem Anteil von über 70 % am Energieträgermix für die Erzeugung von Heizwärme die Hauptlast. Es ist davon auszugehen, dass in der Landeshauptstadt Wiesbaden auch in Zukunft gasförmige Energieträger gebraucht werden, sowohl zur Erzeugung von Prozesswärme als auch im Gebäudesektor, dort wo Alternativen nicht sinnvoll sind und/oder als Element zur Erzeugung von Fern- oder Nahwärme. Somit muss das fossile Erdgas nach und nach durch Wasserstoff und synthetisches Methan ersetzt werden, das Erdgas wird allerdings nur schwer zu ersetzen sein. Einige Energieversorger gehen derzeit davon aus, dass sich das Erdgas eins zu eins durch EE-Gase (grüner Wasserstoff, Biomethan, synthetisches Methan) substituieren lässt. Mehrere Studien haben jedoch ergeben, dass EE-Gase in Deutschland bis mindestens 2030 nicht in nennenswertem Umfang zur Verfügung stehen (Mertins, Heiker, Stroink, Rosenberger, & Wawer, 2022). Im Hinblick auf die Versorgungssicherheit wird deswegen mittelfristig (bis 2030) an Erdgas festgehalten.

Ab 2030 ist die Verfügbarkeits-Situation unklar. In Deutschland ist geplant, bis 2050 ein flächendeckendes Gasnetz zum Transport von Wasserstoff sicherzustellen, was jedoch noch nicht die örtliche Verfügbarkeit von Wasserstoff gewährleistet (Wachsmuth, et al., 2019). Zur Erzeugung von EE-Gasen sind große Mengen EE-Strom notwendig, der in Deutschland noch nicht zur Verfügung steht. In diesem Zusammenhang gibt es mehrere Studien, die besagen, dass EE-Gase voraussichtlich langfristig (bis 2050) ein knappes Gut bleiben werden (Gerhardt, et al., 2020) (Rosenow, 2022). Auf der anderen Seite sind einige optimistisch, dass EE-Gase zumindest für die Spitzenlast in Gebäudeheizungen zur Verfügung stehen werden (Thomsen, et al., 2022).

Die höchste Priorität hat definitiv der Einsatz von EE-Gasen in der Industrie für die stoffliche Nutzung, gefolgt vom Einsatz für industrielle Hochtemperatur-Anwendungen und Teilen des Verkehrssektors (Thamling, Rau, Kemmler, Sahnoun, & Ortner, 2022). Für Niedertemperaturanwendungen wie Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten existieren zahlreiche Alternativen (z. B. Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse), so dass kein flächendeckender Einsatz von EE-Gasen zu erwarten ist.

Langfristig wird davon ausgegangen, dass klassische Gasheizungen in Wohngebäuden immer weniger gebraucht werden. Stattdessen erfolgt die Wärmeversorgung primär über Nah- und Fernwärmenetze sowie Wärmepumpen.

9 Potenziale zur Mobilitätswende

9.1. Gesamtstadt

Bezüglich der Potenziale im Mobilitätssektor wird ein Top-Down-Ansatz gewählt, der deutschlandweite Potenziale auf Wiesbaden herunterbricht. Hierzu werden die zwei aktuellen Studien Wuppertal-Institut 2017 und Wuppertal-Institut 2020 zu CO₂-freier Mobilität genutzt: (Rudolph, Koska, & Schneider, 2017) (Wuppertal Institut, 2020). Beide Studien untersuchen, ob und wie der Verkehrssektor bis 2035 klimaneutral werden kann und kommen zu dem Schluss, dass das Erreichen von THG-Neutralität bis zum Jahr 2035 aus technischer und ökonomischer Sicht zwar extrem anspruchsvoll, grundsätzlich aber möglich ist.

Zu beachten gilt es jedoch, dass seit der Erstellung der Publikation schon mehrere Jahre vergangen sind, so dass eine Erreichung der THG-Neutralität des Verkehrssektors bis 2035 – aufgrund der anhaltend hohen Treibhausgasemissionen ohne dauerhafte Minderungen in den vergangenen Jahren – inzwischen weniger realistisch erscheint. Nichtsdestotrotz sind die grundsätzlichen Potenziale dieselben, ob sie nun 2035 oder erst später ausgeschöpft werden.

Nicht nur die technologische und ökonomische Machbarkeit ist notwendig für eine THG-Neutralität Deutschlands, sondern eine „Große Transformation“, die auch folgende Punkte beinhaltet (Wuppertal Institut, 2020):

- eine gesellschaftliche Bereitschaft zu massiven Veränderungen,
- einen außerordentlichen politischen Gestaltungswillen mit einer konsequenten Fokussierung auf die Umsetzung,
- sowie weitere Rahmenbedingungen wie eine verstärkte internationale Zusammenarbeit.

Der Verkehrssektor ist dabei bezogen auf die Umsetzungsmöglichkeiten von Kommunen noch anspruchsvoller als andere Sektoren, denn:

- Die CO₂-Emissionen sind stärker von EU- und Bundesregelungen abhängig (u.a. CO₂-Grenzwerte bei Kfz, (Kraftstoff-)Besteuerung mit Steuerprivilegien für Diesel, Straßenverkehrsordnung, Steuerprivilegien für Dienstfahrzeuge).
- Eine reine Elektrifizierung der Kfz-Flotte ohne jegliche anderen verkehrlichen Maßnahmen würde zu einer massiven Zunahme des Strombedarfs führen. Ohne flankierenden Ausbau erneuerbarer Energien müsste der zusätzliche Bedarf, der auch im Wärmesektor auftritt, durch fossile Kapazitäten gedeckt werden, was die Einspareffekte der Elektrifizierung in beiden Sektoren deutlich mindern würde.

Stand: 04. Dez. 2023

- Es sind erhebliche Verhaltensänderungen notwendig, die erfahrungsgemäß deutlich mehr Aufwand und Zeit benötigen, um sich im Alltag der Menschen zu etablieren, als die reine Umsetzung technischer Maßnahmen. Seit 1990 sind keinerlei CO₂-Reduktionen im Verkehrssektor erkennbar (mit Ausnahme des "Corona-Jahres" 2020, in dem über einige Zeit pandemiebedingt geringere Fahrleistungen erbracht wurden).

Wenn also eine Klimaneutralität bis 2045 hergestellt werden soll, müssen alle Potenziale ausgeschöpft werden. Hieraus ergeben sich folgende Erfordernisse:

1. Verkehr reduzieren

- verkehrsvermeidende Siedlungsentwicklung, virtuelle Mobilität, Verteuerung von Flugverkehr
- Reduzierung der Personenverkehrsleistung um 20 %
- Förderung von regionalen, verkehrsmindernden Wirtschaftskreisläufen und Verteuerung von Lkw-Transporten
- Reduzierung der Lkw-Verkehrsleistung um 5-10 %

2. Verkehr verlagern

- Verdopplung der Verkehrsleistung des Umweltverbunds
- Halbierung der Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs
- Reduzierung der Lkw-Verkehrsleistung um 30 % zugunsten der Schiene

3. Verkehr effizient abwickeln

- Effizienzsteigerungen um 30 % bei Pkw und um 25 % bei Lkw

Es ist also eine Trendumkehr im Verkehrssektor notwendig. Bisher geht der Trend zu mehr und schwereren Pkw und weiter steigenden Fahrleistungen.

Das Potenzial auf städtischer Ebene liegt dabei vorwiegend im innerstädtischen Verkehr, denn 80 % aller Wege der Wiesbadener Bevölkerung sind innerstädtisch, und die Verlagerung auf andere Verkehrsmittel ist daher einfacher umsetzbar. Für die Einpendelnden sind attraktive Alternativen zur Fahrt mit nur einer Person im Pkw notwendig. Andere Städte mit vergleichbarer Einwohnerzahl und vergleichbarer Siedlungsstruktur zeigen bereits jetzt deutlich klimafreundlichere Modal Splits als Wiesbaden (z.B. nur 30-40 % der Wege werden mit dem Pkw zurückgelegt, siehe hierzu den Vergleich mit der von der Einwohnerzahl vergleichbaren Stadt Mannheim im Analyseteil (vgl. Kapitel 3))

Klar ist, dass die Stadt Wiesbaden bis 2030 ohne kurzfristige und umfassende Maßnahmen von EU, Bund und Land auch bei massiven eigenen Anstrengungen nur ein geringes bis mäßiges Potenzial ausschöpfen können wird. Dies liegt an der hohen

Stand: 04. Dez. 2023

Steuerungswirkung durch gesetzgeberische Maßnahmen durch EU und Bund sowie regionalplanerische und infrastrukturelle Maßnahmen durch das Land. Auch bis 2045 kann in Wiesbaden nur mit umfassenden Maßnahmen von EU, Bund und Land Klimaneutralität hergestellt werden.

In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies Folgendes:

- Bisheriger Trend: steigende Emissionen im Verkehrsbereich zwischen 1990 und 2019 in Deutschland und im Wiesbadener Stadtgebiet (1990: 585.000 t CO₂ eq.; 2019: 675.000 t CO₂ eq.), aufgrund der Corona-Pandemie wurde das Jahr 2020 nicht betrachtet.
- Zwischenziel: Reduktion um 65 % der THG-Emissionen bis 2030 im Vergleich zu 1990, d.h. auf 205.000 t CO₂ eq., das bedeutet eine Reduktion von 76 % der Emissionen im Vergleich zu 2019. Dies kann durch alleinige Maßnahmen der Stadt Wiesbaden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht erreicht werden.
- Ziel-2045: Treibhausgasneutralität bis 2045, also netto null Emissionen.

Für Wiesbaden wurden folgende Minderungspotenziale fundiert abgeschätzt:

- Durch den Ausbau und damit verbundene stärkere Nutzung von Bus und Bahn können jährlich bis 2045 rund 17.000 t CO₂ eq. eingespart werden (jährliche Einsparungen sind gemittelt; zu Beginn ist die Einsparung geringer). Zugrundeliegende Annahme ist ein Anteil von 22 % am Modal Split als Zielwert (von derzeit 18 %). Dabei ist die Steigerung um 5 %-Punkte vor allem auf eine Verlagerung vom Auto auf den Öffentlichen Verkehr zurückzuführen. Nur ein Prozentpunkt kommt von der Verlagerung vom Fußverkehr auf den Öffentlichen Verkehr.

Um einen Anteil von 22 % des Öffentlichen Verkehrs an den zurückgelegten Wegen zu erreichen, ist allerdings ein massiver Ausbau erforderlich. In der Regel eignen sich für innerstädtische Räume mit hoher Nachfrage schienengebundene Verkehre (wie etwa die Straßenbahn), da diese über höhere Transportkapazitäten verfügen (das heißt mehr Menschen transportieren können) als Busse. Aufgrund der trotz der dichten Taktung bereits sehr hohen Auslastung der innerstädtisch verkehrenden Busse auf den Hauptachsen ist mit dem bestehenden Bussystem eine Kapazitätssteigerung nur noch in geringem Maße möglich.

Vorliegende Studien gehen davon aus, dass eine Steigerung des Anteils des Öffentlichen Verkehrs in Wiesbaden auf über 20 % an den zurückgelegten Wegen ohne die Einführung eines schienengebundenen Verkehrs in Wiesbaden nicht möglich ist (vgl. hierzu das Fachgutachten aus dem Mobilitätsleitbild Benz + Walter et al. 2020) (dmo, Benz + Walter, 2020)

Stand: 04. Dez. 2023

- Beim Radverkehr wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von 20 % an den zurückgelegten Wegen möglich ist (von 7 %). Dabei ist die Steigerung um 13 % Punkte vor allem auf eine Verlagerung vom Auto auf den Radverkehr zurückzuführen. Nur ein Prozentpunkt kommt von der Verlagerung vom Fußverkehr auf den Radverkehr. Die Verlagerungseffekte sind höher als beim Öffentlichen Verkehr, da der Öffentliche Verkehr in Wiesbaden bereits häufig genutzt wird und der Kapazitätsausbau schwierig ist. Der Anteil des Radverkehrs am Modal Split im Vergleich mit anderen Städten ähnlicher Größe und Struktur gering und der Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur ist erst in den letzten Jahren vorangetrieben worden. Durch eine Steigerung des Radverkehrsanteils können über die kommenden Jahre gemittelt durchschnittliche jährliche Einsparungen von rund 46.000 t CO₂ eq. erzielt werden.
- Durch die Umstellung auf Elektromobilität bei Kraftfahrzeugen und die Reduzierung der Fahrleistungen von Pkw können durchschnittlich jährliche Einsparungen von über 200.000 t CO₂ eq. erreicht werden. Aufgrund der derzeit hohen spezifischen CO₂-Emissionen pro Einheit Strom (bedingt durch den hohen Anteil an Kohle als Energieträger für die Stromerzeugung), sind die Einsparungen zu Beginn überschaubar, steigen aber im Laufe der Jahre deutlich (bedingt durch den Ausbau von Erneuerbaren Energien).

Wichtig ist festzuhalten, dass die Potenziale der Elektromobilität in Bezug auf den Klimaschutz in erster Linie durch einen massiven Ausbau von Erneuerbaren Energien – und den damit einhergehenden spezifischen THG-Emissionsminderungen – gehoben werden können. Zusätzlich kommt der hohe Wirkungsgrad elektrischer Antriebe zum Tragen. Bei einem gleichbleibenden Strommix fallen die THG-Einspareffekte elektrisch angetriebener Fahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zwar deutlich geringer aus als bei einer Dekarbonisierung der Stromerzeugung, sind aber bei vergleichbarer Motorisierung immer noch gegeben.

Bei der Potenzialabschätzung wird angenommen, dass bis 2045 95 % aller Pkw mit E-Antrieb ausgestattet sind. Weiterhin wird angenommen, dass weitere Parameter sich nicht verändern, z.B. dass die Fahrleistung von E-Pkw konstant bleiben und denen mit Verbrennungsmotor entsprechen.

- Es gibt weitere Einsparpotenziale, etwa durch die Umstellung der Busflotte auf Elektromobilität, Carsharing und die Nutzung von Fahrgemeinschaften, von rund 25.000 t CO₂ eq. jährlich. Weitere Einsparpotenziale, etwa im Lieferverkehr, sind in den obigen Einsparpotenzialen enthalten.
- Eine Treibhausgasneutralität bis 2045 kann für Wiesbaden erreicht werden, wenn die Rahmenbedingungen auf übergeordneter Ebene entsprechend gesetzt werden.

9.2. Stadtverbund / kommunale Flotte

Aufgrund der dünnen Datenbasis für die Analyse können die Potenziale für die kommunale Flotte (d.h. Dienstfahrzeuge, aber nicht Stadtbusse) nur grob abgeschätzt werden. Bei den Fahrzeugen aus dem Fuhrpark, bei denen die Fahrleistung bekannt ist, liegt die durchschnittliche Jahreslaufleistung knapp unter 10.000 km. Dieser Wert liegt weit unterhalb von 15.000 km, ab dem Fahrzeuge gemeinhin als wirtschaftlicher gelten als die Nutzung von Carsharing. Carsharing und / oder eine gemeinsame Nutzung von Fahrzeugen drängt sich auf.

Rund 20 % der Fahrzeuge des städtischen Fuhrparks sind aktuell elektrisch angetrieben. Es liegt nahe, die restliche Flotte ebenfalls zu elektrifizieren, dabei jedoch den Bedarf vorher zu ermitteln, so dass zusätzlich Effizienz- und Suffizienzgewinne durch gemeinsame, ämterübergreifende Nutzung von Fahrzeugen („Pooling“), Carsharing und die Umstellung auf Kleinfahrzeuge / Lastenräder / sonstige Fahrräder entstehen können.

Aus Beschäftigtenbefragungen zur betrieblichen Mobilität ergibt sich ein Potenzial von rund 30 % zur Umstellung auf den Umweltverbund (Lastenräder und andere Fahrräder, Bus und Bahn, ggf. zu Fuß; dieser Wert stammt aus durchgeführten Projekten von „Verkehr mit Köpfchen“). Zu beachten sind hier starke Unterschiede zwischen einzelnen Unternehmen und Abteilungen, je nach Struktur der Dienstfahrten. Es ist davon auszugehen, dass im Stadtverbund ein deutlich höherer Anteil an Dienstfahrten mit Nutzfahrzeugen (z.B. Müllabfuhr) stattfindet als in anderen Unternehmen. In diesem Bereich ist das Potenzial zum Umstieg auf alternative Verkehrsmittel erheblich geringer. Für die verbleibenden Personenfahrzeuge ist grundsätzlich die Nutzung von Carsharing sowie die Elektrifizierung möglich. Mit einer entsprechenden Umstellung kann – unter der Voraussetzung, dass der Strom aus regenerativen Quellen stammt – der Fuhrpark zügig so umgestellt werden, dass er emissionsfrei ist. Während im Pkw-Segment Elektrofahrzeuge problemlos eingesetzt werden können, sind die Nutzfahrzeuge aktuell in manchen Bereichen erst in einer frühen Hochlaufphase, bei der noch Schwierigkeiten auftreten können (z.B. erschwerte Bedienung oder geringere Ladekapazität im Vergleich zu einem Verbrenner-Nutzfahrzeug). Zudem bestehen in manchen Nutzfahrzeugsegmenten Lieferengpässe. Nichtsdestotrotz sollte ein suffizienter, effizienter und klimaneutraler Fuhrpark bis zum Jahr 2030 realisierbar sein.

Für das Potenzial wird unterstellt, dass die Pkw und leichten Nutzfahrzeuge vollständig batterieelektrisch und die Nutzfahrzeuge mit Wasserstoff-Brennstoffzellen betrieben werden. Weiterhin wird die Verlagerung von 30 % der Pkw-Fahrten auf den

Umweltverbund unterstellt. Dadurch reduziert sich der Energieverbrauch auf rund 6.700 MWh / a.

Die größten Einsparungen werden im Pkw-Segment generiert, rund 80 % Einsparung. Dies liegt zum Teil an der Verlagerung, aber auch am Antriebswechsel (Elektrofahrzeuge haben insbesondere im innerstädtischen Bereich hohe Effizienzvorteile gegenüber Verbrennern).

Die unterstellten Effizienzgewinne bei den leichten Nutzfahrzeugen liegen bei rund 45 %. Die Einsparungen sind deutlich geringer, da angenommen wird, dass die leichten Nutzfahrzeuge auch im Stand Aufgaben nachkommen müssen.

Die geringste Einsparung wird bei den Nutzfahrzeugen angenommen mit rund 35 %. Ähnlich wie bei den leichten Nutzfahrzeugen werden die Nutzfahrzeuge teilweise im Stand betrieben, bzw. haben Zusatzverbräuche (z.B. Pressen der Müllsammelfahrzeuge).

Die Datenlage zum Fuhrpark der Stadt Wiesbaden ist, wie in der Analyse erwähnt, sehr dünn. Hinzu kommt, dass keinerlei Daten zu Dienstwegen von Beschäftigten vorliegen (z.B. Nutzung von privaten Pkw für dienstliche Wege, Möglichkeiten zum Umstieg auf alternative Verkehrsmittel usw.). Von einer separaten Quantifizierung des Potenzials wird daher abgesehen. Die Einsparungen sind im gesamtstädtischen Potenzial mitberücksichtigt.

10 Potenziale zur Stromwende

Auch wenn die Dekarbonisierung der Stromerzeugung in Deutschland schon weit fortgeschritten ist, sind weiterhin auf allen Ebenen Anstrengungen erforderlich, um noch vorhandene Stromeinsparpotenziale zu heben und insbesondere den Ausbau der erneuerbaren Energien voranzutreiben.

Beides ist umso wichtiger, als durch die Sektoren-Kopplung, also dem Einsatz von Strom für Wärme- und Mobilitätszwecke, der Stromverbrauch insgesamt ansteigen wird.

10.1. Strom-Einsparpotenziale

Bei der Potenzialbetrachtung „Einsparung“ werden, ausgehend von der derzeitigen Geräteausstattung und den dadurch erzeugten Energieverbräuchen, die Effizienzpotenziale für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche in den Sektoren Haushalte, Industrie und Gewerbe / Handel / Dienstleistungen sowie für den Stadtverbund ermittelt.

Die Reduktion des Strombezugs durch Eigenerzeugung (PV und oder KWK) ist nicht Gegenstand dieser Betrachtung, weil sie nicht zu einer Verminderung des Stromverbrauchs, sondern nur zu einer Verschiebung dessen Deckung führt.

10.1.1. Haushalte

Im Haushaltsbereich bestehen erhebliche Einsparpotenziale durch die Nutzung effizienter Elektrogeräte. In Tabelle 18 sind die Annahmen für die technisch-wirtschaftlichen Einsparpotenziale beim Stromverbrauch privater Haushalte bezogen auf die jeweiligen Einsatzzwecke dargestellt.

Zusätzlich zum Einsparpotenzial bei den einzelnen Anwendungsbereichen wird das Einsparpotenzial durch Verhaltensänderung insgesamt abgeschätzt. Die Werte basieren auf Literaturangaben und eigenen Annahmen (EA NRW, 2010) (dena, 2017) (ÖEA, 2012).

Tabelle 18: Einsparpotenzial Stromverbrauch private Haushalte

Anwendungsbereich	Annahmen zum Einsparpotenzial bezogen auf den jeweiligen Anwendungsbereich
Warmwasser	10 %
Prozesswärme (Kochen, Backen, Waschen)	10 %
Klimatisierung	30 %
Prozesskälte (Kühlen, Gefrieren)	30 %
mechanische Energie (z.B. Staubsauger)	30 %
Bürogeräte und Unterhaltungselektronik	15 %
Beleuchtung	40 %
Einsparpotenzial durch Verhaltensänderung (bezogen auf Gesamtstromverbrauch)	10 %

Im Bereich der Beleuchtung ergeben sich durch neue Lampen und Leuchtmittel z.T. erhebliche Effizienzsteigerungen. Nicht zuletzt aufgrund des EU-weiten „Glühbirnenverbots“ kommen neben den klassischen Energiesparlampen immer häufiger LED-Leuchtmittel zum Einsatz. Diese sind energieeffizient und bringen auch in der Anwendung Vorteile. Sie benötigen keine Aufwärmzeit, sind sehr langlebig und beinhalten kein Quecksilber, welches in klassischen Energiesparlampen enthalten ist. Neben dem Tausch der Leuchtmittel bieten auch intelligente Steuerungssysteme Möglichkeiten der Stromeinsparung bei Beleuchtungsanwendungen.

Bei Kühl- und Gefrierschränken, die mit elektrisch betriebenen Kompressoren Kälte „erzeugen“, lassen sich bei gleicher Nutzleistung durch technische Verbesserungen, die sich in wenigen Jahren amortisieren, wirtschaftliche Einsparungen von durchschnittlich etwa 20 bis 30 % erreichen (dena 2017). Hierbei hilft das Effizienzlabel als Orientierung.

Auch im Bereich der Bürogeräte und (Unterhaltungs-)Elektronik bestehen erhebliche Potenziale durch Nutzung effizienter Geräte. Es sind Einsparungen von 30 % bis zu 50 % durch eine geeignete Auswahl von Geräten möglich (siehe z.B. dena 2017 oder ÖEA 2012). Allerdings ist davon auszugehen, dass durch weiter steigende Ausstattungsraten mit elektrischen Geräten im Haushaltsbereich das Einsparpotenzial zum Teil aufgewogen wird. Daher wird von einem maximalen Einsparpotenzial von lediglich 15 % ausgegangen.

In der Summe können bei den privaten Haushalten in der Landeshauptstadt Wiesbaden bis zu 69.600 MWh pro Jahr Stromverbrauch durch technische Effizienzpotenziale eingespart werden, was einer Reduktion um knapp 18 % zum Status Quo entspricht.

Stand: 04. Dez. 2023

Eine wichtige Rolle nehmen zudem Einsparungsmöglichkeiten durch Verhaltensänderungen ein. Es lassen sich – oft ohne Komfortverzicht – Einsparungen erreichen, die in der Regel ohne bzw. mit geringen Kosten verbunden sind. Durch Verhaltensänderungen, wie das Ausschalten von Geräten mit Stand-By-Betrieb oder die gezielte Regelung von Klimaanlage, können ohne Komfortverzicht bzw. Leistungseinschränkungen zwischen 5 % und 15 % des Stroms eingespart werden (dena 2017). In privaten Haushalten entspricht alleine der Verbrauch durch Stand-by-Betrieb bis 10 % des Stromverbrauchs (dena, 2012).

10.1.2. Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

In der Privatwirtschaft werden die Kosten für Energie und insbesondere Strom vermehrt als wichtiger wirtschaftlicher Faktor wahrgenommen. Dadurch sind erhebliche Potenziale zur Stromeinsparung entstanden und teilweise auch bereits genutzt worden. Während im industriellen Bereich der Hauptanteil des Stromverbrauchs für den Betrieb von Maschinen und Anlagen genutzt wird, ist im Bereich Handel die Beleuchtung der wichtigste Anwendungszweck und im Dienstleistungssektor spielen die Verbräuche von Bürogeräten eine zunehmend wichtige Rolle (AGEB, 2021).

Im Bereich der elektrisch betriebenen Maschinen und Anlagen lassen sich laut Deutscher Energieagentur (dena 2017) bei gleicher Nutzleistung durch technische Verbesserungen, die sich in wenigen Jahren amortisieren, wirtschaftliche Einsparungen von durchschnittlich etwa 20 bis 30 % erreichen.

Bei der Beleuchtung ergeben sich durch neue Lampen und Leuchtmittel z.T. erhebliche Effizienzsteigerungen. Dabei kommen neben den klassischen Energiesparlampen immer häufiger LED-Leuchtmittel zum Einsatz. Neben dem Tausch der Leuchtmittel bieten auch intelligente Steuerungssysteme Möglichkeiten der Stromeinsparung bei Beleuchtungsanwendungen. Durch den Ersatz alter Leuchtmittel können circa 50 bis 80 % des Stromverbrauchs für Beleuchtung eingespart werden (EA NRW 2010; dena 2017).

Im Bereich der Bürogeräte bestehen Einsparpotenziale von 30 bis zu 50 % durch eine geeignete Auswahl von effizienten Geräten (siehe z.B. dena 2017 oder ÖEA 2012). Allerdings ist davon auszugehen, dass durch weiter steigende Ausstattungsraten mit elektrischen Geräten das Einsparpotenzial zum Teil aufgewogen wird.

In der Summe könnten im Wirtschaftssektor in der Landeshauptstadt Wiesbaden bis zu 473.400 MWh pro Jahr Stromverbrauch durch technische Effizienzpotenziale eingespart werden, was einer Reduktion um circa 34 % zum Status Quo entspricht.

10.1.3. Stadtverbund

Gemäß Kapitel 5.2 verbrauchte der Stadtverbund im Jahr 2020 rund 42.015 MWh Strom, davon rund 8.736 MWh für die Straßenbeleuchtung.

10.1.3.1 Liegenschaften

Der Stromverbrauch der Liegenschaften beträgt rund 33.279 MWh / a. Legt man die gleichen (einsatz-)spezifischen Einsparpotenziale wie bei den Haushalten zugrunde, ergibt sich ein theoretisches Einsparpotenzial von rund 9.891 MWh / a, was etwa 30 % des aktuellen Energieverbrauchs entspricht.

10.1.3.2 Straßenbeleuchtung

Die Straßenbeleuchtung ist ein großer Stromverbraucher im Aufgabenbereich jeder Kommune. Durch technologische Entwicklungen und den damit einhergehenden Einsparmöglichkeiten (bis zu 50 % Stromeinsparung) sind viele Kommunen bestrebt ihre Straßenbeleuchtung umzustellen. Teilweise können Förderungen genutzt werden, die den Amortisationszeitraum der Investitionen verringern. Die Landeshauptstadt Wiesbaden hat begonnen die Straßenbeleuchtung umzustellen, Stand September 2022 waren rund 15 % der Straßenbeleuchtung umgestellt. In einigen Stadtteilen beträgt die Umstellungsquote bis zu 50 %.

Für die Landeshauptstadt Wiesbaden wird von einem Einsparpotenzial von rund 3.500 MWh / a ausgegangen.

Zusätzlich zum Technologiewechsel werden bereits weitere Maßnahmen eingesetzt, um den Stromverbrauch weiter zu senken:

Es gibt 3 Schaltzeiten:

- Ganznacht, inklusive Dimmung bzw. Teilabschaltung (1 von 2 Lampen)
- Halbnacht 1 (ab Dämmerung bis 22:30 Uhr dann aus und um 06:00 Uhr bis zur Dämmerung wieder ein)
- Halbnacht 2 (ab Dämmerung bis 0:00 Uhr dann aus und um 05:30 Uhr bis zur Dämmerung wieder ein)

Es gibt zu den o.g. Schaltungen und Abschaltungen einen Sparmaßnahmenkatalog für die Straßenbeleuchtung (mit Magistrats-Beschluss von 1981).

Ein Pilotprojekt im Henkelpark, wo bedarfsgerechte Beleuchtung mit Bewegungsmeldern getestet wird, ist zum Zeitpunkt der Bearbeitung noch nicht in Betrieb.

10.1.4. Zusammenfassung Stromeinsparpotenziale

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung des Stromverbrauchs über alle Verbrauchssektoren dargestellt, die sich nach Realisierung der technischen Einsparpotenziale ergibt.

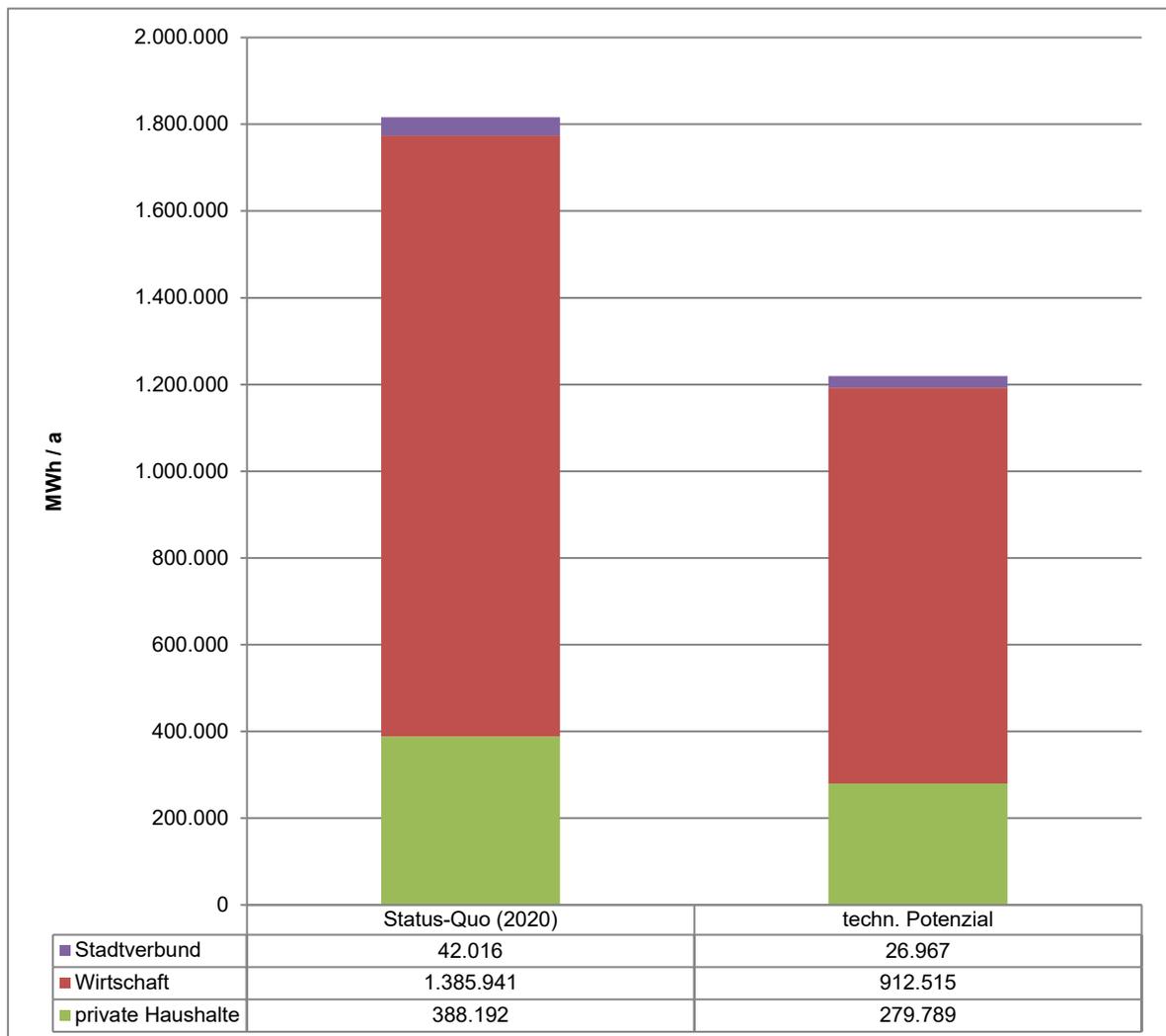


Abbildung 44: Vergleich des Stromverbrauchs (Status-Quo und technisches Potenzial) ohne Sektorenkopplung und ohne zusätzliche Verbräuche

In den einzelnen Verbrauchssektoren ergeben sich aus den oben dargestellten Ansätzen folgende Einsparpotenziale (ohne Sektorenkopplung und ohne zusätzlichen Verbrauch durch zusätzliche Ausstattung):

- Haushalte: 28 %
- Wirtschaft: 34 %
- Stadtverbund: 36 %

10.2. Stromerzeugungs-Potenziale durch Erneuerbaren Energie und Kraft-Wärme-Kopplung

Bisher beruht die Stromversorgung zu einem großen Maße auf fossilen, nicht erneuerbaren Ressourcen wie Stein-, Braunkohle und Erdgas und auch Uran. Die Potenzialanalyse soll ermitteln, welche erneuerbaren Quellen vor Ort zur Verfügung stehen, um fossile Energieträger zur Stromgewinnung zu verdrängen. Erneuerbare Energieträger können sowohl als Großanlagen (z.B. Windkraft), aber auch als kleinere Anlagen (PV-Dachanlagen) genutzt werden.

Im Rahmen dieser Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes für die Landeshauptstadt Wiesbaden wurde keine umfassende, neue Analyse der Stromerzeugungspotenziale durch Erneuerbaren Energie und Kraft-Wärme-Kopplung durchgeführt. Vielmehr wurde die Potenzialanalyse des Klimaschutzkonzeptes 2015 daraufhin überprüft, ob sich Veränderungen ergeben. Diese sehen wir insbesondere im Bereich der Photovoltaik.

10.2.1. Windkraft

Eine der prioritären Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept 2015 war der „Bau von Windenergieanlagen“ auf dem Taunuskamm im Bereich der Hohen Wurzel.

Die ESWE Taunuswind GmbH hat im April 2015 für den geplanten Windpark die Antragsunterlagen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) beim Regierungspräsidium Darmstadt eingereicht und dabei ein förmliches Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung beantragt. Die Genehmigungsbehörde hat Ende 2016 den Antrag abgelehnt, gegen den Entscheid hat ESWE Taunuswind Klage erhoben. Das Verwaltungsgericht Wiesbaden hat im Juli 2020 der Klage stattgegeben und für ESWE entschieden, allerdings mit Zulassung der Berufung. Das Regierungspräsidium Darmstadt sowie die Stadt Taunusstein haben hiervon Gebrauch gemacht. Seitdem ruht das Verfahren, ein Termin vor dem Verwaltungsgerichtshof Kassel steht bis heute aus.

Wie bereits im Klimaschutzkonzept 2015 wird von einem Stromerzeugungs-Potenzial von rund 80.000 MWh / a ausgegangen. Nach dem Teilplan EE des Landes sind keine Vorrangflächen für Wind auf Gemarkung Wiesbaden ausgewiesen. Somit ist das Potenzial ausgeschöpft.

10.2.2. Wasserkraft

Wie bereits im Klimaschutzkonzept 2015 wird davon ausgegangen, dass die bestehende Wasserkraftnutzung unverändert angesetzt werden kann. Gegebenenfalls ergeben sich geringfügige Zusatzpotenziale durch Effizienzgewinne im Zuge von

Modernisierungsmaßnahmen an den bestehenden Wasserkraftanlagen. Ein weiteres relevantes Potenzial wird im Rahmen dieser Untersuchung aber nicht unterstellt.

10.2.3. Biomasse

10.2.3.1 Biogene Gase

Zu den biogenen Gasen gehören neben Biogas-Anlagen (basierend auf nachwachsenden Rohstoffen und Wirtschaftsdünger, oder auf Kofermenten) aber auch die Deponie- / Klärgase (siehe Kap. 8.2.1).

Im Klimaschutzkonzept 2015 wurde ein technisches Potenzial für die Stromerzeugung aus biogenen Gasen aufgezeigt. Dabei wurde darauf hingewiesen, dass das Potenzial zur Deponiegasnutzung in den nächsten Jahren auf null zurückgeht, da die Gasbildung an der Deponie abnimmt. Auch für die Stromerzeugung in Biogas-Anlagen wird aktuell kein „nutzbares“ Potenzial gesehen.

10.2.3.2 Feste Biomasse

Es wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von fester Biomasse zur Stromgewinnung im Rahmen des BMHKW (siehe Kap. 4) nicht weiter ausgebaut werden kann. Anders verhält es sich, wenn InfraServ das 2021 außer Betrieb genommene BMHKW reaktiviert. Nähere Informationen zur Kapazität des BMHKW sind derzeit nicht bekannt.

Auch Abfälle, die durch Müllverbrennung entsorgt werden, enthalten einen hohen Kohlenstoffanteil biogenen Ursprungs und sind damit als klimaneutral zu bewerten.

10.2.4. Tiefe Geothermie

Wie bereits in Kapitel 8.2.3.2 erläutert, wird von einem Potenzial zur Stromerzeugung von rund 32.000 MWh / a ausgegangen.

10.2.5. Photovoltaik

Photovoltaik bietet zahlreiche Anwendungsarten. Neben Kleinstanlagen (sogenannte Balkon-Kraftwerke) und kleineren Anlagen auf Dächern von Einfamilienhäusern gibt es mittlere Anlagen auf den großen Dächern von Nichtwohngebäuden, sowie Großanlagen im Megawattbereich auf Freiflächen. Weitere Nutzungsarten, wie Agri-PV und Verkehrswegeintegrierte PV sind aktuell in Deutschland noch nicht weit verbreitet.

10.2.5.1 Gebäude

10.2.5.1.1 Gesamtstädtisches Potenzial

Im Gegensatz zu Großtechnologien, wie bspw. der Windkraft, können Solarenergie-Anlagen dezentral von einzelnen Bürgerinnen und Bürgern genutzt werden. Auf privaten Hausdächern handelt es sich meist um Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bis zu $10 \text{ kW}_{\text{peak}}$. Mit solchen Anlagen kann in der Regel rein bilanziell der Stromverbrauch des entsprechenden Haushalts gedeckt werden. Allerdings weichen Stromproduktion und Stromverbrauch zeitlich mitunter stark voneinander ab, so dass ein Großteil des erzeugten Stroms aus der Photovoltaik-Anlage ins allgemeine Stromnetz eingespeist wird, und der Haushalt zu den Hauptverbrauchszeiten dennoch Strom aus dem Netz beziehen muss. Um den Eigenverbrauch zu optimieren, gibt es mittlerweile von verschiedenen Herstellern Batteriespeicherlösungen in Verbindung mit Photovoltaik-Anlagen.

Neben den Dachanlagen auf privaten Häusern sind auch gewerbliche und landwirtschaftliche Gebäude öfters mit Photovoltaik-Anlagen bestückt. Hier sind je nach Dachfläche Anlagen mit Leistungen mit mehreren $100 \text{ kW}_{\text{peak}}$ möglich.

Der Vorteil der Dachanlagen besteht darin, dass der Eingriff in die Umgebung bzw. die Umwelt kaum merkbar ist, und dass – bis auf Denkmalschutzaspekte – praktisch keine öffentlich-rechtlichen Belange dagegenstehen. Im Gegensatz dazu werden Photovoltaik-Freiflächenanlagen i.d.R. auf bisher unbebauten Flächen erstellt und bedeuten daher einen größeren Eingriff in die Umwelt. Nicht zuletzt aufgrund der Fördervoraussetzungen im EEG werden jedoch oftmals Konversionsflächen oder ähnliche Flächen genutzt, für die keine andere Nutzung offensteht, und die mit einer Photovoltaik-Anlage einen neuen Wert erhalten.

Tabelle 19: Annahmen zur Photovoltaik (Gebäudebezogene Anlagen)

Technologien	Gebietskulisse / räumliche Be- zugsgröße	Hinweise zur Berechnung / Bemerkungen	rechnerische Ansätze
Gebäudebezogenen Anlagen (technisches Potenzial)⁹			
Dachanlagen	Gebäudebestand / Dachflächen	Übernahme der von der Lan- desEnergieAgentur Hessen GmbH (LEA) zur Verfügung ge- stellten Daten zur Potenzialbe- wertung des Solarkatasters der Stadt Wiesbaden (HMWEVW 2016)	
Fassadenanla- gen	Gebäudebestand / Fassadenflä- chen	Angelehnt an die Ergebnisse der Studie „PV-Ausbauerforder- nisse versus Gebäudepoten- zial: Ergebnis einer gebäude- scharfen Analyse für ganz Deutschland“ von Eggers et al.	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerspezifischer Wert
Balkonmodule	Gebäudebestand	über GWZ; Annahme: im Durchschnitt je ein Modul für 2 Wohneinheiten (Grundlage: Gemeindestatistik)	<ul style="list-style-type: none"> • spez. Ertrag: circa 200 – 300 kWh / a je Modul • 1 Modul je 2 WE

Die Balkonmodule haben ein Erzeugungspotenzial von rund 8.800 MWh / a.

Für die Fassadenmodule werden bundesweite spezifische Werte auf Wiesbaden umgesetzt und es ergibt sich ein Erzeugungspotenzial von rund 80.0000 MWh / a.

Für die Auf-Dach-Anlagen wird ein Erzeugungspotenzial von rund 528.400 MWh / a angegeben, bei einer potenziellen Leistung von rund 623.800 kW_{peak}.

10.2.5.1.2 Potenzieller Beitrag städtischer Gebäude

Die Stadtverwaltung möchte einen Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Energien leisten, daher werden die Liegenschaften, die sich in städtischer Hand (nur Stadtverwaltung) befinden, mit Dach-PV Anlagen ausgestattet. Basierend auf den Informationen des Wärmekatasters zu den Grundflächen der städtischen Gebäude wurde geprüft, welchen Beitrag Dachflächenanlagen auf diesen Gebäuden zum

⁹ Für die Nutzung des Potenzials für gebäudebezogene Anlagen gibt es keine generellen rechtlichen oder sonstigen Restriktionen. Allerdings besteht eine Nutzungskonkurrenz mit dem Solarthermie-Potenzial (insbes. Dachanlagen).

gesamstädtischen Potenzial leisten könnten. Dabei wurde durch einen pauschalen Abschlag berücksichtigt, dass nicht alle Dachflächen zu 100 % nutzbar sind (Verschattung durch Umgebung, Aufbauten, Statik etc.). Weiterhin wurde angenommen, dass je m² geeigneter Dachfläche eine Leistung von 140 W_{peak} installiert werden könnte und dass die Anlagen jährlich 1.000 Vollbenutzungsstunden haben.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse dieser groben Abschätzung dargestellt.

Tabelle 20: Grobe Abschätzung der PV-Potenziale durch Dachflächenanlagen auf städtischen Gebäuden

Amt	Gebäude- grundfläche [m ²]	geeignete Dachfläche [m ²]	installierbare Leistung [kW _{peak}]	potenzielle Strom-er- zeugung [MWh / a]
10*	25.142	7.543	1.056	1.056
11	0	0	0	0
14	0	0	0	0
16	0	0	0	0
20	780	234	33	33
21	0	0	0	0
23*	301.615	90.484	12.668	12.668
31	328	98	14	14
34	0	0	0	0
36*	0	0	0	0
37	17.051	5.115	716	716
39	0	0	0	0
40*	339.851	101.955	14.274	14.274
41	5.010	1.503	210	210
50	0	0	0	0
51*	33.868	10.160	1.422	1.422
52*	64.071	19.221	2.691	2.691
53	0	0	0	0
64	0	0	0	0
66	1.396	419	59	59
67*	14.231	4.269	598	598
Summe	803.342	241.003	33.740	33.740

In Summe könnten rund 33.740 kW_{peak} installiert werden, mit denen rund 33.740 MWh / a Strom erzeugt werden können. Damit könnte der Stromverbrauch der Stadtverwaltung bilanziell gedeckt werden.

10.2.5.2 Freiflächen / Agri-PV

Die nachfolgende Tabelle stellt zwei Varianten von PV-Anlagen im Außenbereich dar: Freiflächenanlagen und Agri-PV. Gegenüber „klassischen“ Freiflächenanlagen zeichnen sich Agri-PV-Anlagen dadurch aus, dass sie mit einer Agrarnutzung kombiniert werden. Agri-PV-Anlagen kommen bevorzugt bei Sonderkulturen, z.B. im Obstbau, zum Einsatz, sind aber auch beim Anbau von Getreide oder Feldfrüchten einsetzbar.

Tabelle 21: Annahmen zur Photovoltaik (Freiflächen / Agri PV)

Technologien	Gebietskulisse / räumliche Bezugsgröße	Hinweise zur Berechnung / Bemerkungen	rechnerische Ansätze
Freiflächenanlagen / Agri-PV			
Freiflächenanlagen	Landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete Flächen entlang übergeordneter Verkehrswege Deponie-/ Altlastenflächen	Im Rahmen des Auftrags ist nur eine sehr pauschale Abschätzung der Flächenkulisse für geeignete Flächen möglich <ul style="list-style-type: none"> • Auswertung amtlicher und nicht-amtlichen Karten • Auswertung statistischer Daten (Flächennutzung allgemein / Landwirtschaftsstatistik) 	<ul style="list-style-type: none"> • spez. Ertrag je ha Fläche
Agri-PV	Landwirtschaftliche Flächen	<ul style="list-style-type: none"> • Auswertung Landwirtschaftsstatistik • Bevorzugt auf Flächen für Sonderkulturen (Obstanbau, Gemüseanbau, gegebenenfalls Spargel) 	<ul style="list-style-type: none"> • spez. installierbare Leistung / spez. Ertrag • Anlehnung an aktuelle Forschungsprojekte, Veröffentlichungen [ISE 2020]

Gemäß Grundsatz G3.2-1 des Entwurfs des Regionalplans Südhessen / Regionalen Flächennutzungsplan – Sachlicher Teilplan Erneuerbare Energien (RPD 2016) sollen „zur Umwandlung solarer Strahlungsenergie in Strom [...] vorrangig Photovoltaik-Anlagen auf und an Gebäuden genutzt werden“.

Gemäß Grundsatz G3.2-3 sind für die Errichtung und den Betrieb von Photovoltaik-Freiflächenanlagen grundsätzlich ungeeignet:

- Vorranggebiet Siedlung, Bestand und Planung
- Vorranggebiet für Natur und Landschaft
- Vorranggebiet für Forstwirtschaft

Stand: 04. Dez. 2023

- Trassen und Standorte der regionalplanerisch dargestellten Verkehrs- und Energieinfrastruktur
- Vorranggebiet für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten, Planung

Für regionalplanerisch raumbedeutsame Vorhaben von Photovoltaik-Freiflächenanlagen, die innerhalb dieser Gebiete realisiert werden sollen, ist ein Zielabweichungsverfahren gemäß Hessisches Landesplanungsgesetz (HLPG) notwendig.

Freiflächen die als Vorranggebiet für die Landwirtschaft gekennzeichnet sind, sind gemäß Grundsatz G3.2-4 zwar „nach einer Einzelfallprüfung und unter bestimmten Voraussetzungen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen beanspruchbar“, vor dem Hintergrund der hochwertigen Böden und des Flächendrucks, dem die Landwirtschaft im Ballungsraum RheinMain insgesamt ausgesetzt ist, werden aber auch hier keine Potenziale für PV-Freiflächenanlagen gesehen.

Gemäß des Regionalplans wurde eine Abschätzung der Bahnstrecken und Autobahnen vorgenommen. Strecken, die offensichtlich im Siedlungsgebiet liegen, sowie Strecken, die direkt an Wald-, oder Wasserflächen grenzen, wurden ausgenommen. Auf dem Wiesbadener Gemarkungsgebiet befinden sich die Bundesautobahnen A 66, A 643 und A 3 sowie die A 671. Der Großteil der Autobahnen liegt entweder in der Nähe von Wohngebieten, Wäldern oder grenzt an Industriegebiete an und daher sind nur kürzerer Streckenabschnitte für PV-Freiflächenanlagen nutzbar. Es wird von einem Erzeugungspotenzial von rund 47.500 MWh / a ausgegangen. Das Leistungspotenzial liegt bei rund 49.500 kW_{peak}.

Seit November 2018 hat das Land Hessen die Möglichkeit geschaffen auf landwirtschaftlich benachteiligten Flächen PV-Freiflächen zu errichten (HMWEVW 2018). Die Einteilung als benachteiligte Fläche geschieht u.a. anhand der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl. Aufgrund des hohen Flächendrucks und dem Wunsch nach Erhalt der geringen bestehenden Landwirtschaft wird keine Fläche ausgewiesen.

Eine weitere Möglichkeit von Freiflächen PV sind sogenannte Agri-PV-Systeme. Diese werden über den landwirtschaftlichen Flächen installiert, sodass eine weitere landwirtschaftliche Nutzung möglich ist. Betrachtet werden dafür Baumobstanbau, Dauerkulturen sowie Gemüseanbau. Insgesamt lässt sich hierbei ein Energiepotenzial von rund 60.000 MWh / a identifizieren. Das Leistungspotenzial liegt bei rund 62.000 kW_{peak}.

Insgesamt liegt das Potenzial von Freiflächen- und Agri-PV bei rund 107.500 MWh / a und einem Leistungspotenzial von rund 111.500 kW_{peak}.

10.2.5.3 Verkehrswegeintegrierte PV

Es wurden auch Photovoltaik-Anlagen über den Autobahnen geprüft, in Anlehnung auf aktuelle Forschungsprojekte des Fraunhofer ISE (Fraunhofer ISE, 2021)



Abbildung 45: Visualisierung einer bifazialen PV-Anlage über einer Autobahn
(Fraunhofer ISE, 2021)

Über die Gemarkungsfläche der Landeshauptstadt Wiesbaden verläuft, wie bereits erwähnt, die Bundesautobahnen A 66, A 643 und A 3 sowie die A 671. Für verkehrswegintegrierte Photovoltaik-Anlagen können Potenziale identifiziert werden. Insgesamt belaufen sich diese auf rund 181.000 MWh / a bei einem Leistungspotenzial von rund 189.000 kW_{peak}.

10.2.6. Müllverbrennung

Wie bereits in Kapitel 8.2.5.2 ausgeführt, wird für die Müllverbrennung von einem Stromerzeugungspotenzial von rund 151.400 MWh / a ausgegangen, abzüglich des Eigenverbrauchs der Anlage.

10.2.7. Dekarbonisierte Kraft-Wärme-Kopplung

Die bestehenden Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung bleiben bestehen und werden nicht weiter ausgebaut. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass vom aktuell genutzten fossilen Erdgas, oder anderen fossilen Energieträgern hin zu EE-Gasen oder anderen THG-armen Energieträgern gewechselt wird, so dass die Kraft-Wärme-Kopplung ähnlich wie die Fernwärme dekarbonisiert wird.

Stand: 04. Dez. 2023

10.2.8. Zusammenfassung „Potenziale zur Stromerzeugung aus EE und KWK“

Die Abbildung 46 stellt die aktuelle Nutzung dem technischen Potenzial gegenüber und fasst somit die vorangegangenen Kapitel zusammen. Aktuell werden im Stadtgebiet der Landeshauptstadt Wiesbaden rund 168.000 MWh / a aus erneuerbaren Energien und rund 136.000 MWh / a aus fossiler KWK erzeugt. Das entspricht insgesamt einem bilanziellen Deckungsbeitrag von 16 % (vergleiche Kapitel 4).

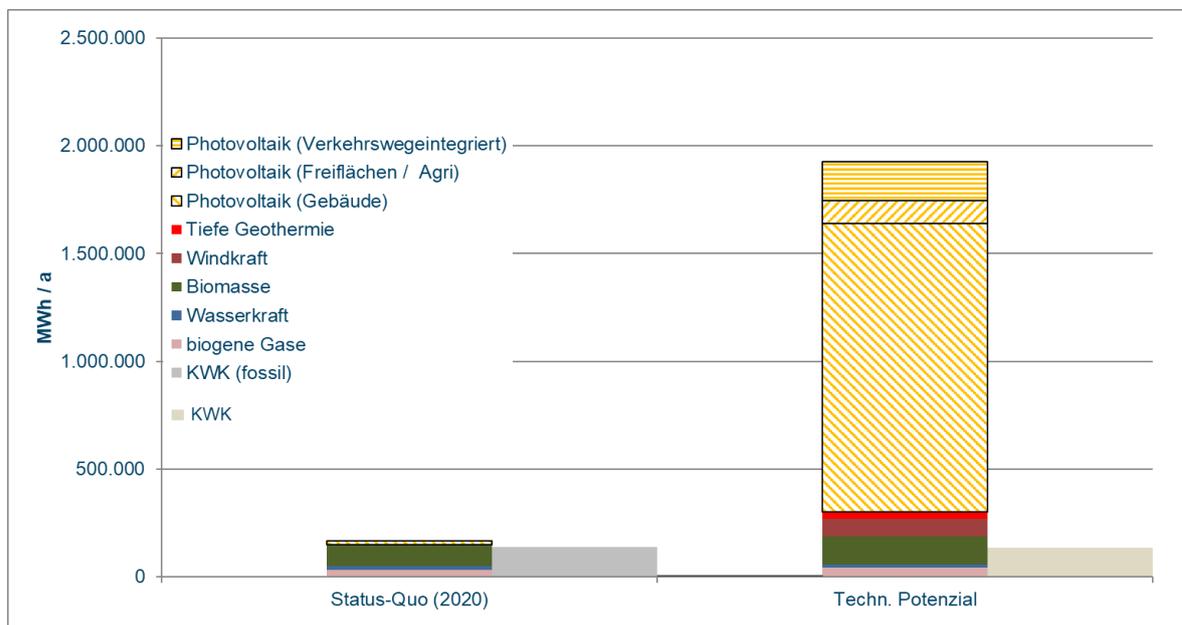


Abbildung 46: Potenziale zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Für die erneuerbaren Energien wird ein Erzeugungspotenzial von rund 1.927.000 MWh / a ausgewiesen, die KWK-Anlagen bleiben unverändert. Wenn nur die Stromeinsparungen berücksichtigt werden, steigt der bilanzielle Deckungsgrad auf rund 155 %, davon werden rund 145 % durch die erneuerbaren Energien und rund 10 % durch die KWK gedeckt.

Teil D: Fokusbetrachtung „Wärmewende“

Die Fokusbetrachtung „Wärmewende“ stellt einen wesentlichen Input für die sektorübergreifenden Szenarien dar. Im Folgenden wird daher im Vorfeld zu den sektorübergreifenden Szenarienbetrachtungen vertieft auf den Fokus „Wärmewende“ eingegangen. Um Redundanzen so weit als möglich zu vermeiden, finden sich die grundlegenden Erläuterungen zu den betrachteten Szenarien im Teil E.

11 Wärmebedarfsentwicklung

Für die Wärmebedarfsentwicklung wurden hinsichtlich Heizwärme die nachfolgenden Zielwerte festgelegt (vgl. auch Kapitel 8.1.1):

- Energieeffizienz-Zielwert Ein- und Zweifamilienhäuser 70 kWh / m²
- Energieeffizienz-Zielwert Mehrfamilienhäuser 55 kWh / m²
- Energieeffizienz-Zielwert Nichtwohngebäude 65 kWh / m²
- Energieeffizienz-Zielwert Denkmalschutz max. 120 kWh / m²

Diese Zielwerte beschreiben die Sanierungstiefen für die einzelnen Gebäudetypen. Neben der Sanierungstiefe, die durch den Energieeffizienz-Zielwert festgelegt wurde, werden die Sanierungsraten für das TREND-Szenario zugrunde gelegt.

Für den Sektor Wohnen wurde ergänzend dazu ein jährlicher Bevölkerungszuwachs von 0,5 % sowie ein Zuwachs der Pro-Kopf-Wohnfläche von 0,8 % pro Jahr angenommen.

Die Einsparung der Prozesswärme orientiert sich am Durchschnitt der letzten Jahre. Es wird von einer Energieeffizienzsteigerung von jährlich 1,5 % ausgegangen. Das Wirtschaftswachstum (1,1 % p. a.) hingegen ist gegenläufig und führt zu einer Erhöhung des Energiebedarfs (UBA, 2023a).

Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser reduziert sich im TREND-Szenario unter den o. g. Annahmen von circa 2.511 GWh / a in 2020 bis zum Jahr 2030 um rund 6 % auf 2.363 GWh / a und bis 2045 um circa 16 % auf 2.107 GWh / a.

Stand: 04. Dez. 2023

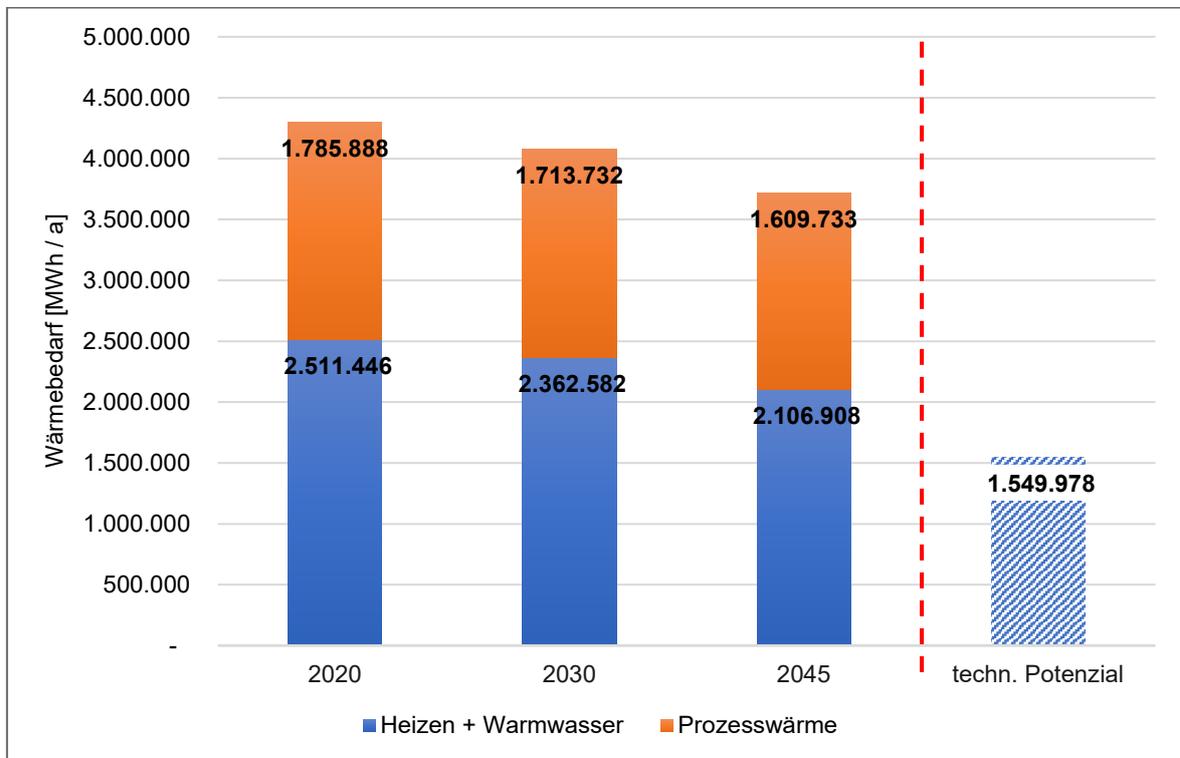


Abbildung 47: Wärmebedarfsentwicklung im TREND-Szenario 2020, 2030 und 2045

Die o.g. Zielwerte beschreiben die Sanierungstiefen für die einzelnen Gebäudetypen. Neben der Sanierungstiefe, die durch den Energieeffizienz-Zielwert festgelegt wurde, wird zusätzlich von folgenden Sanierungsraten ausgegangen:

- Ein- und Zweifamilienhäuser 1,5 % bis 2030 und 2 % nach 2030
- Mehrfamilienhäuser 2 % bis 2030 und 2,5 % nach 2030

Für den Sektor Wohnen wurde ergänzend dazu ein jährlicher Bevölkerungszuwachs von 0,5 % sowie ein Zuwachs der Pro-Kopf-Wohnfläche von 0,8 % pro Jahr angenommen.

Die Einsparung der Prozesswärme orientiert sich an den Zielen der Bundesregierung (Erfüllung der Europäischen Energieeffizienzrichtlinie), welche besagen, dass die Industrie die Emissionen bis 2030 im Vergleich zu 1990 um rund die Hälfte senken muss. Es wird von einer Energieeffizienzsteigerung von jährlich 2,1 % ausgegangen, was zur Energieeinsparung beiträgt. Das Wirtschaftswachstum (1,1 % p. a.) hingegen ist gegenläufig und führt zu einer Erhöhung des Energiebedarfs.

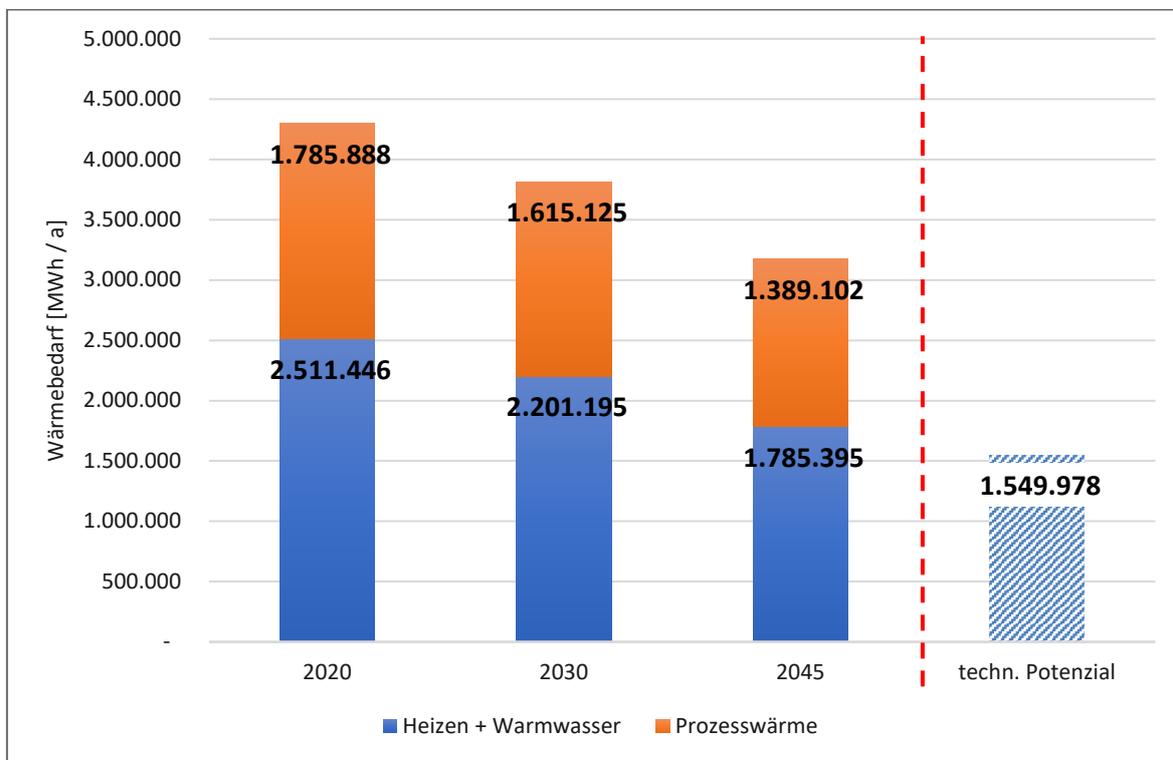


Abbildung 48: Wärmebedarfsentwicklung im ZIEL 2045-Szenario

Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser reduziert sich unter den o. g. Annahmen von circa 2.511 GWh / a in 2020 bis zum Jahr 2030 um rund 12 % auf 2.201 GWh / a und bis 2045 um circa 30 % auf 1.785 GWh / a.

In den folgenden Abbildungen werden die Zeitreihen der Wärmebedarfsentwicklung für den Wohngebäude-Sektor im TREND- und im ZIEL 2045-Szenario dargestellt. In die Betrachtung sind auch die Effekte durch den Bevölkerungszuwachs einbezogen. Diese Effekte sind allerdings im Vergleich zum Gesamtverbrauch sehr gering und daher in den Grafiken schwer erkennbar.

Stand: 04. Dez. 2023

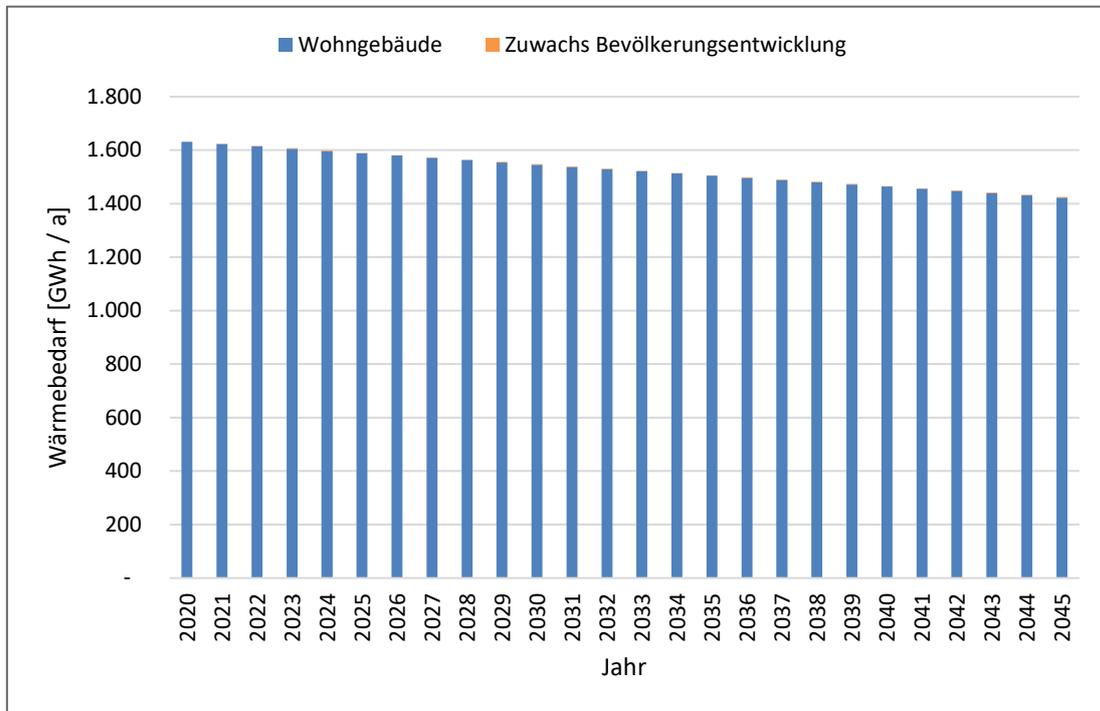


Abbildung 49: Wärmebedarfsentwicklung Wohngebäude im TREND-Szenario, 2020-2045

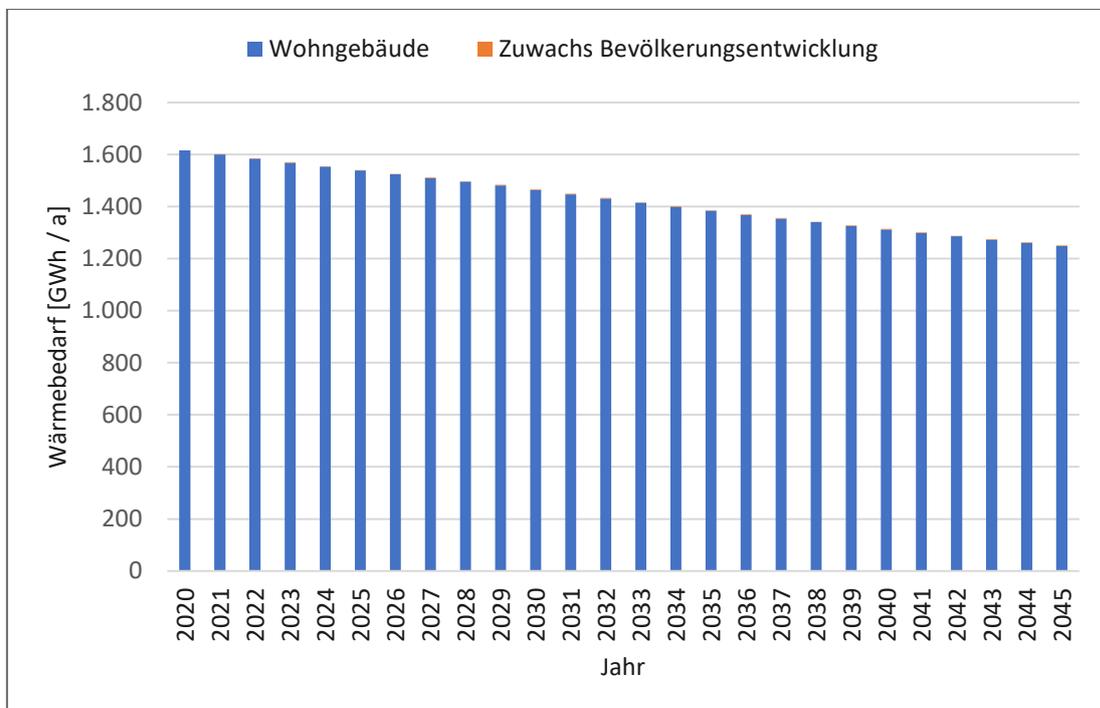


Abbildung 50: Wärmebedarfsentwicklung Wohngebäude im ZIEL 2045-Szenario, 2020-2045

Stand: 04. Dez. 2023

Im Vergleich der Abbildung 48 und der Abbildung 49 zeigt sich, dass bei gleicher Sanierungstiefe, aber unterschiedlichen Sanierungsraten die Einsparungen deutlich voneinander abweichen. Im TREND-Szenario werden rund 13 % weniger Wärmeenergie verbraucht, während im ZIEL 2045-Szenario die Einsparungen 23 % betragen.

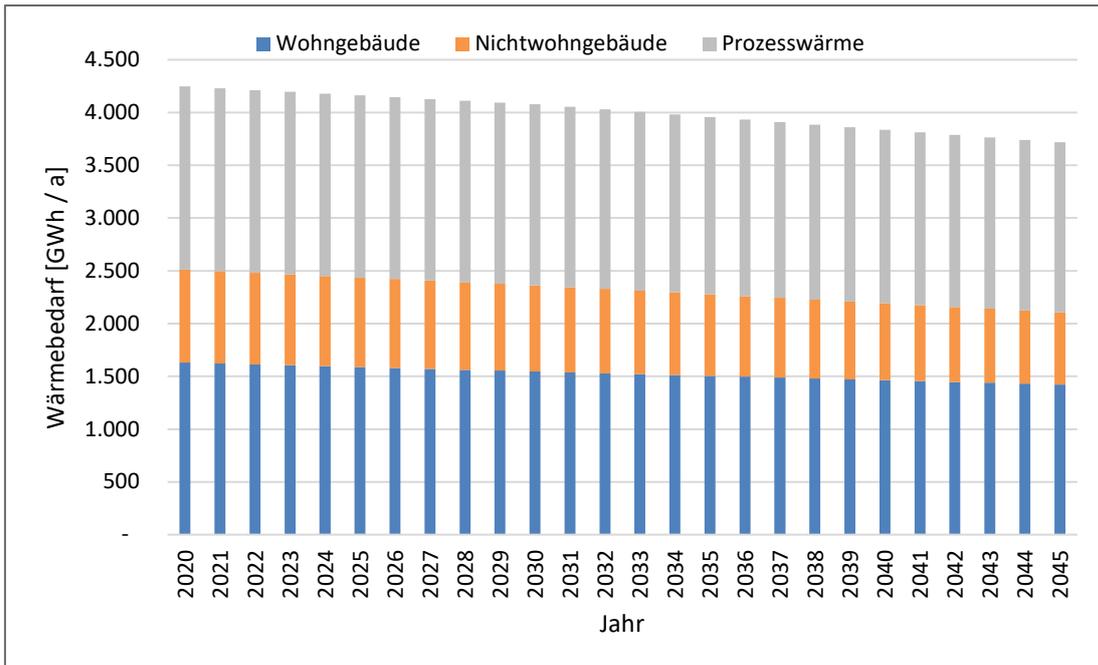


Abbildung 51: Wärmebedarfsentwicklung nach Sektoren im TREND-Szenario, 2020-2045

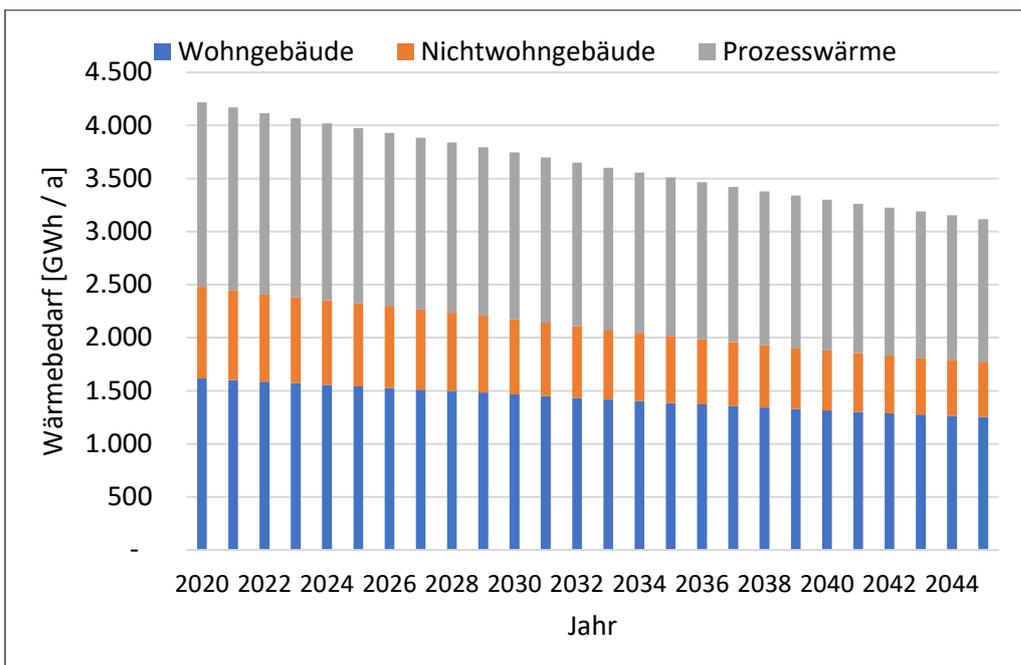


Abbildung 52: Wärmebedarfsentwicklung nach Sektoren im ZIEL 2045-Szenario, 2020-2045

12 Einteilung des Stadtgebietes in unterschiedliche Wärmeversorgungsgebiete

Das Untersuchungsgebiet der Landeshauptstadt Wiesbaden wird in sogenannte Eignungs- oder Vorranggebiete für Wärmenetze bzw. Einzelversorgungen der Gebäude eingeteilt. Eine erste grobe Einteilung sollte unter Berücksichtigung der nachfolgenden Charakteristika erfolgen:

Wärmenetze
<ul style="list-style-type: none">• Schwellenwert Wärmebedarfsdichte 150 MWh/(ha*a)• Sehr günstige Wärmequelle vorhanden• Unmittelbare Nähe zum Bestandswärmenetz• Denkmalschutzgebiete• i.d.R. hoher Anschlussgrad erforderlich• Überschlägige Ermittlung Kosten Erzeugung u. Wärmenetz• Kostenvergleich zu alternativer Einzelversorgung
Einzelversorgung
<ul style="list-style-type: none">• Wärmebedarfsdichte unterhalb des Schwellenwertes• Keine günstige Wärmequelle in der Nähe• Große Entfernung zum Bestandswärmenetz• Neubaugebiete• Niedriger Anschlussgrad• Kosten für Erzeugung und Netz sind zu hoch• Wesentlich günstiger als eine Wärmenetzvariante

Abbildung 53: Kriterien zur Einteilung der Eignungsgebiete

In der folgenden Abbildung wird die Eignung unterschiedlicher EE-Versorgungsoptionen für unterschiedliche Siedlungstypen dargestellt. Für erneuerbare Gase gilt eine grundsätzliche Eignung für alle Siedlungstypen. Bis auf weiteres gilt, dass der Energieträger erneuerbare Gase (EE-Gas) nur eingeschränkt verfügbar ist. Insofern wird auf eine Darstellung verzichtet. Gleiches gilt für eine direkte Wärmeversorgung über erneuerbaren Strom.

		prioritär geeignet für		Versorgungsoptionen					
		dezentrale Versorgung	Nah- / Fernwärme	Holz (Pellets, HS)	Luft-WP	Erd-WP	Abwasser-WP	Grundwasser-WP	Nah- / Fernwärme
	Siedlungstyp								
1	Blockbebauung		x		zu groß				
2	Blockbeb. Altstadt		x		zu groß	zu eng		zu eng	
3	Blockrandbebauung	x	x		zu groß	zu eng	zu klein	zu eng	
4	Zeilenbebauung	x	x		zu groß				
5	Mischbebauung	x	(x)						
6	Einzel- u. Doppelhaus	x					zu klein		
7	Reihenhausbebauung	x					zu klein	zu klein	
8	Villenbebauung	x					zu klein	zu klein	
9	Alter Ortskern	x	(x)						
10	Verstädterter Ortskern	x	x	zu eng		zu eng		zu eng	
11	Aussiedlerhof	x					zu klein	zu klein	
12	Großkomplex	x	(x)						
13	Hochhausbebauung		x		zu groß				
14	Industrie u. Gewerbe	x	(x)						

	geeignet	
	eingeschränkt geeignet	
	nicht geeignet	HS = Holzhackschnitzel
	Energieträger eingeschränkt verfügbar	WP = Wärmepumpe

Abbildung 54: EE-Versorgungsoptionen für unterschiedliche Siedlungstypen

Aktuell werden gemäß Wärmekataster circa 32.300 Wohnobjekte mit Gas oder Öl versorgt (81 %). Es müssen somit jährlich knapp 1.300 Objekte (4 %) zu einem klimaneutralen Heizungssystem wechseln, damit spätestens 2045 das Ziel der Klimaneutralität erfüllt werden kann.

Stand: 04. Dez. 2023

12.1. Fernwärmevorranggebiete

Eine Verschneidung der Informationen zu den Gebäudetypen mit der Auswertung der Wärmedichte lässt die Gebiete erkennen, die aufgrund der Wärmedichte und der Bebauungsstruktur zur Erschließung mit Nah- oder Fernwärme besonders geeignet sind, und die in diesem Sinne als „Fernwärmevorranggebiete“ angesprochen werden können. Der Vorschlag wurde mit ESWE Versorgungs AG abgestimmt und führte zu folgendem Resultat¹⁰:

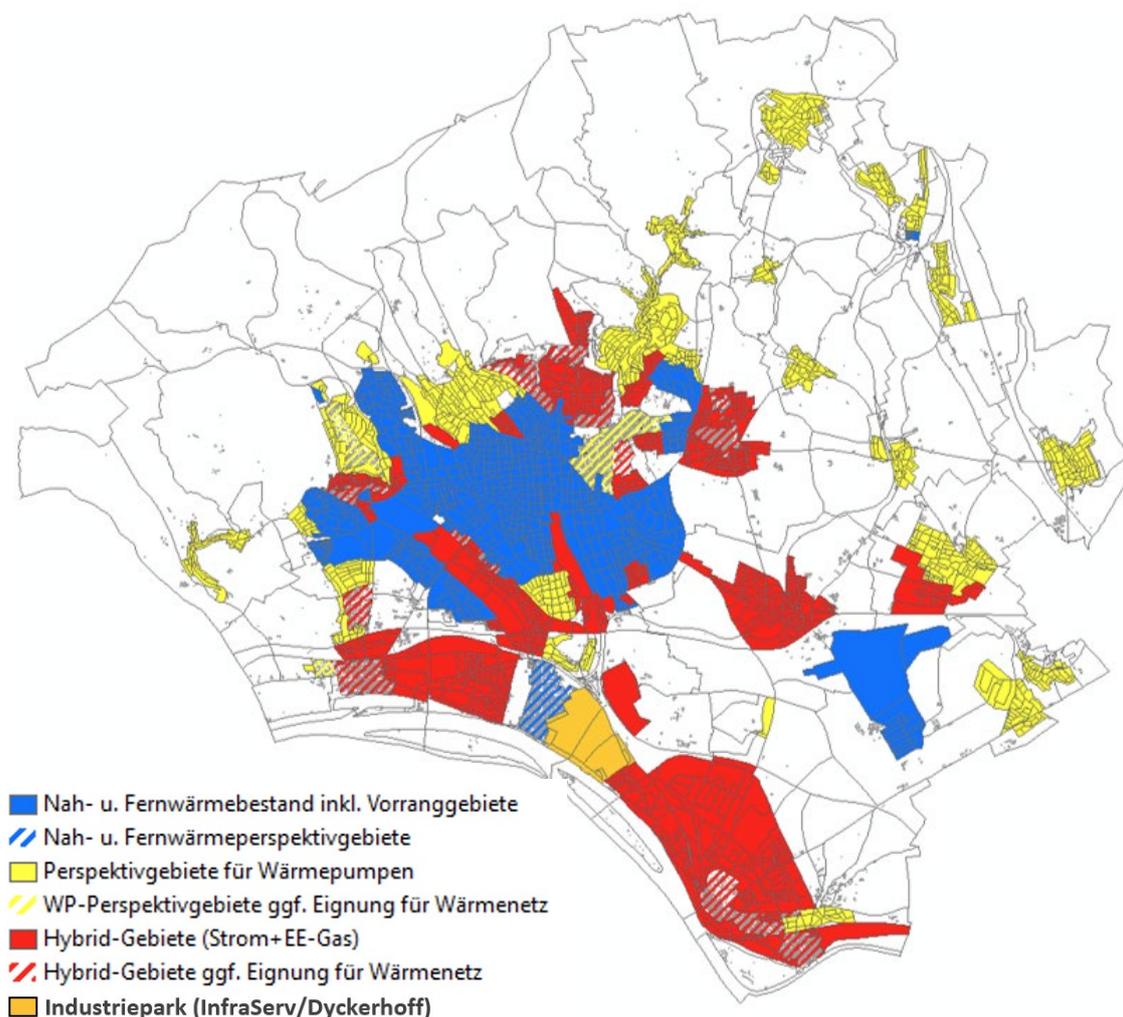


Abbildung 55: Fernwärmevorranggebiete und Eignungsgebiete für sonstige Versorgungsarten

¹⁰ Die in den Text eingebundenen Karten dienen lediglich der Orientierung. Die Karten im Originalformat sind im Anhang dokumentiert.

Stand: 04. Dez. 2023

Der Fernwärmebedarf der Fernwärmebestandskunden betrug 2020 insgesamt circa 236 GWh / a. Innerhalb der definierten Fernwärmevorranggebiete aus Abbildung 53 beträgt der zusätzliche Wärmebedarf zu den Bestandskunden circa 779 GWh / a (Stand 2020). Bei einer 100 % Anschlussquote und unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsentwicklung beträgt der theoretische Fernwärmezuwachs bis 2045 circa 564 GWh / a. Das entspricht einem jährlichen Zuwachs von circa 22,6 GWh / a und circa 425 Fernwärmeanschlüssen pro Jahr, was aufgrund des enormen Arbeitsaufwands und fehlender Kapazitäten ausführender Firmen eine große Herausforderung darstellt.

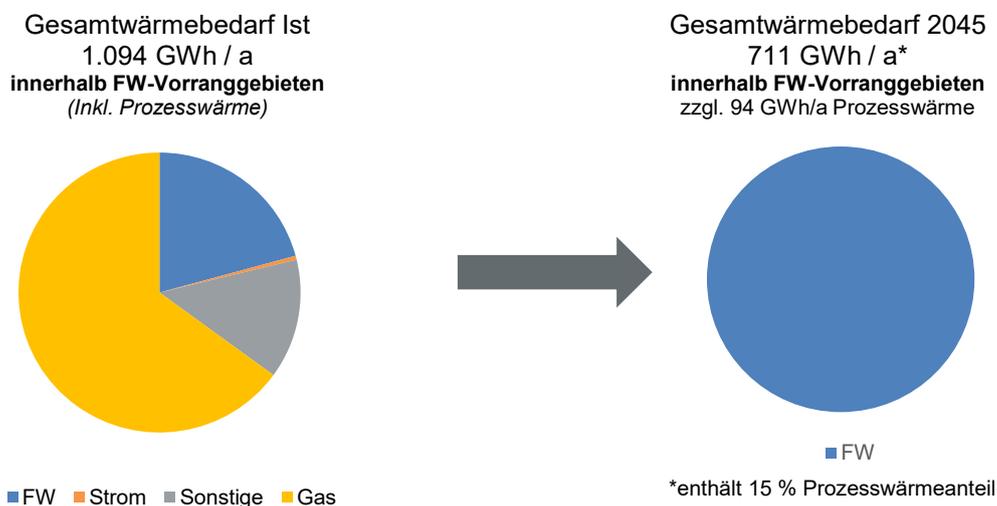


Abbildung 56: Mögliche Entwicklung des Wärmebedarfs und des Energieträgermix in den FW-Vorranggebieten (Ist-Zustand und 2045)

FW = Ferwärme

12.2. Vorranggebiete für Wärmepumpen

Die Entwicklung der Vorranggebiete für Wärmepumpen basierte auf folgenden Grundlagen:

- (1) Siedlungstyp,
- (2) Wärmedichte,
- (3) Ausschlussgebiete (z. B. Wasserschutzgebiet),
- (4) Matrix Eignung Versorgungsoption je Siedlungstyp (vgl. Abbildung 53).

Luft- / Wasser-Wärmepumpen

Der Einsatz von Luft- / Wasser-Wärmepumpen wird insbesondere im Bereich der Einzel- und Doppelhausbebauung und teilweise in Reihenhaussiedlungen erwartet. Derzeit

ist aus baurechtlichen Gründen ein Abstand von 3 m zum Nachbargrundstück einzuhalten, was den Einsatz von Wärmepumpen insbesondere bei Reihenhäusern erschwert. Insgesamt liegt der Verbrauch in den Gebiete, die als geeignet eingestuft werden bei 526 GWh / a Heizwärme und in den Gebieten, die als eingeschränkt geeignet (ohne Prozesswärme und ohne InfraServ und Dyckerhoff) eingestuft werden bei 877 GWh / a. Die Auswahl der Eignungsgebiete beinhaltet insgesamt 29.280 Objekte.

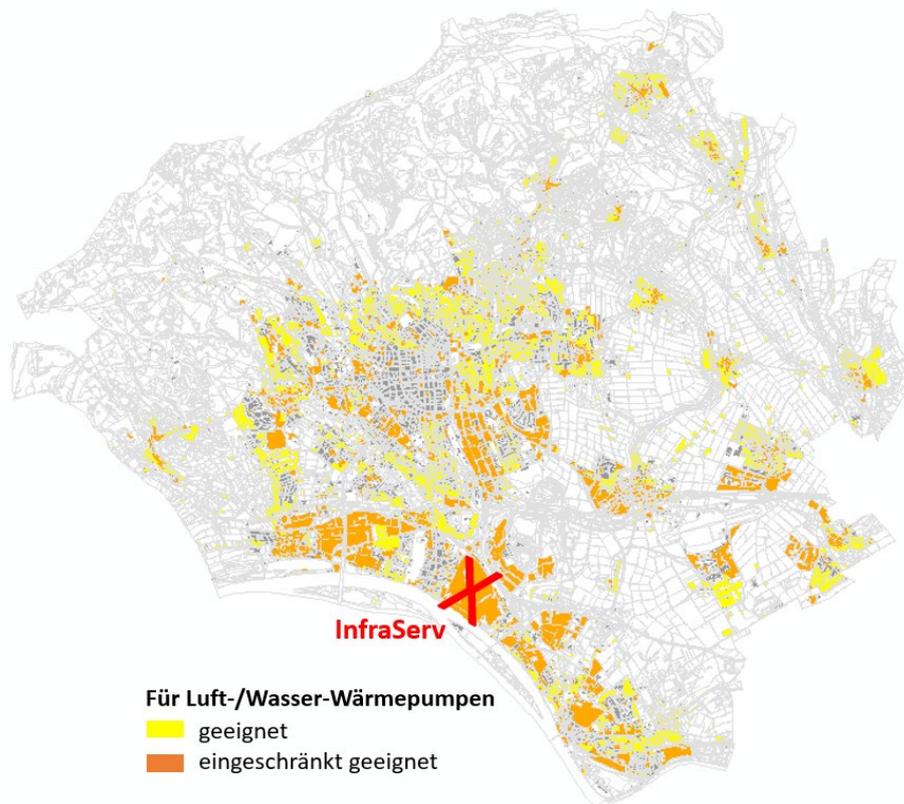


Abbildung 57: Eignung für den Einsatz von Luft-/Wasser-Wärmepumpen im Stadtgebiet

Der Einsatz von Erdwärmepumpen ist nur außerhalb der Wasser- und Heilquellenschutzgebiete gestattet. Hydrologisch günstige Gebiete (vgl. Abb. 56 grün) weisen geringere mittlere Leitfähigkeiten auf, so dass die Bohrtiefe i. d. R. größer sein muss. Unter diesen Voraussetzungen werden nur Gebiete mit insgesamt 139 GWh / a als geeignet eingestuft (hydrologisch günstig gelegen ohne weitere Einschränkungen). Weitere 357 GWh / a befinden sich in Gebieten, die eingeschränkt geeignet sind. Beide Angaben enthalten wiederum keine Prozesswärme. Die Auswahl der Eignungsgebiete für Erdwärmepumpen beinhaltet insgesamt 10.674 Objekte.

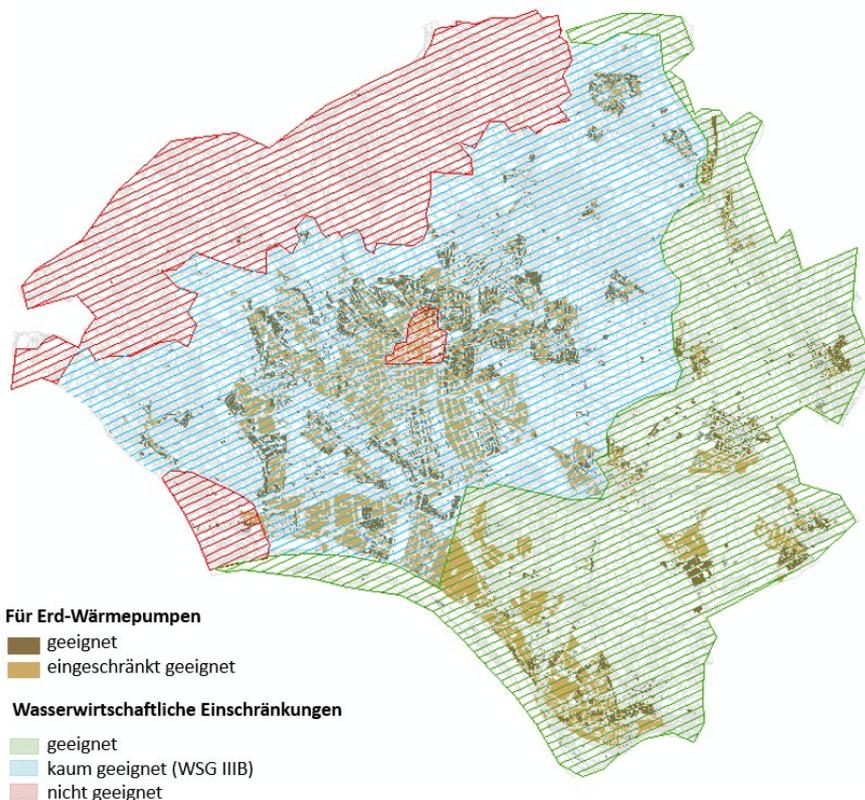


Abbildung 58: Eignung für den Einsatz von Erdwärmepumpen im Stadtgebiet

Der Einsatz von Abwasser-Wärmepumpen ist neben der Einspeisung in ein Wärmenetz auch zur Versorgung größerer Wohngebäude oder Gebäudekomplexe denkbar. Voraussetzung dafür ist ein Kanaldurchmesser von mindestens DN 800 und ein Trockenwetterabfluss von mindestens 15 l / s. Der Bedarf an Heizwärme in den dunkelblauen Flächen beträgt 942 GWh / a. Es befinden sich insgesamt 11.088 Objekte innerhalb dieser Flächen.

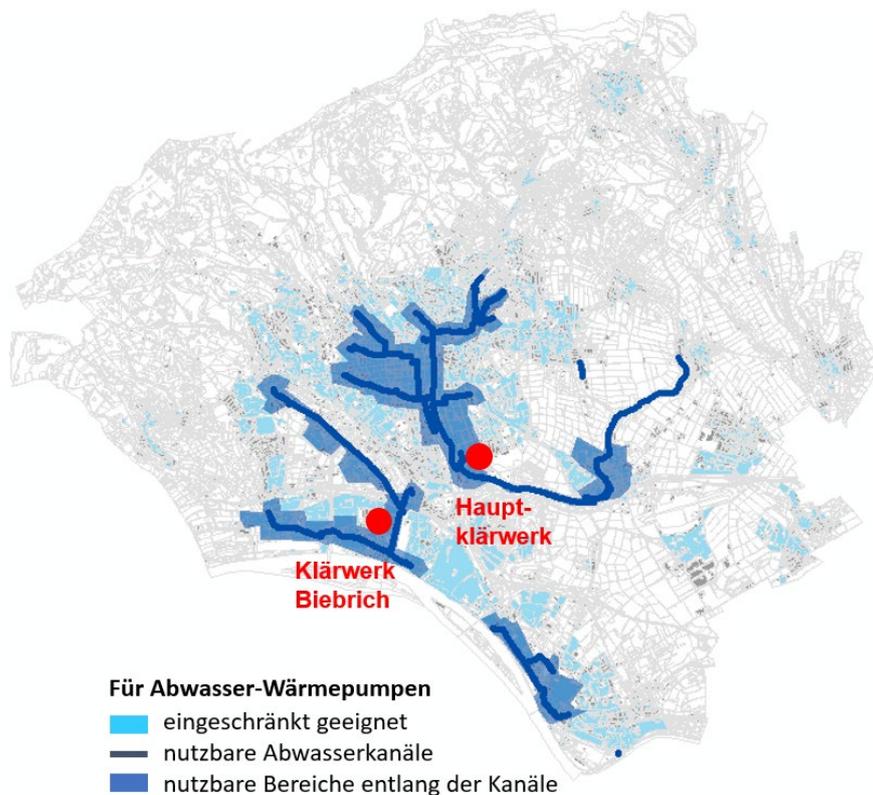


Abbildung 59: Eignung des Stadtgebietes für den Einsatz von Abwasser-Wärmepumpen

12.3. Hybridgebiete

Hybridgebiete integrieren verschiedene Energieträger und Technologien in Gebieten, in denen keine eindeutige Zuordnung zu Fernwärmevorranggebieten oder Perspektivgebieten für Wärmepumpen erfolgen kann. Hybridgebiete bieten maximale Flexibilität für maßgeschneiderte Wärmeversorgungslösungen und gewährleisten den flächendeckenden Umstieg auf erneuerbare Energien. Zum Beispiel können Wärmepumpen in der Grundlast eingesetzt werden und durch Erdgasheizungen, die später auf Wasserstoff umgerüstet werden, für Spitzenlastzeugung ergänzt werden. Somit sind Hybridgebiete ein Schlüsselement, das eine nachhaltige, effiziente und zukunftsfähige Wärmeversorgung sicherstellt, indem sie zeigen, wie die

Stand: 04. Dez. 2023

intelligente Integration verschiedener Energieträger und Technologien dazu beitragen kann, die Herausforderungen des Klimawandels anzugehen.

In den Hybridgebieten befinden sich insgesamt 15.983 Objekte, davon eignen sich 4.657 Objekte ggf. für ein Wärmenetz, was in einer detaillierteren Untersuchung zu prüfen wäre. Der Heizwärmebedarf in diesen Gebieten beträgt insgesamt circa 694 GWh / a.

An dieser Stelle wird noch darauf hingewiesen, dass sowohl in ausgewiesenen Perspektivgebieten für Wärmepumpen als auch in den Hybridgebieten unter besonderen Umständen auch Wärmenetze technisch und wirtschaftlich unter Berücksichtigung alternativer Technologien sinnvoll sein können.

13 Szenarien zur Entwicklung der Wärmeversorgung im Gebäudesektor der Landeshauptstadt Wiesbaden

Auf Basis der Fernwärme-Vorranggebiete und Eignungsgebiete für dezentrale erneuerbare Quartiers- oder Einzel-Versorgungslösungen (Biomasse, Luft- / Wasser-Wärmepumpen, Erdwärmepumpen oder Abwasser-Wärmepumpen) wurde die Entwicklung hin zu einem klimaneutralen Zielszenario abgeschätzt.

Die Entwicklung der Energieträger für die gesamte Stadt der aktuellen Trend-Fortschreibungen (unter Berücksichtigung aktueller Gesetzesentwürfe), stellt sich wie folgt dar.

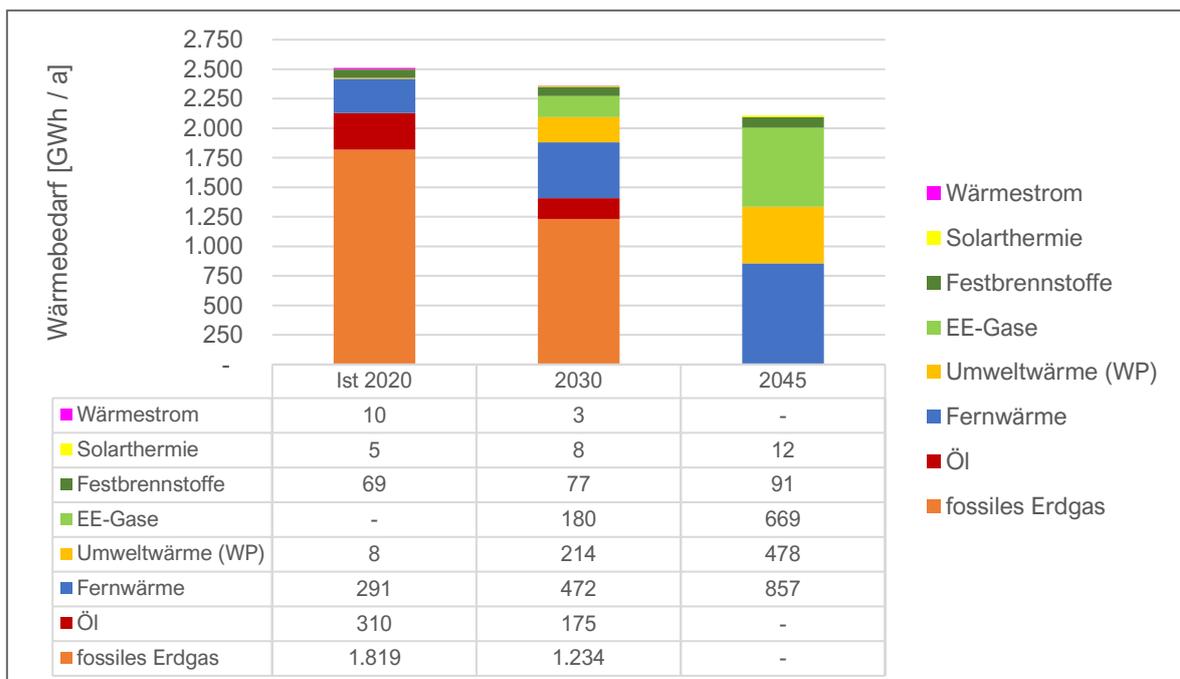


Abbildung 60: Mögliche Entwicklung der zukünftigen Energieträger im Gebäudesektor für den Wärmebedarf von Wiesbaden im TREND-Szenario

Stand: 04. Dez. 2023

Die Fernwärme und die erneuerbaren Gase machen in diesem Entwicklungsszenario den größten Anteil am Gesamtwärmebedarf aus, gefolgt von dezentralen Wärmepumpen.

Die Entwicklung der Energieträger für die gesamte Stadt unter der Voraussetzung bis 2045 klimaneutral zu sein, stellt sich wie folgt dar. Die Fernwärme und die erneuerbaren Gase machen in diesem Entwicklungsszenario den größten Anteil am Gesamtwärmebedarf aus, gefolgt von dezentralen Wärmepumpen.

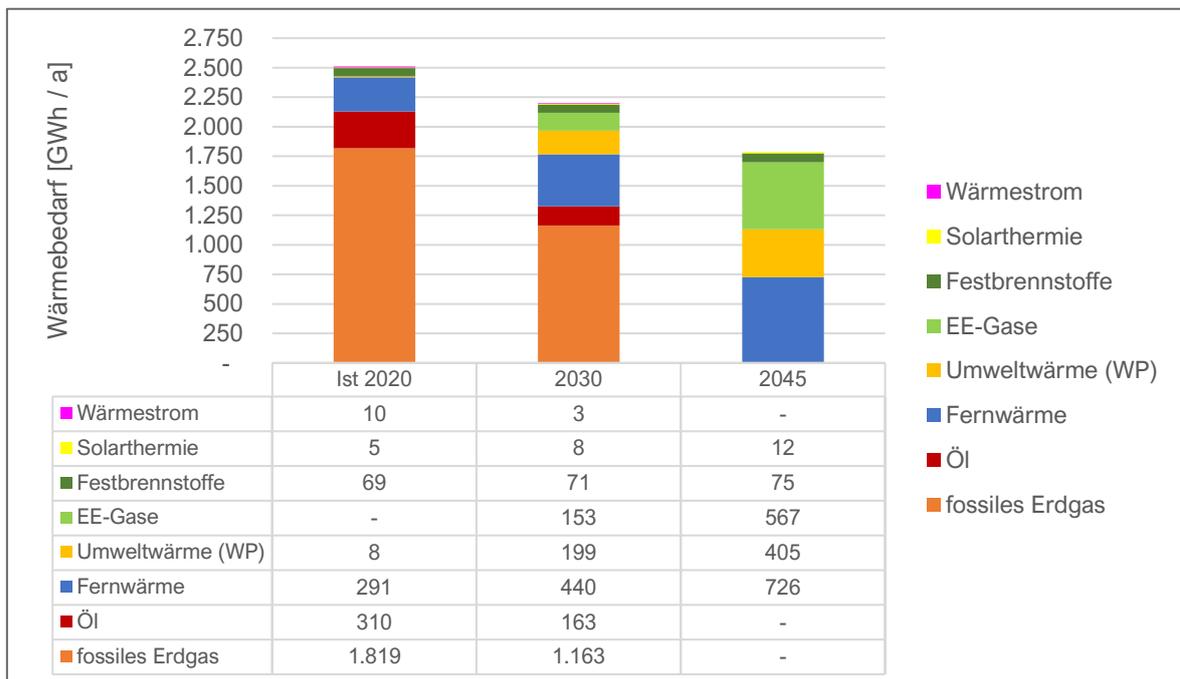


Abbildung 61: Mögliche Entwicklung der zukünftigen Energieträger im Gebäudesektor für den Wärmebedarf von Wiesbaden im ZIEL 2045-Szenario

Beim TREND-Szenario besteht die Herausforderung den höheren Wärmebedarf aufgrund der geringeren Sanierungsrate durch erneuerbare Energiequellen zu decken. Es werden insbesondere mehr EE-Gase, mehr Wärme aus Wärmepumpen und auch mehr Fernwärme benötigt.

Die mögliche Entwicklung der Fernwärmeversorgung wurde – zumindest für das Ziel 2045-Szenario - separat betrachtet. Aufgrund der zeitlich eingeschränkten Verfügbarkeit bestimmter erneuerbarer Wärmequellen (z. B. Solarthermie) könnte der Einsatz eines saisonalen Großwärmespeichers Vorteile mit sich bringen.

Stand: 04. Dez. 2023

Die folgende Abbildung zeigt die Wärmeversorgung ohne Großwärmespeicher, es entsteht eine Deckungslücke im Mittellastbereich bei hoher Netzlast.

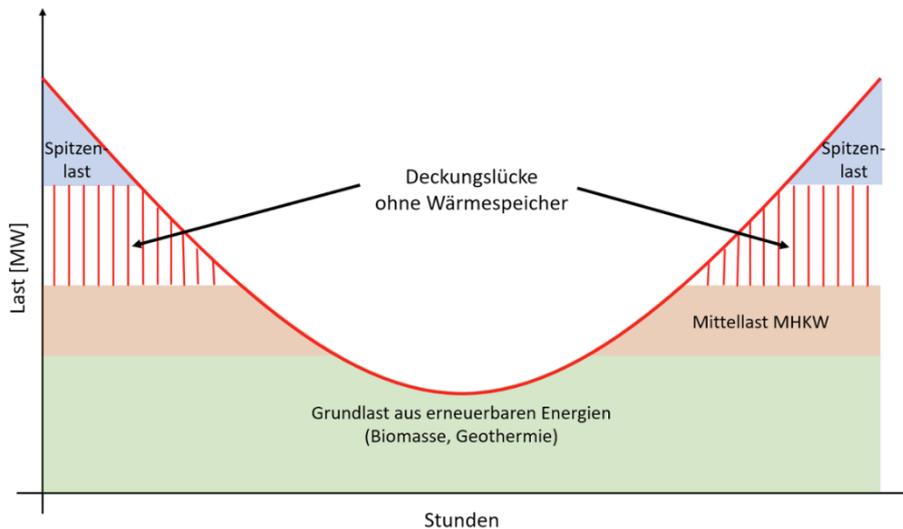


Abbildung 62: Einspeiseverhältnisse einer zukünftigen Fernwärmeversorgung ohne Wärmespeicher

Da sowohl Biomasse, Geothermie als auch die Müllverbrennungsanlage ganzjährig konstant Wärme liefern, könnte die überschüssige Wärme im Sommer in den Speicher geladen werden. Diese Wärme stünde dann in der Übergangszeit und teilweise auch im Winter zur Verfügung und würde den Einsatz von Spitzenlasterzeugern reduzieren. Das zeigt die folgende Abbildung.

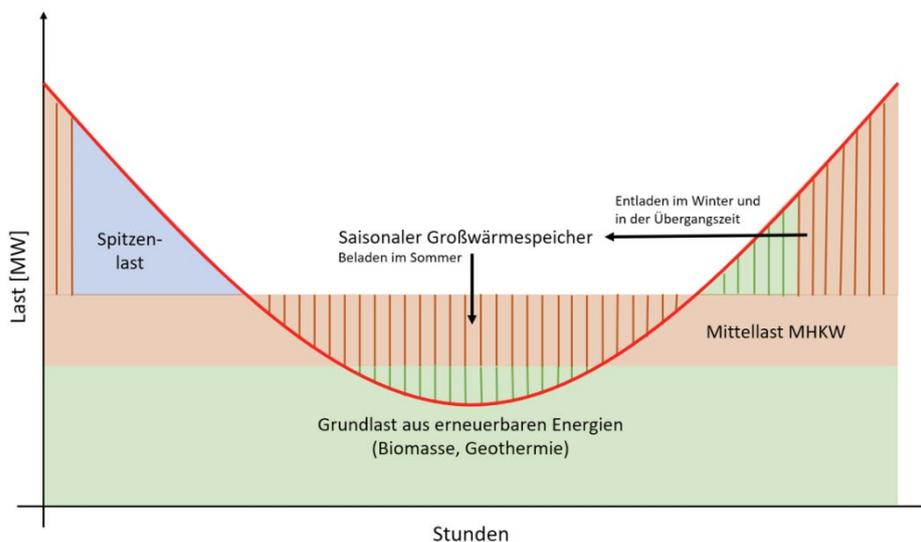


Abbildung 63: Einspeiseverhältnisse einer zukünftigen Fernwärmeversorgung mit Wärmespeicher

Stand: 04. Dez. 2023

In den folgenden Abbildungen wird die mögliche Entwicklung der Fernwärmeerzeugung im Ziel 2045-Szenario dargestellt.

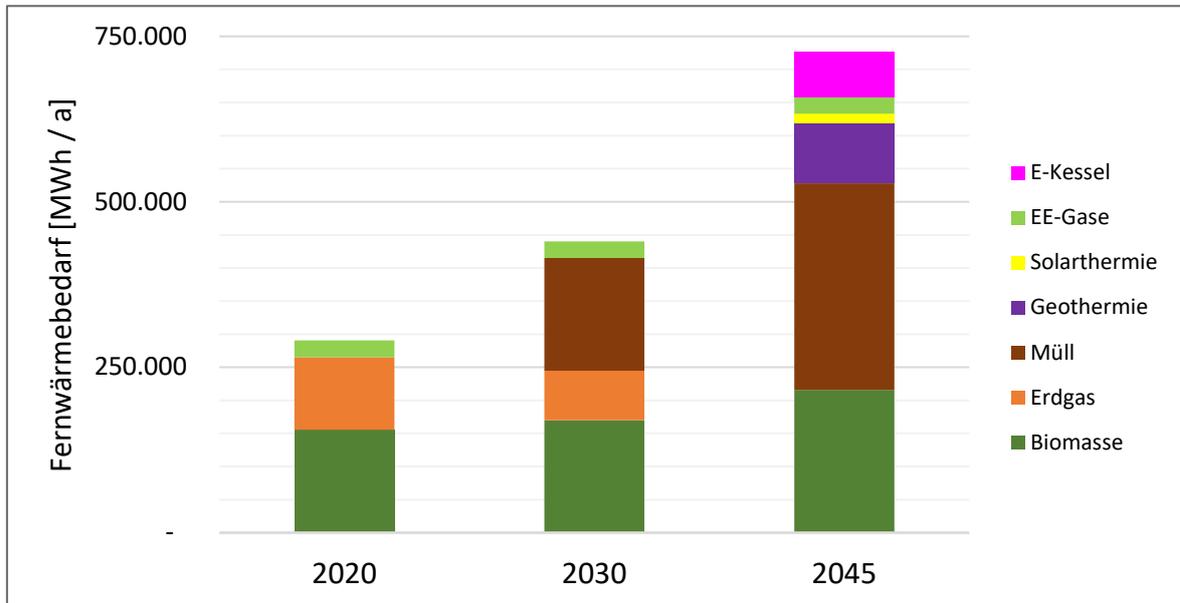


Abbildung 64: Mögliche Fernwärmeentwicklung inklusive saisonaler Großwärmespeicher 2020-2045

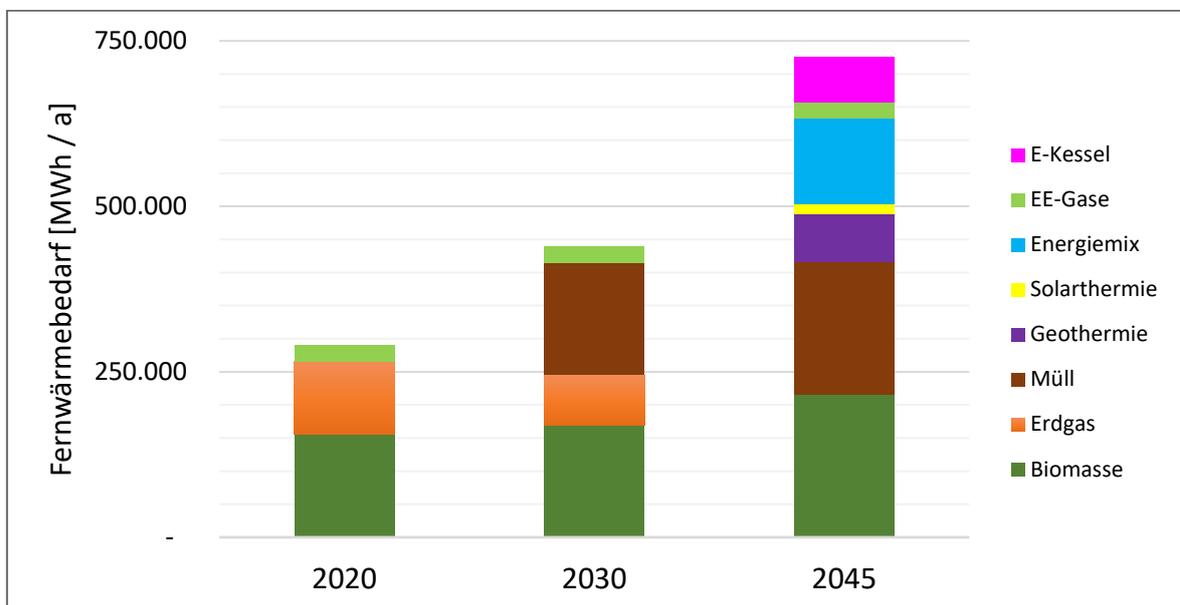


Abbildung 65: Mögliche Fernwärmeentwicklung ohne saisonaler Großwärmespeicher 2020-2045

Ohne saisonalen Wärmespeicher muss eine weitere Wärmequelle zur Mittellastversorgung (z. B. Flusswasser-Wärmepumpe) erschlossen werden, andernfalls ist der Anteil an Wärme aus der Müllverbrennung und Geothermie deutlich größer.

Stand: 04. Dez. 2023

Für das TREND-Szenario ergibt sich das folgende Bild. Hier wurde nicht von einem Großwärmespeicher ausgegangen.

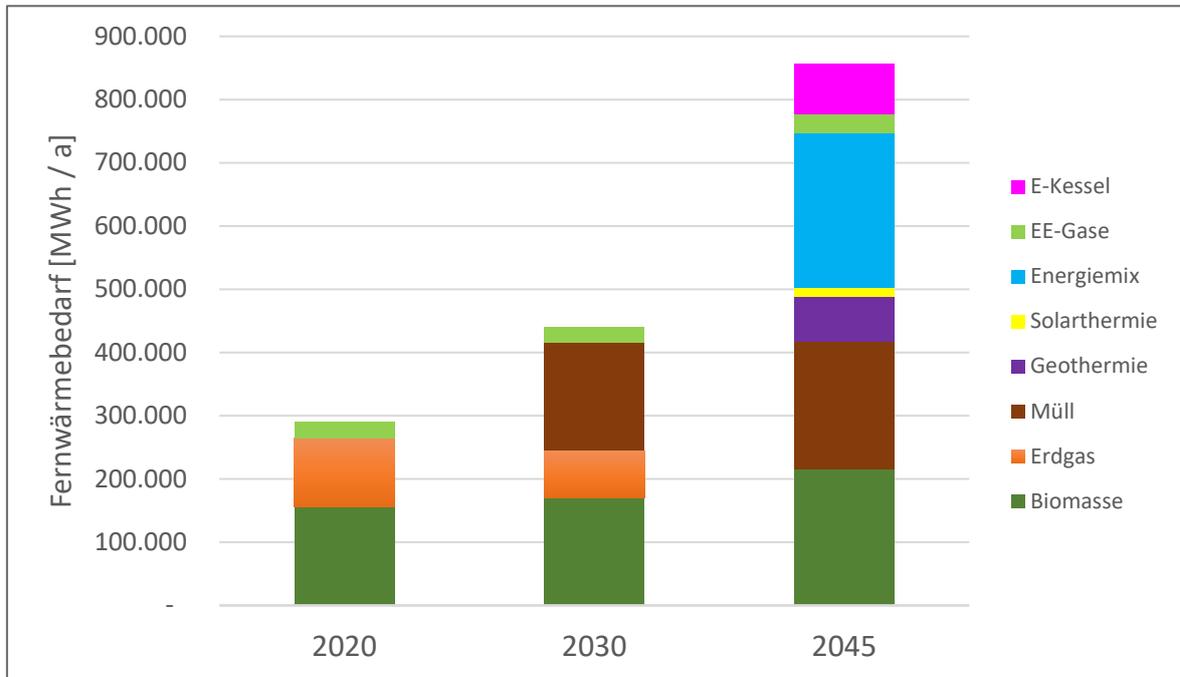


Abbildung 66: Mögliche Fernwärmeentwicklung ohne saisonaler Großwärmespeicher im TREND-Szenario

Stand: 04. Dez. 2023

Der Energieträgermix für den Gebäudesektor im Ziel 2045-Szenario wird in den folgenden Abbildungen aufgezeigt. Die Fernwärme wurde hier in die einzelnen Energieträger aufgeteilt. Auch hier zeigen sich wiederum deutliche Unterschiede zwischen einem Szenario mit saisonalem Wärmespeicher und ohne Wärmespeicher.

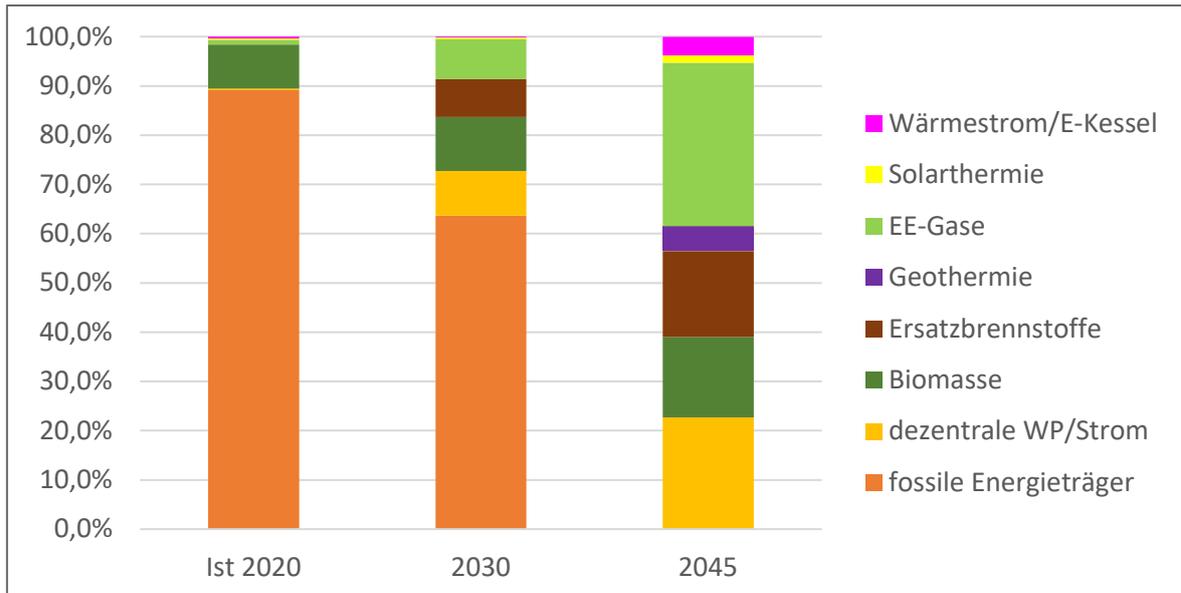


Abbildung 67: Mögliche Entwicklung der Wärmeerzeugung inklusive Großwärmespeicher im Gebäudesektor im ZIEL-Szenario

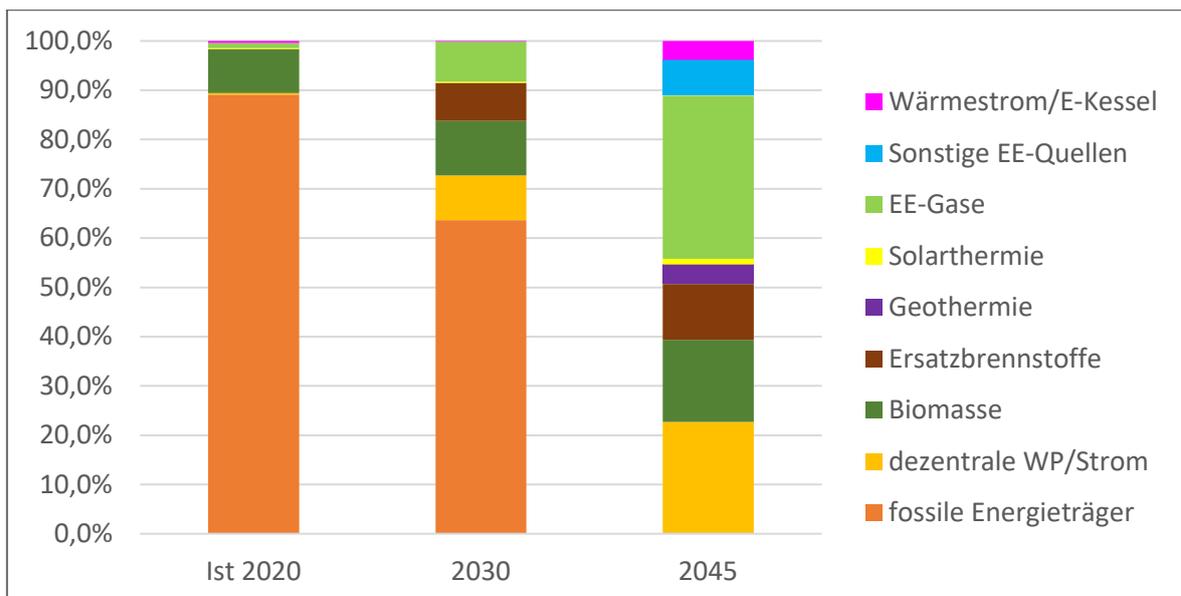


Abbildung 68: Mögliche Entwicklung der Wärmeerzeugung ohne Großwärmespeicher im Gebäudesektor im ZIEL-Szenario

Stand: 04. Dez. 2023

Betrachtet man die Anteile der einzelnen Energieträger an der Gesamtwärmeversorgung des Gebäudesektors stellt sich die Situation im TREND-Szenario wie in Abbildung 69 dar. Die Fernwärme wurde hier in die einzelnen Energieträger aufgeteilt.

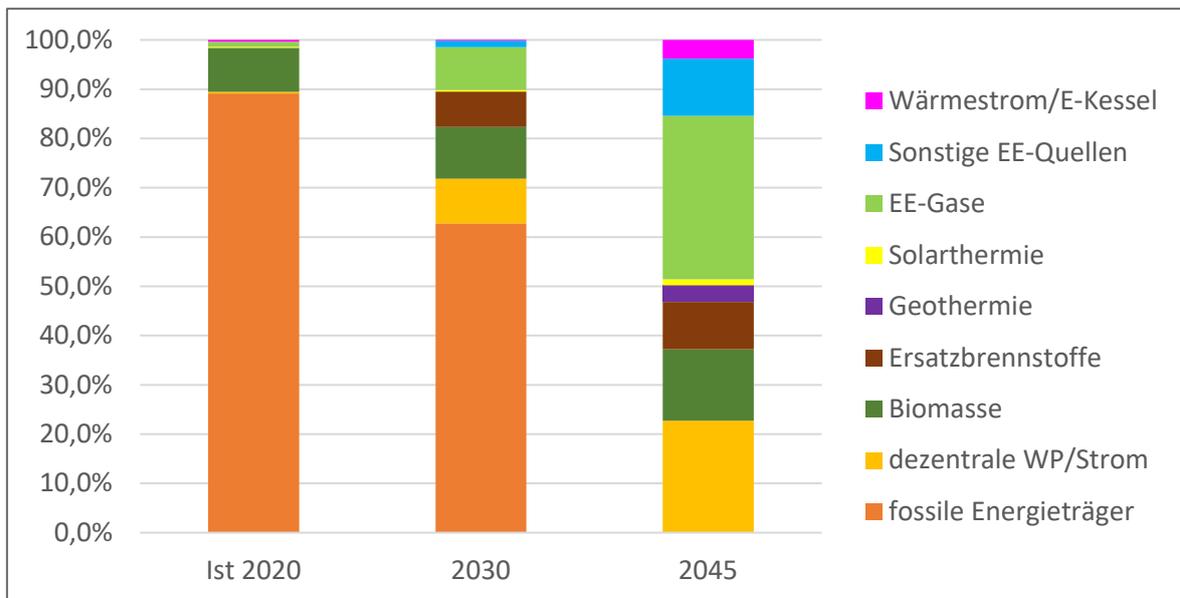


Abbildung 69: Mögliche Entwicklung der Wärmeerzeugung ohne Großwärmespeicher im TREND-Szenario

Das bedeutet für die Fernwärme: Der Anteil des Energieträgermix (bisher ohne konkreten Ansatz, wie sich dieser zusammensetzt, ggf. Anteil Flusswasser-Wärmepumpe) wächst im Vergleich zum ZIEL-Szenario.

Teil E: Strom / Wärme / Mobilität: Sektorübergreifende Szenarien für das Zieljahr 2045

14 Einführung

In Teil C wurden die Potenziale zur Senkung der THG-Emissionen durch Energieeinsparung, effiziente Energieerzeugung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen untersucht. Es ist jedoch unklar, in welchem Umfang diese Potenziale zukünftig tatsächlich umgesetzt werden. Eine Prognose der zukünftigen Entwicklung ist nicht möglich. Deshalb wird mit Hilfe von zwei Szenarien eine Bandbreite möglicher Entwicklungen unter Zugrundelegung verschiedener Annahmen aufgezeigt.

Die Szenarien stellen dar, wie sich die Energieerzeugung und -nutzung und die damit verbundenen THG-Emissionen unter vorher definierten Annahmen in Zukunft entwickeln können.

Im TREND-Szenario wird davon ausgegangen, dass sich – bezogen auf die Aktivitäten in der Landeshauptstadt Wiesbaden – die Trends der letzten Jahre auch in Zukunft ähnlich fortsetzen werden. Es wird dabei berücksichtigt, dass sich neue Techniken durchsetzen und bei Sanierungen und Modernisierungen Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt werden. Darüber hinaus werden allerdings dem Szenario bereits existierende oder sich klar abzeichnenden ordnungs- und förderrechtlichen Regelungen und sonstige Entwicklungen auf Ebene des Bundes und des Landes, wie zum Beispiel die Regelungen des GEG ab 2024 und des Gesetzentwurfs der Bundesregierung zum „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ oder die fortschreitenden Anteile erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung, zugrunde gelegt. Das TREND-Szenario ist daher kein einfaches „weiter so wie bisher“. Insbesondere im Bereich der Wärmewende werden auch im TREND-Szenario weitgehende Veränderungen in der Landeshauptstadt Wiesbaden angenommen (siehe dazu Teil D). Es wird aber keine über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehende Mehranstrengung in Wiesbaden für den Klimaschutz unterstellt.

Dagegen wird im ZIEL 2045-Szenario von verstärkten Klimaschutzbemühungen in der Landeshauptstadt Wiesbaden ausgegangen, die sich positiv auf die Energie- und THG-Bilanz auswirken. Damit sollen die Ziele des Bundesklimaschutzgesetzes bis spätestens 2045 erreicht werden.

In den beiden Szenarien wird von einer unterschiedlich starken Umsetzung der zuvor beschriebenen technisch-wirtschaftlichen Potenziale ausgegangen (siehe hierfür auch Vorbemerkungen zur Potenzialanalyse in Abschnitt 8ff).

Auf Basis der Ergebnisse der Szenarien werden anschließend Ziele und Leitlinien für die Klimaschutzaktivitäten der Landeshauptstadt Wiesbaden definiert. Dabei erfolgt eine Einordnung in den übergeordneten nationalen und landesweiten Rahmen.

Darüber hinaus wurde ein Ziel 2035-Szenario untersucht, in dem aufgezeigt wird, welche Entwicklungen unterstellt werden müssten, damit die Landeshauptstadt Wiesbaden bereits im Jahr 2035 die THG-Neutralität erreicht. Dieses Szenario ist als Anhang beigefügt.

15 Annahmen zu den Szenarien

Die wichtigsten Annahmen zu den Szenarien werden nachfolgend stichpunktartig dargestellt. Die Annahmen stützen sich im Wesentlichen auf bundesweite bzw. landesweite Zielsetzungen und Szenarien und wurden auf die Situation in der Landeshauptstadt Wiesbaden angepasst.

Tabelle 22: Szenarienbetrachtung: Annahmen zur Entwicklung des Energieverbrauchs

Annahmen zur Entwicklung des Energieverbrauchs	
TREND-Szenario	ZIEL 2045-Szenario
<p>Gebäudesektor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bis 2030: Die Sanierungsrate bei Wohngebäuden bleibt bei knapp 1 % p.a. (Trendfortschreibung) • Ab 2030: Die Sanierungsrate bei Wohngebäuden bleibt niedrig, bei unter 1 % p.a. • Sanierungstiefen gemäß Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ 	<p>Gebäudesektor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bis 2030: Die Sanierungsrate bei Wohngebäuden steigt auf 1,5 % bis 2,0 p.a. • Nach 2030: Die Sanierungsrate bei Wohngebäuden steigt weiter auf rund 2,0 bis 2,5 % p.a. • Sanierungstiefen gemäß Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“
<p>Stromeinsparung Haushalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2030: Etwa 1/3 der vorhandenen Stromeinsparpotenziale werden genutzt (Haushalte) • 2045: Etwa 3/4 der vorhandenen Stromeinsparpotenziale werden genutzt (Haushalte) 	<p>Stromeinsparung Haushalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2030: Etwa 2/3 der vorhandenen Stromeinsparpotenziale werden genutzt (Haushalte; entspricht etwa den bundesweiten Zielsetzungen) • 2045: Etwa 9/10 der vorhandenen Stromeinsparpotenziale werden genutzt (Haushalte)
<p>Energieeffizienz Wirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steigerung Energieproduktivität in der Wirtschaft: 1,5 % p.a. (bundesweiter Durchschnitt der letzten Jahre)¹¹ 	<p>Energieeffizienz Wirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steigerung Energieproduktivität in der Wirtschaft: 2,1 % p.a. (Ziel Bundesregierung)
<p>Mobilität: Bis 2045 (sofern nicht explizit 2030 genannt):</p> <ul style="list-style-type: none"> • kaum Reduktion der Fahrleistungen • kaum Fortschritte bzgl. Effizienz (bzw. Effizienzfortschritte werden aufgebraucht durch größere und schwerere Kfz und zusätzliche energieverbrauchende Accessoires) • kaum Verlagerung auf alternative Verkehrsmittel zum Pkw • deutlich gestiegener Anteil an E-Kfz und insgesamt weitere Zunahme an Kfz (Trendfortschreibung der Zulassungs- und Bestandszahlen); Anteil E-Pkw 2030 20 % und 2045 85 % • E-Fuels oder grüner Wasserstoff stehen nur für den Schwerverkehr zur Verfügung 	<p>Mobilität: Bis 2045 (sofern nicht explizit 2030 genannt):</p> <ul style="list-style-type: none"> • verkehrsvermeidende Siedlungsentwicklung, virtuelle Mobilität, Verteuerung von Flugverkehr • Reduzierung der Personenverkehrsleistung um 20 % • Förderung von regionalen Wirtschaftskreisläufen und Verteuerung von Lkw-Transporten • Reduzierung der Lkw-Verkehrsleistung um 5-10 % • Verdopplung der Verkehrsleistung des Umweltverbunds • Halbierung der Verkehrsleistung des Pkw-Verkehrs • Reduzierung der Lkw-Verkehrsleistung um 30 % zugunsten der Schiene • Effizienzsteigerungen um 30 % bei Pkw und um 25 % bei Lkw • ganz erheblich gestiegener Anteil an E-Kfz; Anteil E-Pkw 2030 25 % und 2045 92 % • der geringe, noch verbleibende Kraftstoffanteil wird über E-Fuels oder grünen Wasserstoff gedeckt

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 23: Szenarienbetrachtung: Annahmen zur Transformation der Wärmeversorgung

Annahmen zur Wärmewende	
TREND-Szenario	ZIEL 2045-Szenario
Solarthermie: bis 2030 minimaler Zubau, danach Umsetzung circa 5 % des Potenzials	Solarthermie: an Festbrennstoffheizungen gekoppelt (50 % der Heizungen), ab 2030 rund 15 GWh / a für Fernwärme
Geothermie / Umweltwärme: abhängig von Sanierungs- und Neubauquote	Geothermie / Umweltwärme: vollständige Erschließung der Potenzialgebiete bis 2045
KWK (fossil): kein weiterer Ausbau	KWK (fossil): kein weiterer Ausbau
Biogas (inkl. Deponie- und Klärgas): Kein Zubau	Biogas (inkl. Deponie- und Klärgas): Kein Zubau
Müllverbrennungsanlage: vollständige Umsetzung ab 2030	Müllverbrennungsanlage: vollständige Umsetzung ab 2030
EE-Gase: Annahme stehen im benötigten Umfang zur Verfügung	EE-Gase: Annahme stehen im benötigten Umfang zur Verfügung
Thermalwasser / Oberflächenwasser / Abwasser: kein Zubau	Thermalwasser / Oberflächenwasser / Abwasser: kein Zubau
Fernwärme: vollständige Erschließung der Vorranggebiete bis 2045	Fernwärme: vollständige Erschließung der Vorranggebiete bis 2045
Fossile Energieträger (Erdgas, Heizöl): werden bis 2045 vollständig ersetzt	Fossile Energieträger (Erdgas, Heizöl): werden bis 2045 vollständig ersetzt
Festbrennstoffe: Ausbau in Randgebieten	Festbrennstoffe: Ausbau in Randgebieten

¹¹ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieproduktivitaet#der-begriff-der-energieproduktivitaet-und-endenergieproduktivitaet-seit-1990>

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 24: Szenarienbetrachtung: Annahmen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung

Annahmen zur Stromwende	
TREND-Szenario	ZIEL 2045-Szenario
Photovoltaik (Gebäude): bis 2030 Ausbau gemäß Ausbauzielen EEG 2021, danach Ausbau gemäß Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos 2021)	Photovoltaik (Gebäude): bis 2030 stärkerer Ausbau als Ausbauzielen EEG 2021, danach Ausbau gemäß Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“
Photovoltaik (Freiflächen und Agri): bis 2030 kein Zubau, danach Zubau von rund 5 MW _{peak}	Photovoltaik (Freiflächen und Agri): bis 2030 Zubau von circa 2 MW _{peak} , danach weiterer Zubau von weiteren 20 MW _{peak}
Photovoltaik (verkehrswegeintegriert): bis 2030 kein Zubau, danach rund 2 MW _{peak} bis 2045	Photovoltaik (verkehrswegeintegriert): bis 2030 kein Zubau, danach rund 18 MW _{peak} bis 2045
Biogas (inkl. Deponie- und Klärgas): Kein Zubau	Biogas (inkl. Deponie- und Klärgas): Kein Zubau
feste Biomasse: kein Aus- bzw. Zubau bei der Stromerzeugung	feste Biomasse: kein Aus- bzw. Zubau bei der Stromerzeugung
Windenergie: kein Zubau bis 2030, danach vollständige Umsetzung (10 Windkraftanlagen) bis 2035	Windenergie: bis 2030 vollständige Umsetzung (10 Windkraftanlagen)
KWK (fossil): kein weiterer Ausbau	KWK (fossil): kein weiterer Ausbau
Wasserkraft: kein Zubau	Wasserkraft: kein Zubau
Tiefe Geothermie: kein Zubau bis 2030, vollständige Umsetzung bis 2035	Tiefe Geothermie: kein Zubau bis 2030, vollständige Umsetzung bis 2035
Müllverbrennungsanlage: vollständige Umsetzung bis 2030	Müllverbrennungsanlage: vollständige Umsetzung bis 2030

16 Entwicklung des Energieverbrauchs und des Energieträgermixes

Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2045 und dessen zukünftige Deckung durch die unterschiedlichen Energieträger (Energieträgermix) für die das TREND- und das Ziel 2045-Szenario dargestellt.

16.1. Wärme

In Teil D wurde ausführlich auf den Status Quo und die Szenarien zur Wärmewende eingegangen. Hier noch einmal kurz die wesentlichen Ergebnisse:

- Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser reduziert sich im TREND-Szenario unter den o. g. Annahmen von circa 2.511 GWh / a in 2020 bis zum Jahr 2030 um rund 6 % auf 2.363 GWh / a und bis 2045 um circa 16 % auf 2.107 GWh / a.
- Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser reduziert sich unter den o. g. Annahmen im ZIEL 2045-Szenario von circa 2.511 GWh / a in 2020 bis zum Jahr 2030 um rund 12 % auf 2.201 GWh / a und bis 2045 um circa 30 % auf 1.785 GWh / a.
- Der Gesamt-Wärmebedarf in GWh für Raumwärme und Prozesswärme entwickelt sich wie folgt:

	2020	2030	2045
TREND-Szenario	4.297	4.077	3.717
Ziel-2045-Szenario	4.297	3.816	3.174

16.2. Mobilität

Nachfolgend wird die Entwicklung des Energieverbrauchs und Energieträgermixes im Mobilitätsbereich dargestellt.

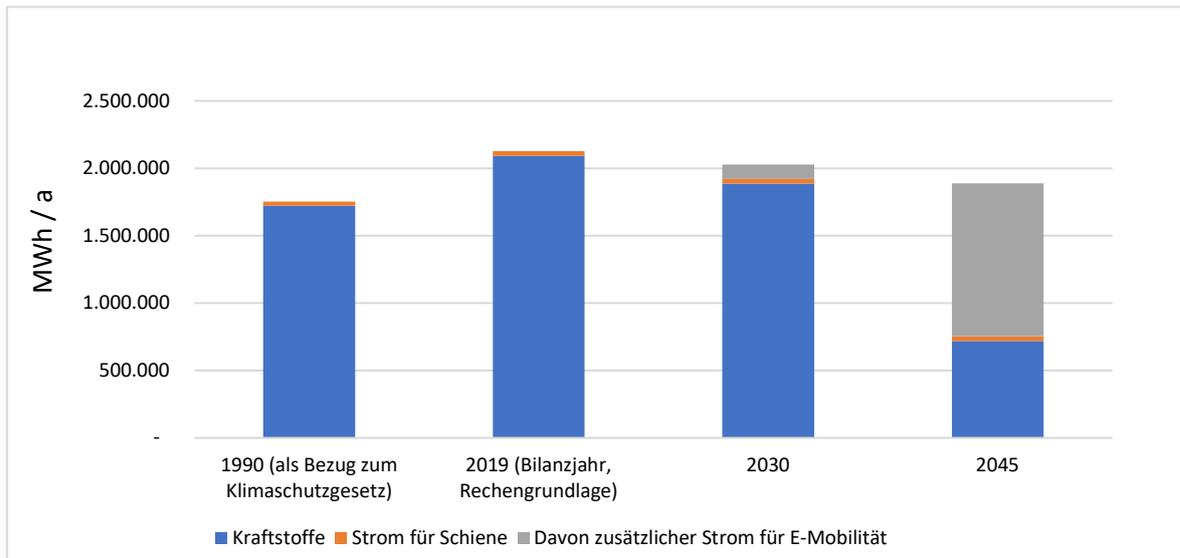


Abbildung 70: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs im Mobilitätssektor im TREND-Szenario 1990-2045

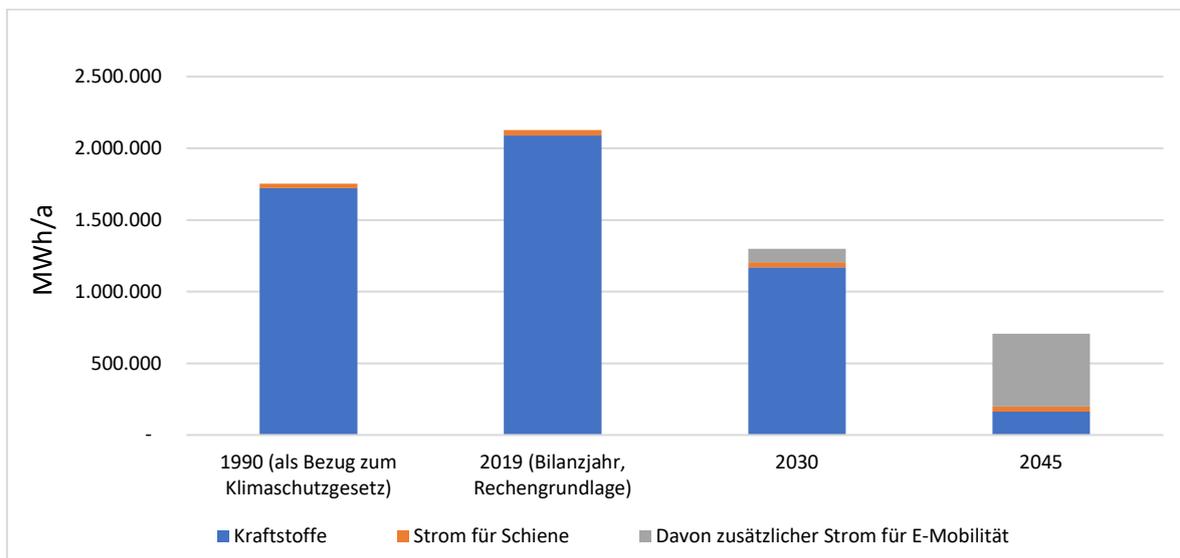


Abbildung 71: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs im Mobilitätssektor im ZIEL 2045-Szenario 1990-2045

16.3. Strom

Die Entwicklung des Stromverbrauchs hängt von den Umsetzungen der Potenziale ab, dabei geht es vor allen Dingen um:

- den sparsamen Einsatz von Strom durch Verhaltensänderungen der Verbraucher und
- den effizienteren Einsatz von Strom durch sparsame Geräte

Gegenüber den Einsparungen stehen Zuwächse durch folgende Entwicklungen entgegen:

- Bevölkerungsentwicklung,
- Wachsende Ausstattungsrate an elektronischen Geräten,
- Wachsende (Wohnraum) Klimatisierung und
- Sektorenkopplung
 - Strom für Wärmeanwendungen (insbesondere Wärmepumpen)
 - Strom für die Elektromobilität.

In den nachfolgenden Abbildungen werden die Entwicklungen durch die Einsparungen und den Zuwachs durch die Bevölkerungsentwicklung dargestellt. Der Zuwachs durch Ausstattungsrate, Klimatisierung etc. wird nicht betrachtet. Die Sektorenkopplung wird in den jeweiligen Anwendungsbereichen dargestellt und in der Zusammenfassung zusammengeführt.

Stand: 04. Dez. 2023

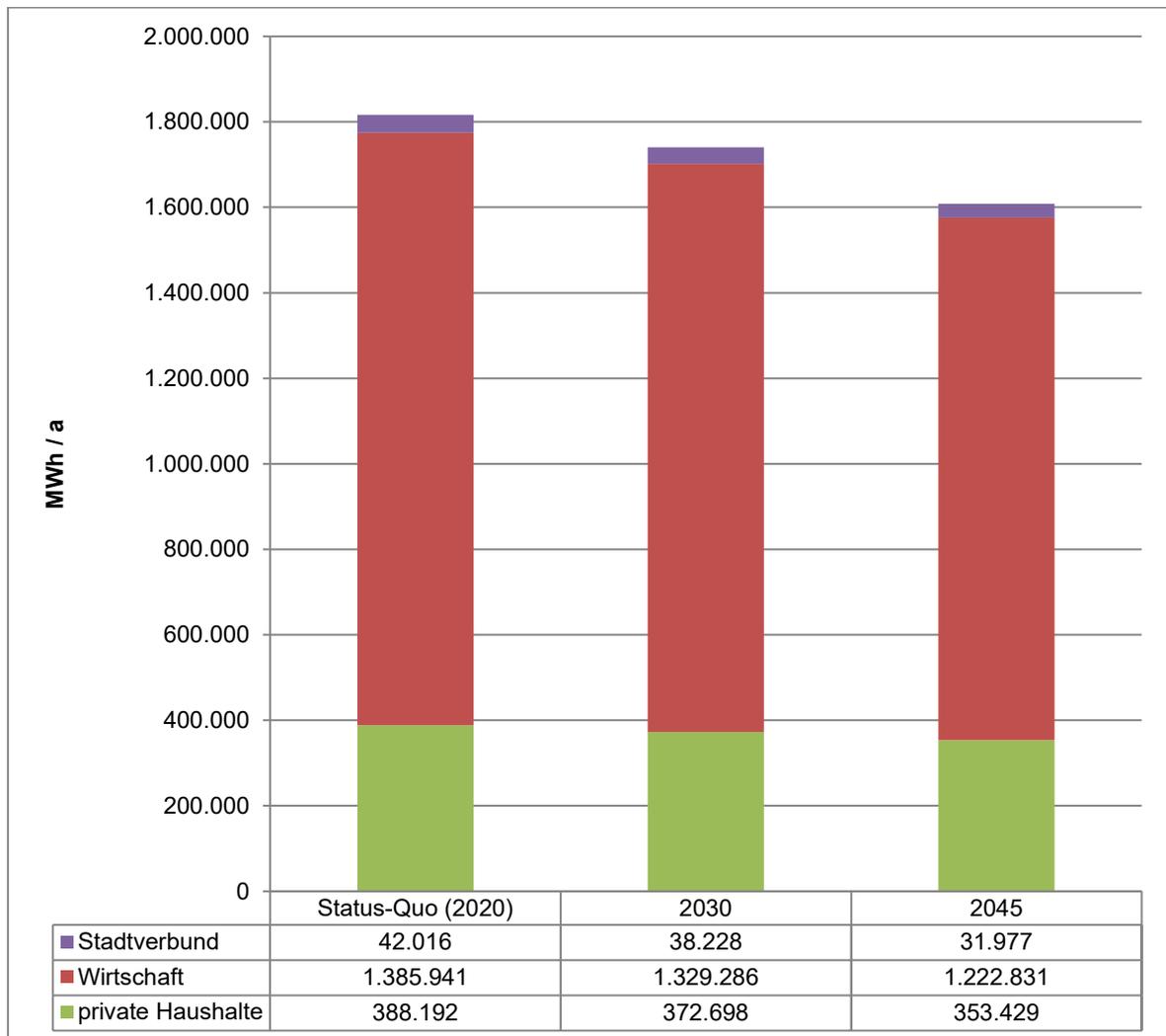


Abbildung 72: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs ohne Sektorenkopplung im TREND-Szenario

Der Stromverbrauch im TREND-Szenario sinkt im Zwischenschritt 2030 um rund 5 %, während im Zieljahr die Reduktion rund 14 % beträgt.

Stand: 04. Dez. 2023

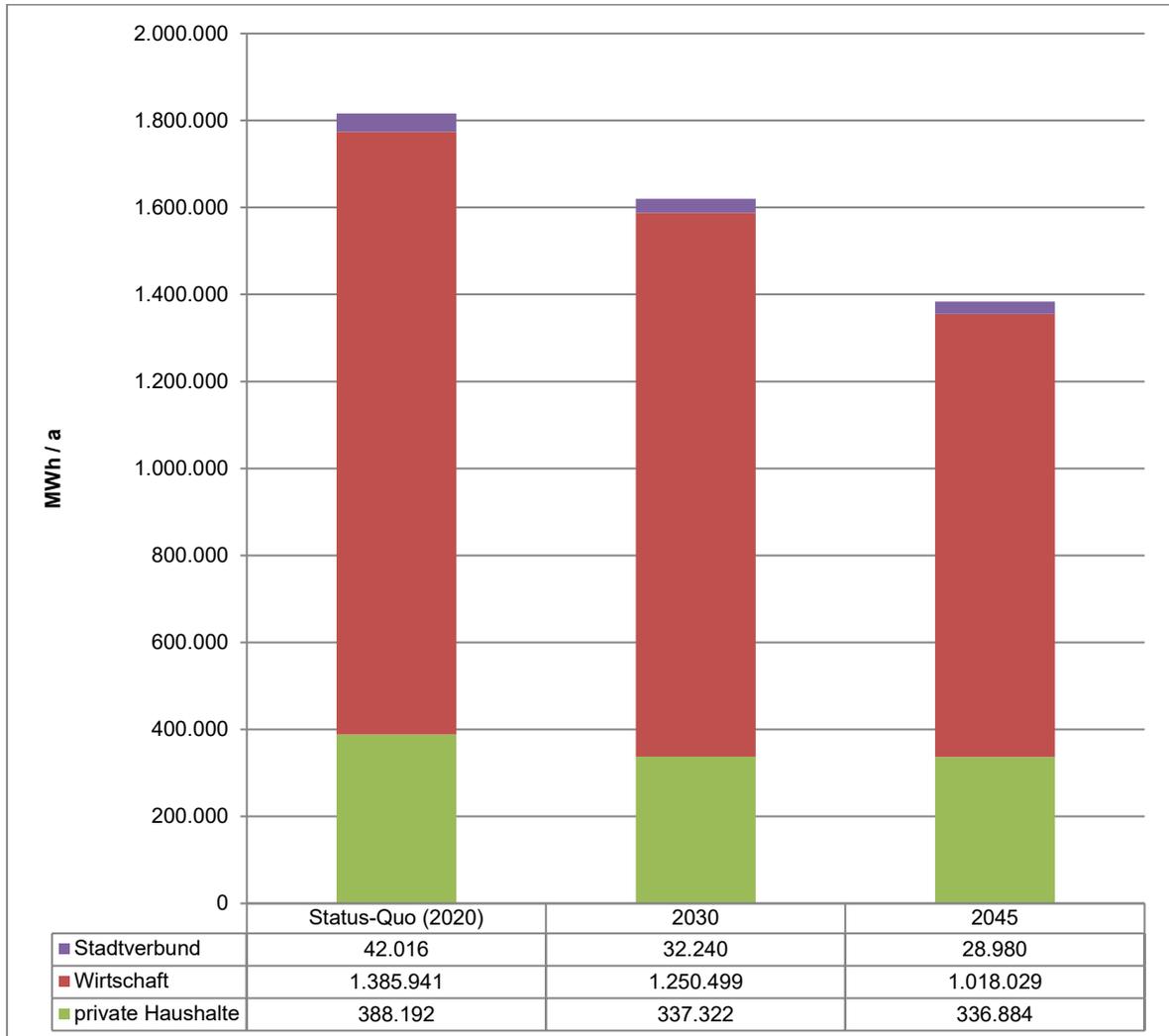


Abbildung 73: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs ohne Sektorenkopplung im ZIEL 2045--Szenario

Der Stromverbrauch im ZIEL 2045-Szenario sinkt im Zwischenschritt 2030 um rund 12 %, während im Zieljahr 2045 die Reduktion rund 24 % beträgt.

16.4. Zusammenfassung: Entwicklung Endenergieverbrauch und Energieträgermix in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Aus den vorangegangenen Unterkapiteln ergibt sich die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den beiden Szenarien und damit auch der Energieträgermix.

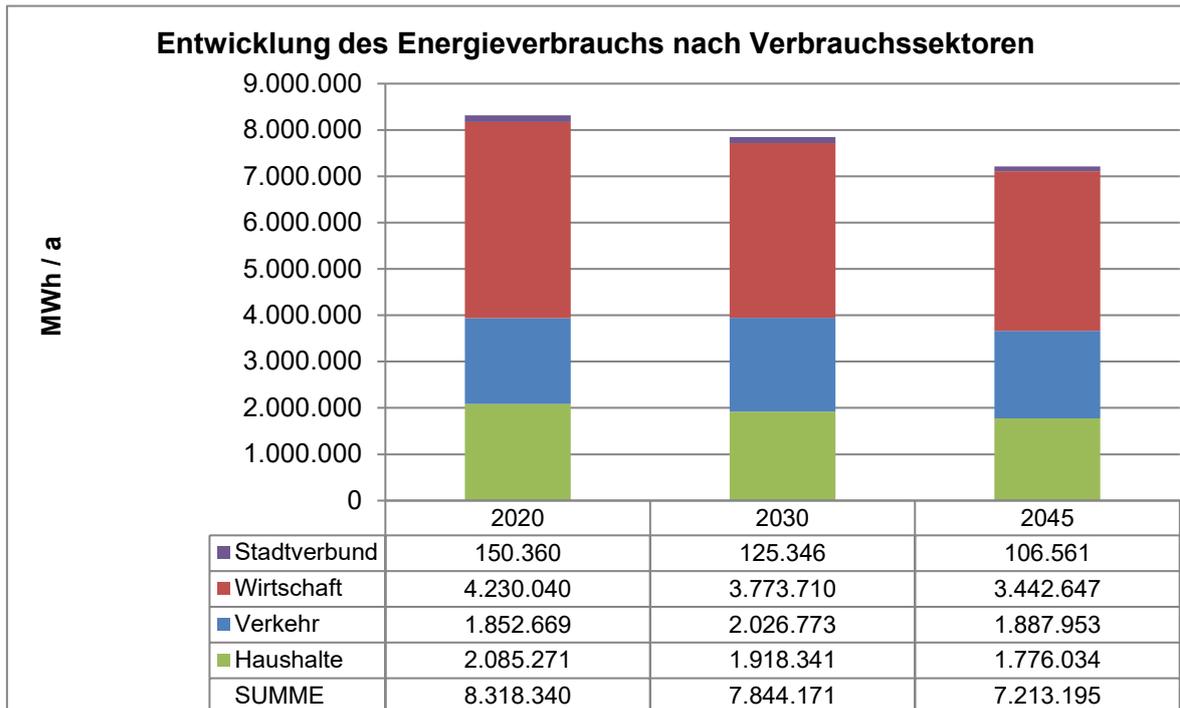


Abbildung 74: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs nach Sektoren im TREND-Szenario

Es zeigt sich, dass der Energieverbrauch im TREND-Szenario bis zum Zwischenschritt 2030 lediglich um 5 % gegenüber dem Basisjahr 2020 reduziert werden kann. Bis auf den Verkehrssektor wird in allen Bereichen eine leichte Reduktion des Energieverbrauchs erwartet. Dadurch ist die Reduktion in Summe deutlich geringer. Bezogen auf das Zieljahr 2045 zeigt sich, dass der Energieverbrauch im TREND-Szenario bis zum Jahr 2045 lediglich um 13 % gegenüber dem Basisjahr 2020 reduziert werden kann. Das liegt auch daran, dass der Energieverbrauch im Verkehrssektor leicht über dem Wert von 2020 liegt. Im Vergleich der Verbrauchssektoren leistet der Stadtverbund (29 %) (relativ auf den jeweiligen Ausgangswert bezogen), die Haushalte (15 %), dem Wirtschaftssektor (19 %) und der Verkehrssektor (-2 %).

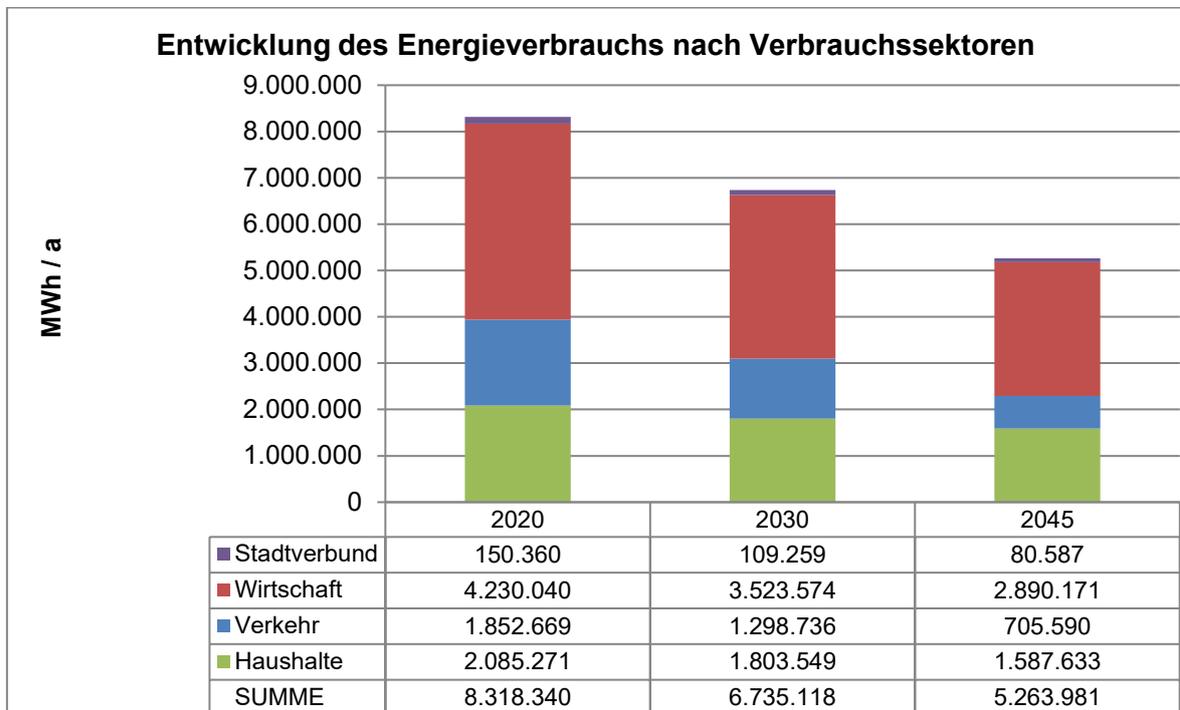


Abbildung 75: Mögliche Entwicklung des Energieverbrauchs nach Sektoren im ZIEL 2045-Szenario

Es zeigt sich, dass der Energieverbrauch im ZIEL 2045-Szenario bis zum Zwischenschritt 2030 um 19 % gegenüber dem Basisjahr 2020 reduziert werden kann. Es gibt in allen Bereichen eine leichte Reduktion des Energieverbrauchs.

Deutlich stärker wird der Energieverbrauch im ZIEL 2045-Szenario im Zieljahr 2045 mit 36 % reduziert. Im Vergleich der Verbrauchssektoren leistet der Stadtverbund 46 % (relativ auf den jeweiligen Ausgangswert bezogen), die Haushalte 24 %, der Wirtschaftssektor 32 % und der größten Anteil im Verkehrssektor 62 %.

Bezogen auf den Anwendungszweck steigt der Endenergieverbrauch im Mobilitätsbereich im TREND-Szenario von 2020 bis zum Zwischenschritt 2030 um rund 9 %. Das liegt insbesondere in dem Sondereffekt begründet, dass infolge der pandemiebedingten Einschränkungen im Basisjahr der Energieverbrauch für Mobilität im Jahr 2020 besonders stark zurückging.

Der Wärmeverbrauch wird mit 13 % am stärksten reduziert. Beim Stromverbrauch (ohne Heizstrom, Elektromobilität) beträgt der Rückgang 3 %. Dies spiegelt die zuvor dargestellten verschiedenen großen Einsparpotenziale wider und beinhaltet beim Stromverbrauch nicht den zusätzlichen Verbrauch, der durch die Sektorenkopplung

Stand: 04. Dez. 2023

(Mobilität, Wärme) entsteht. Würde man diese zusätzlichen Verbräuche einberechnen, wüchse der Stromverbrauch um etwa 7 %.

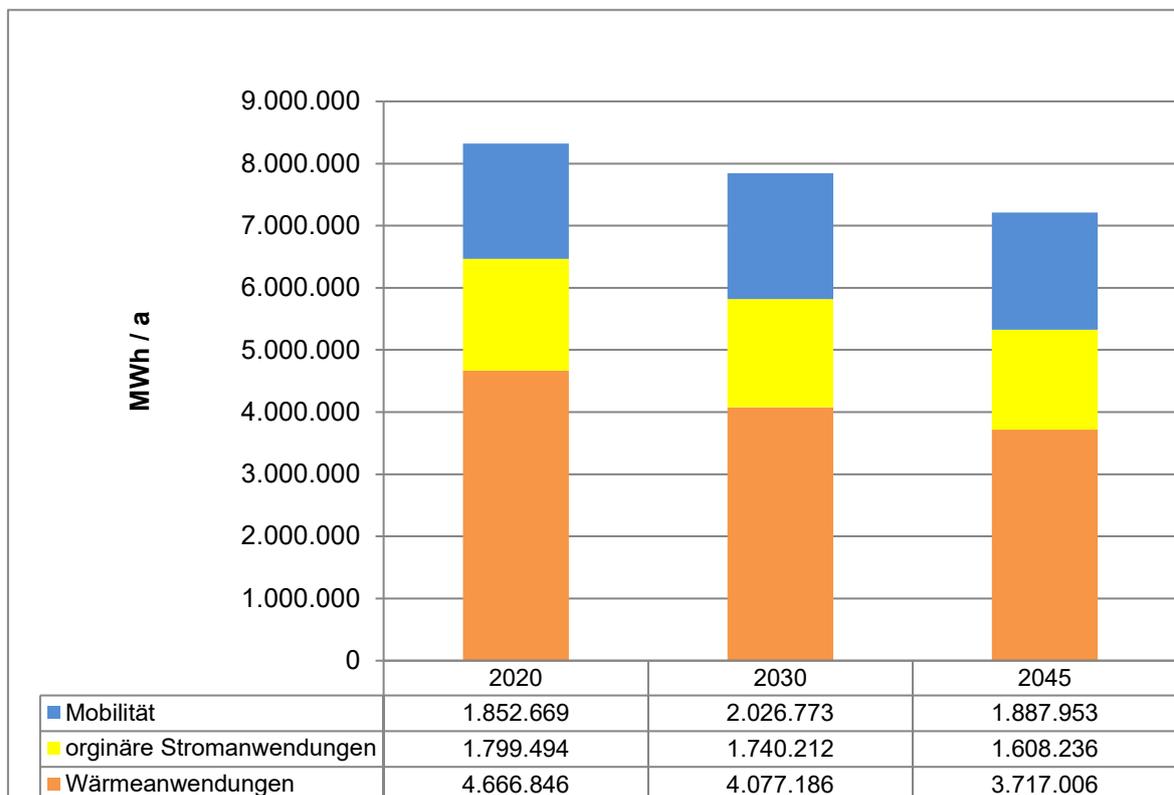


Abbildung 76: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszweck im TREND-Szenario

Im Zieljahr 2045 ist der Endenergieverbrauch im Mobilitätsbereich im TREND-Szenario gegenüber 2020 immer noch 2 % höher. Der Wärme- und Stromverbrauch wird mit 20 % bzw. 11 % reduziert. Der Stromverbrauch beinhaltet nicht den zusätzlichen Verbrauch, der durch die Sektorenkopplung (Mobilität, Wärme) entsteht. Würde man diese zusätzlichen Verbräuche einberechnen, wüchse der Stromverbrauch um etwa 59 %.

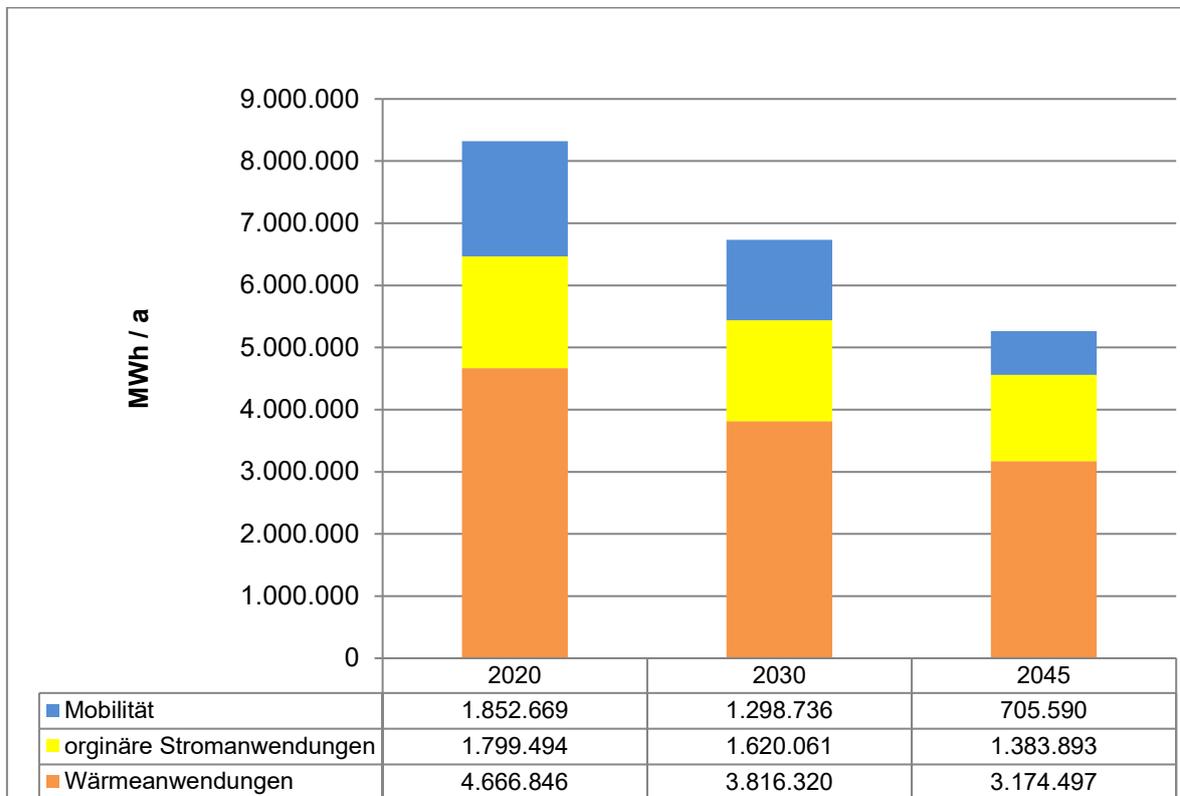


Abbildung 77: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszweck im ZIEL 2045-Szenario

Bezogen auf den Anwendungszweck wird der Endenergieverbrauch im Mobilitätsbereich im ZIEL 2045-Szenario bis zum Zwischenschritt 2030 mit 30 % am stärksten reduziert. Der Wärme- und Stromverbrauch werden um 18 % bzw. 10 % reduziert. Dies spiegelt die zuvor dargestellten verschieden großen Einsparpotenziale wider und beinhaltet beim Stromverbrauch nicht den zusätzlichen Verbrauch, der durch die Sektorenkopplung (Mobilität, Wärme) entsteht. Würde man diese zusätzlichen Verbräuche einberechnen, würde sich der Stromverbrauch um etwa 1 % reduzieren.

Im Zieljahr 2045 wird der Endenergieverbrauch im Mobilitätsbereich im ZIEL 2045-Szenario bis zum Zieljahr 2045 mit 62 % am stärksten reduziert. Der Wärme- und Stromverbrauch werden um rund 32 % bzw. 23 % reduziert. Der Stromverbrauch beinhaltet nicht den zusätzlichen Verbrauch, der durch die Sektorenkopplung (Mobilität, Wärme) entsteht. Würde man diese zusätzlichen Verbräuche einberechnen, würde sich der Stromverbrauch um etwa 11 % erhöhen.

Stand: 04. Dez. 2023

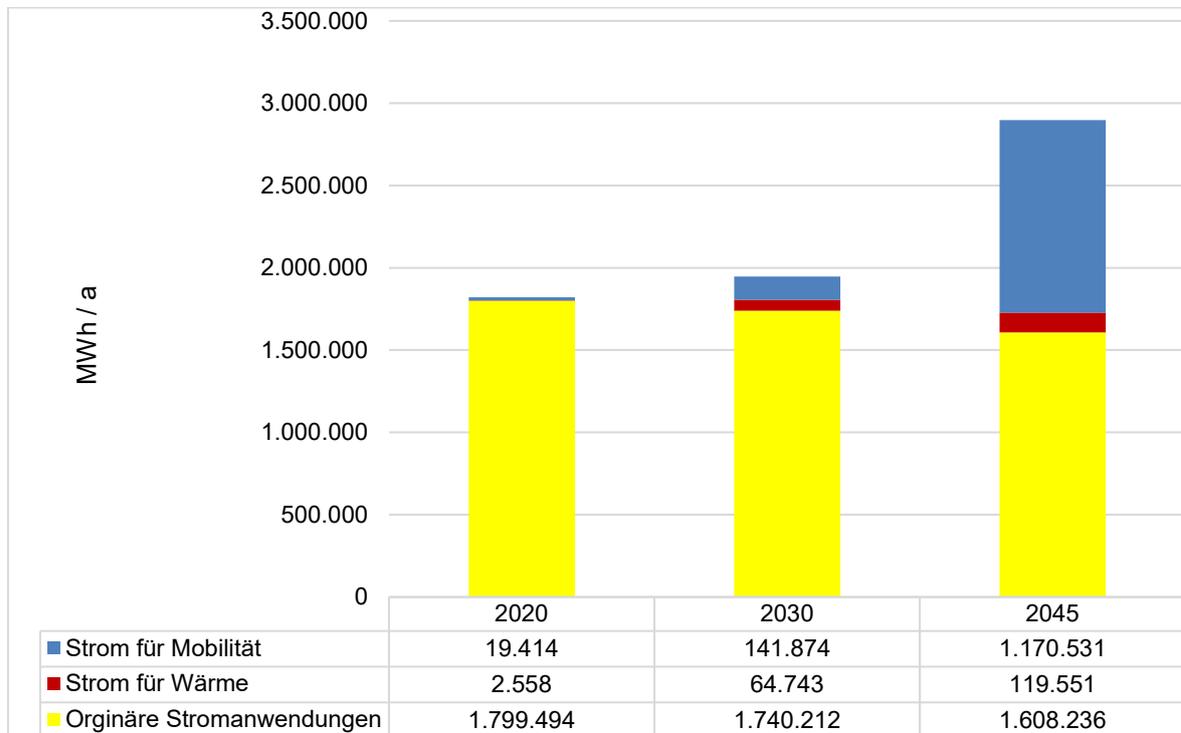


Abbildung 78: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs nach Anwendungszweck im TREND-Szenario

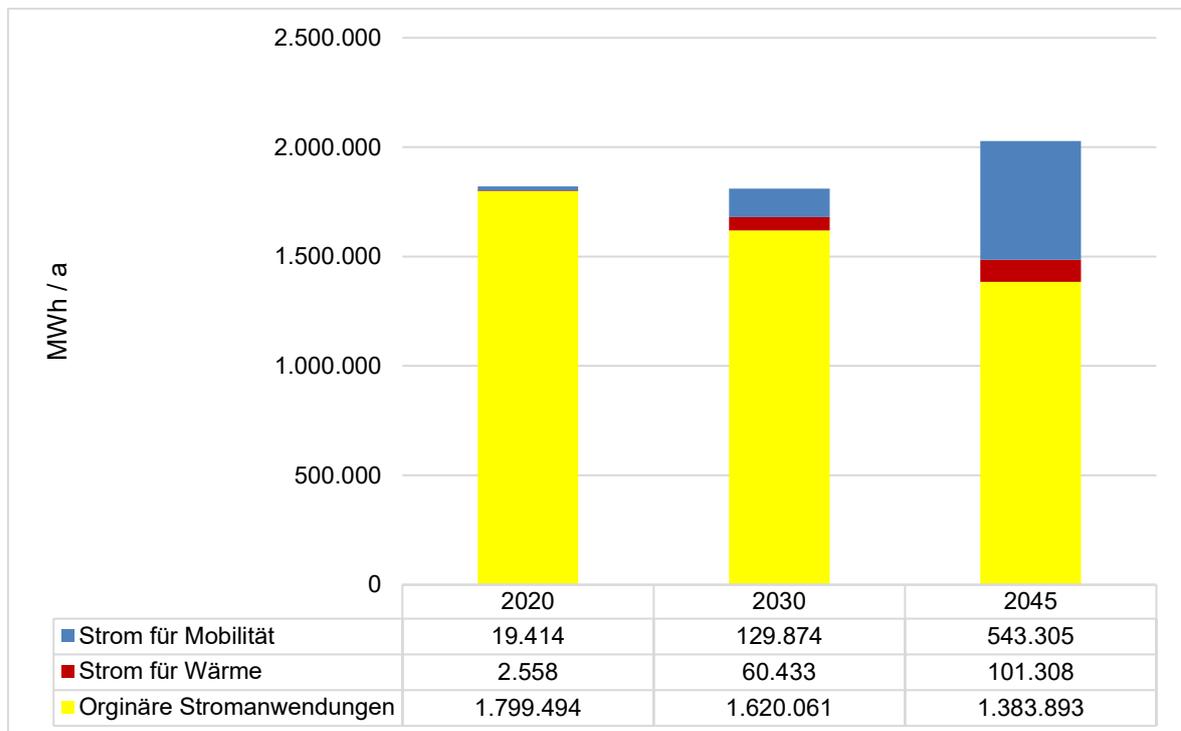


Abbildung 79: Mögliche Entwicklung des Stromverbrauchs nach Anwendungszweck im ZIEL 2045-Szenario

Stand: 04. Dez. 2023

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im TREND-Szenario ist in der folgenden Abbildung 81 dargestellt. Im TREND-Szenario bis zum Zwischenschritt 2030 bleibt Erdgas der größte Energieträger. Allerdings nimmt die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Gegensatz zu den anderen Energieträgern leicht zu, der Anteil erhöht sich dadurch um einige Prozentpunkte. Der Kraftstoffverbrauch steigt leicht (Coronadelle, siehe oben). Der Stromverbrauch steigt deutlich an, dies liegt zu einem großen Teil am Ausbau der Elektromobilität aber auch am wachsenden Anteil der elektrisch betriebenen Wärmepumpen.

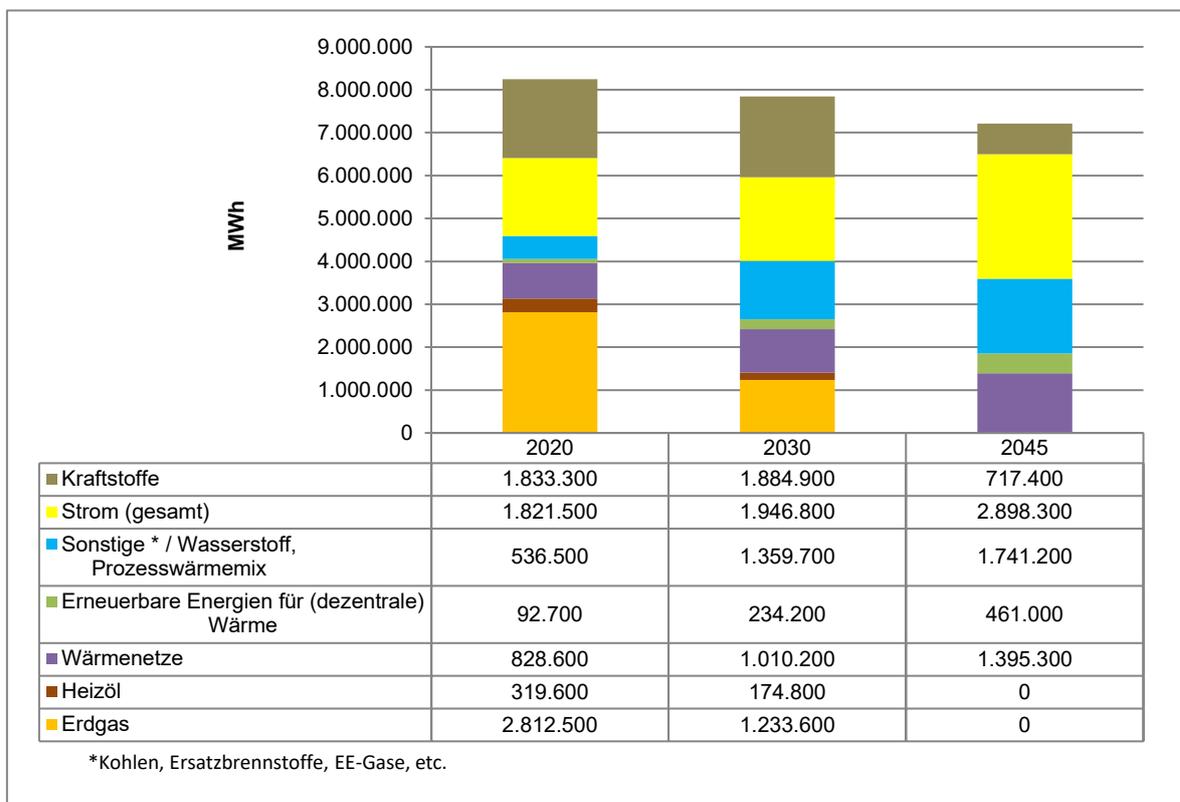


Abbildung 80: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im TREND-Szenario

Der Energieträger „sonstiges“ beinhaltet neben fossilen Energieträgern wie Steinkohle, auch erneuerbare Gase.

Im TREND-Szenario bis zum Zieljahr 2045 werden Heizöl und Erdgas vollständig ersetzt. Die Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien nimmt leicht zu. Der Kraftstoffverbrauch sinkt sehr stark. Der Stromverbrauch steigt extrem an, dies liegt zu einem großen Teil am Ausbau der Elektromobilität und auch am wachsenden Anteil der elektrisch betriebenen Wärmepumpen.

Stand: 04. Dez. 2023

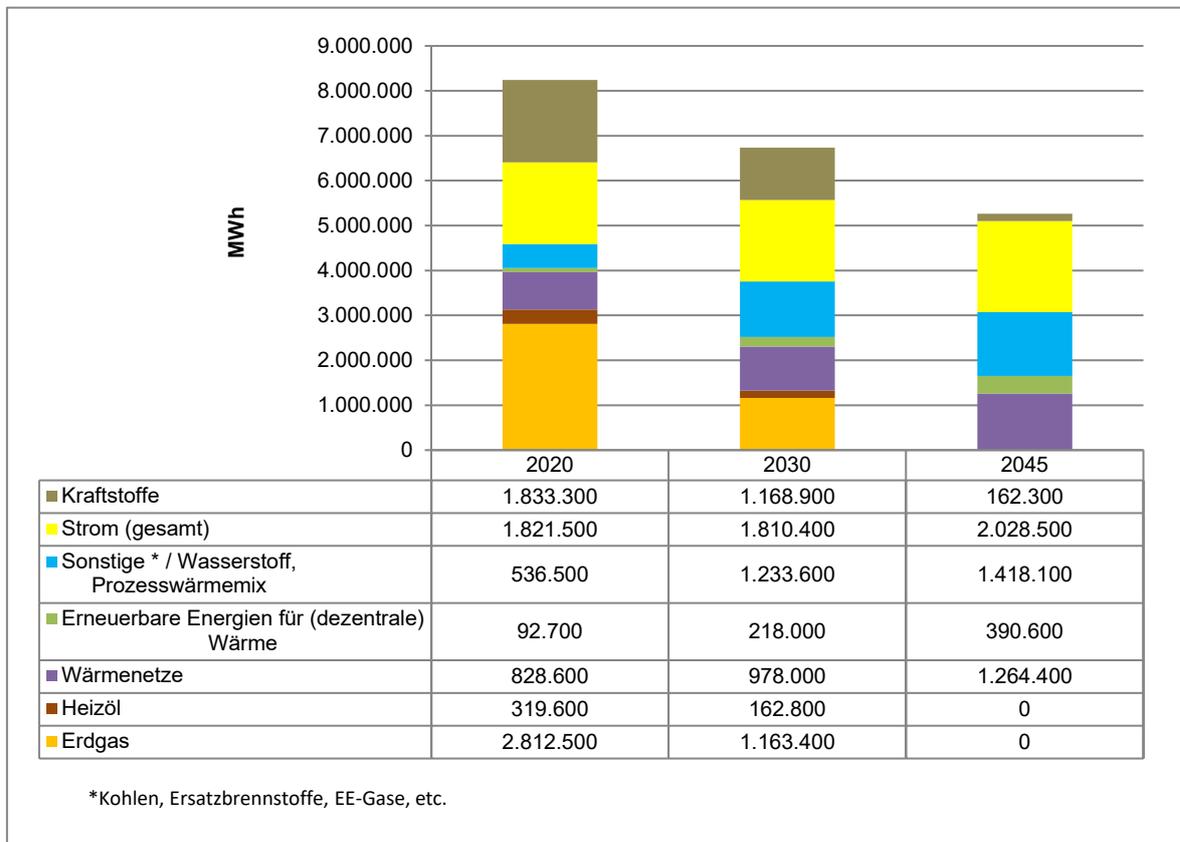


Abbildung 81: Mögliche Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im ZIEL 2045-Szenario

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern ist in der vorstehenden Abbildung 81 dargestellt. Im ZIEL 2045-Szenario bis zum Zwischenschritt 2030 ist eine stärkere Gewichtung der erneuerbaren Energien am Gesamtverbrauch erkennbar. Der Rückgang gegenüber dem Startjahr 2020 liegt in der fortschreitenden Sanierung. Gleichzeitig gehen der Heizöl- und der Erdgasverbrauch stärker zurück als im TREND-Szenario. Ein Teil des fossilen Erdgases und der fossilen Energieträger für die Prozesswärme wird durch EE-Gase (z.B.: grüner Wasserstoff) ersetzt. Im ZIEL 2045-Szenario erfolgt ein Ausbau der Wärmenetze. Durch den zusätzlichen Bedarf durch die Sektorenkopplung wächst der Stromverbrauch, anders als in der Potenzialanalyse dargestellt. Würde man diesen Effekt außer Acht lassen, dann wäre eine Reduktion des Stromverbrauchs um etwa 10 % (auf circa 1.620 GWh) möglich, trotz dem Zusatzverbrauch sinkt der Stromverbrauch jedoch um circa 1 %.

Im ZIEL 2045-Szenario ist bis zum Zieljahr 2045 ist eine stärkere Gewichtung der erneuerbaren Energien am Gesamtverbrauch erkennbar. Der Rückgang gegenüber dem Startjahr 2020 liegt in der fortschreitenden Sanierung. Ebenso wie im TREND-Szenario sind fossiles Erdgas und Heizöl vollständig ersetzt worden. Ein Großteil des fossilen Erdgases und anderer fossilen Energieträger für die Prozesswärme werden durch EE-Gase (z.B.: grüner Wasserstoff) ersetzt. Es erfolgt ein Ausbau der Wärmenetze für Niedertemperatur-Prozesswärme, sowie für Raumwärme und Warmwasser. Durch den zusätzlichen Bedarf durch die Sektorenkopplung wächst der Stromverbrauch, anders als in der Potenzialanalyse dargestellt. Würde man diesen Effekt außer Acht lassen, dann wäre eine Reduktion des Stromverbrauchs um etwa 23 % (auf circa 1.383 GWh) möglich, durch den Zusatzverbrauch steigt der Stromverbrauch jedoch um circa 11 %.

17 Entwicklung des Beitrags erneuerbarer Energien und effizienter Erzeugungstechnologien zur Stromerzeugung (territoriale Betrachtung)

Die Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungstechnologien (basierend auf den ermittelten Potenzialen, siehe Kapitel 9.2) wird nachfolgend für die beiden Szenarien dargestellt (siehe Tabelle 24).

In beiden Szenarien wird eine Steigerung der Photovoltaik unterstellt, auch der Bau der Müllverbrennungsanlage wird bereits bis 2030 realisiert. Im ZIEL 2045-Szenario werden die Windkraftanlagen bereits zum Zwischenschritt 2030 realisiert.

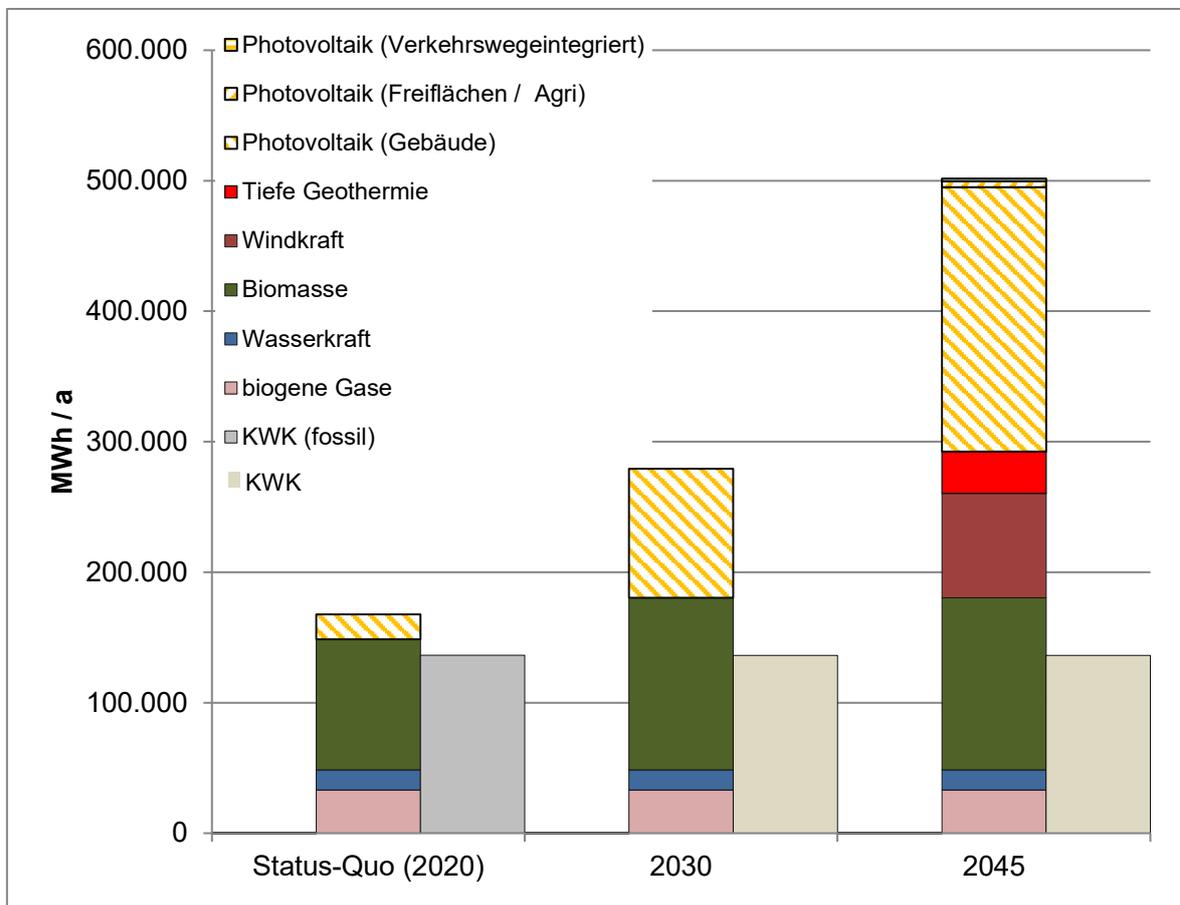


Abbildung 82: Mögliche Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungsanlagen in der Landeshauptstadt Wiesbaden im TREND-Szenario

Der bilanzielle Deckungsgrad (bezogen auf den gesamten Stromverbrauch) kann von aktuell rund 9 % (16 % inkl. KWK) im TREND-Szenario im Zwischenschritt 2030 auf rund 14 % (21 % inkl. KWK), gesteigert werden. Trotz des weiteren Ausbaus der Erneuerbaren Energien bis zum Zieljahr 2045 reduziert sich durch den Strommehrver-

Stand: 04. Dez. 2023

brauch der Sektorenkopplung (hier: Strom für Wärme und Strom für Mobilität) der bilanzielle Deckungsgrad auf rund 16 % (22 % inkl. KWK).

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung wird davon ausgegangen, dass sie zunehmend „dekarbonisiert“ wird und bis 2045 vollständig mit erneuerbaren Energieträgern betrieben wird.

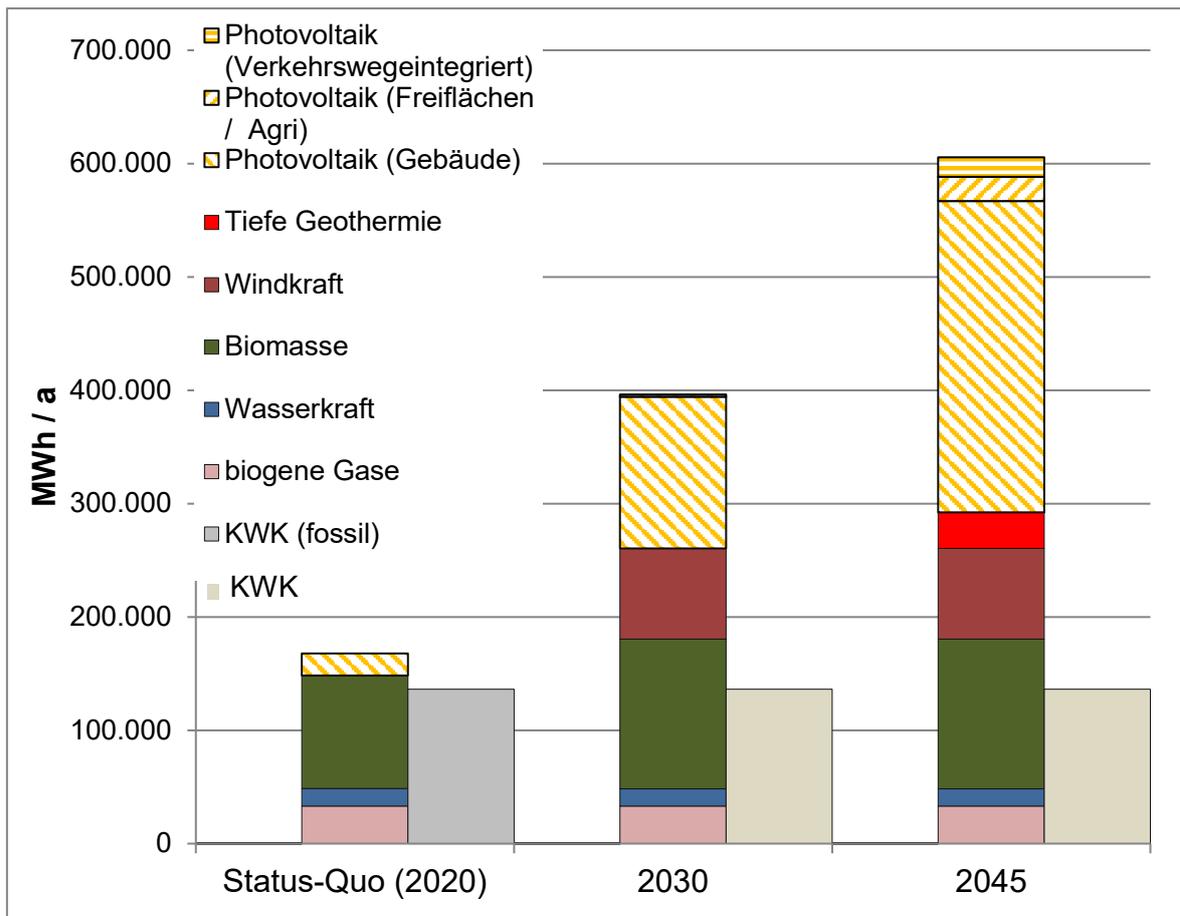


Abbildung 83: Mögliche Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungsanlagen in der Landeshauptstadt Wiesbaden im ZIEL 2045-Szenario

Der bilanzielle Deckungsgrad (bezogen auf den gesamten Stromverbrauch) kann von aktuell rund 9 % (16 % inkl. KWK) im ZIEL 2045-Szenario im Zwischenschritt 2030 auf rund 22 % (29 % inkl. KWK), gesteigert werden. Durch den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien im Zieljahr 2045 wächst der bilanzielle Deckungsgrad auf rund 28 % (37 % inkl. KWK) an. Durch den stärkeren Ausbau der Erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungsanlagen in Kombination mit den höheren Einsparungen weist das ZIEL 2045-Szenario trotz der Sektorenkopplung eine höhere bilanzielle Deckung auf.

Dabei wird deutlich, dass die Landeshauptstadt Wiesbaden auch im ZIEL 2045-Szenario keine 100 %-ige bilanzielle Deckung aus erneuerbaren Energien und effizienten Erzeugungsanlagen erreichen kann. Grund dafür sind neben dem hohen Energieverbrauch durch die Wirtschaft, auch die angestrebte Sektorenkopplung. Ein noch stärkerer Zubau von erneuerbaren Energien würde diese Entwicklung nur bedingt auffangen können.

18 Entwicklung der THG-Emissionen

Aus der zuvor dargestellten Entwicklung des Energieverbrauchs und der Energiebereitstellung in den Szenarien können die THG-Emissionen berechnet werden. Anhand eines Stufenmodells werden die Emissionen nachfolgend den verschiedenen Energieanwendungen Wärme, Strom und Mobilität zugeordnet. Das hier angewendete Bilanzierungsverfahren erfolgt nach den Empfehlungen des Klimabündnisses (Morcillo, 2011), in dem für den Stromverbrauch der bundesweite Strommix angesetzt wird (siehe auch Erläuterung bei der THG-Bilanz, Abschnitt 6.1)¹².

Die Stufendiagramme in Abbildung 85 und Abbildung 86 veranschaulichen, dass die Entwicklung der absoluten THG-Emissionen in der Landeshauptstadt Wiesbaden in den Szenarien sehr unterschiedlich ist. Zu beachten ist, dass bei der Projektion der THG-Emissionen in beiden Szenarien auch ein Bevölkerungszuwachs unterstellt ist.

¹² Im Anhang 2 zu diesem Bericht wird ergänzend aufgezeigt, welchen Beitrag die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie effiziente Erzeugungstechnologien in der Landeshauptstadt Wiesbaden (territoriale Betrachtung) leistet.

Stand: 04. Dez. 2023

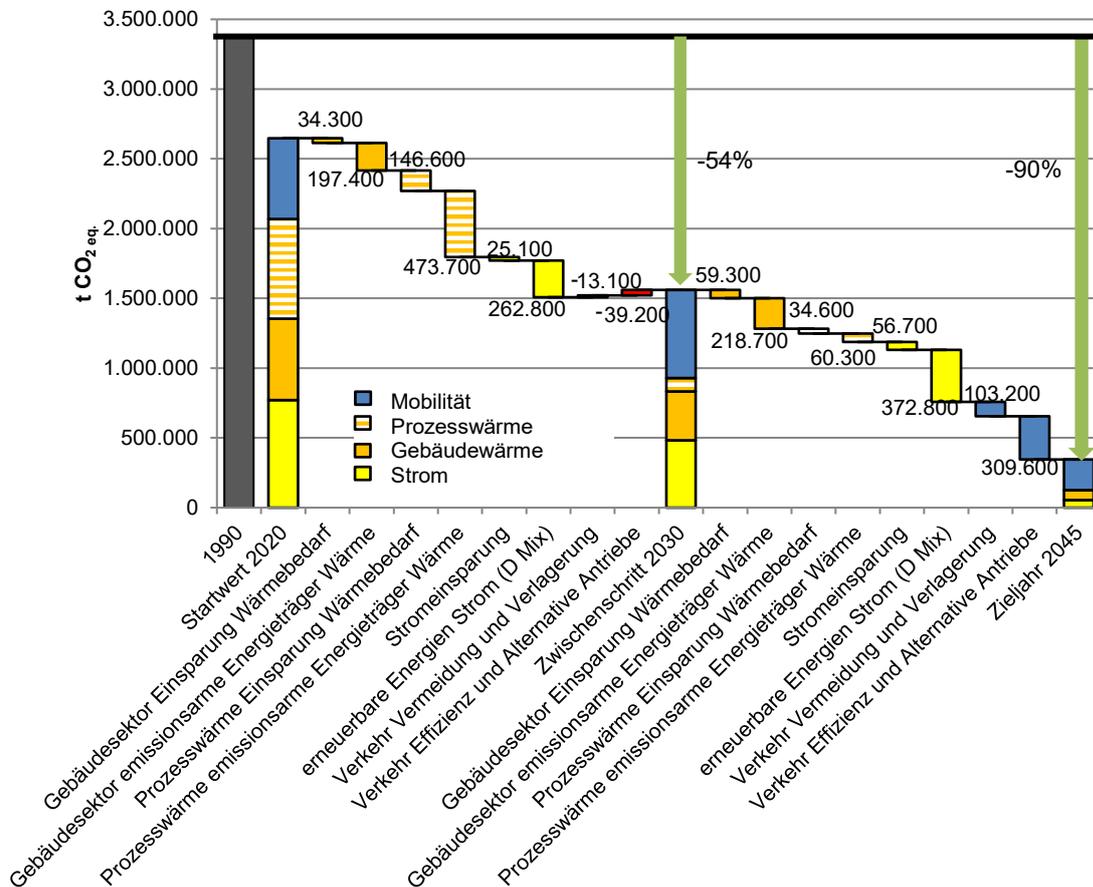


Abbildung 84: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im TREND-Szenario für die Landeshauptstadt Wiesbaden

Im TREND-Szenario ist erkennbar, dass bei der unterstellten Entwicklung der Verkehrssektor zu steigenden THG-Emissionen bis 2030 beitragen würde. Eine Reduktion tritt im Verkehrssektor im TREND-Szenario erst nach 2030 ein. Demgegenüber wären auch im TREND-Szenario schon bis 2030 deutliche Reduktionen im Bereich der Prozess- und Gebäudewärme erkennbar, die sich insbesondere im Gebäudesektor bis 2045 fortsetzten.

Durch die zunehmende Dekarbonisierung der Stromerzeugung verringern sich die THG-Emission für die originären Stromanwendungen sowie die gekoppelten Sektoren (Strom für Wärme und Mobilität) bis 2030 und danach bis 2045 deutlich.

Für das TREND-Szenario ergibt sich insgesamt folgendes Ergebnis:

- Der THG-Ausstoß bis zum Zwischenschritt 2030 sinkt auf rund 1.560.500 t CO₂ eq. / a.

Das entspricht einer Reduktion um rund 41 % gegenüber dem Jahr 2020.

Stand: 04. Dez. 2023

Im Vergleich zu 1990 beträgt die Reduktion rund 54 %. Damit wird bezogen auf die absoluten Emissionen das selbstgesteckte Ziel der Landeshauptstadt Wiesbaden für 2030 (-65 %) verfehlt.

- Im Zieljahr 2045 werden rund 345.300 t CO₂eq. / a emittiert.
Das entspricht einer Reduktion um rund 87 % gegenüber dem Jahr 2020. Im Vergleich zu 1990 beträgt die Reduktion rund 90 %.

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der THG-Emissionen für das ZIEL 2045-Szenario.

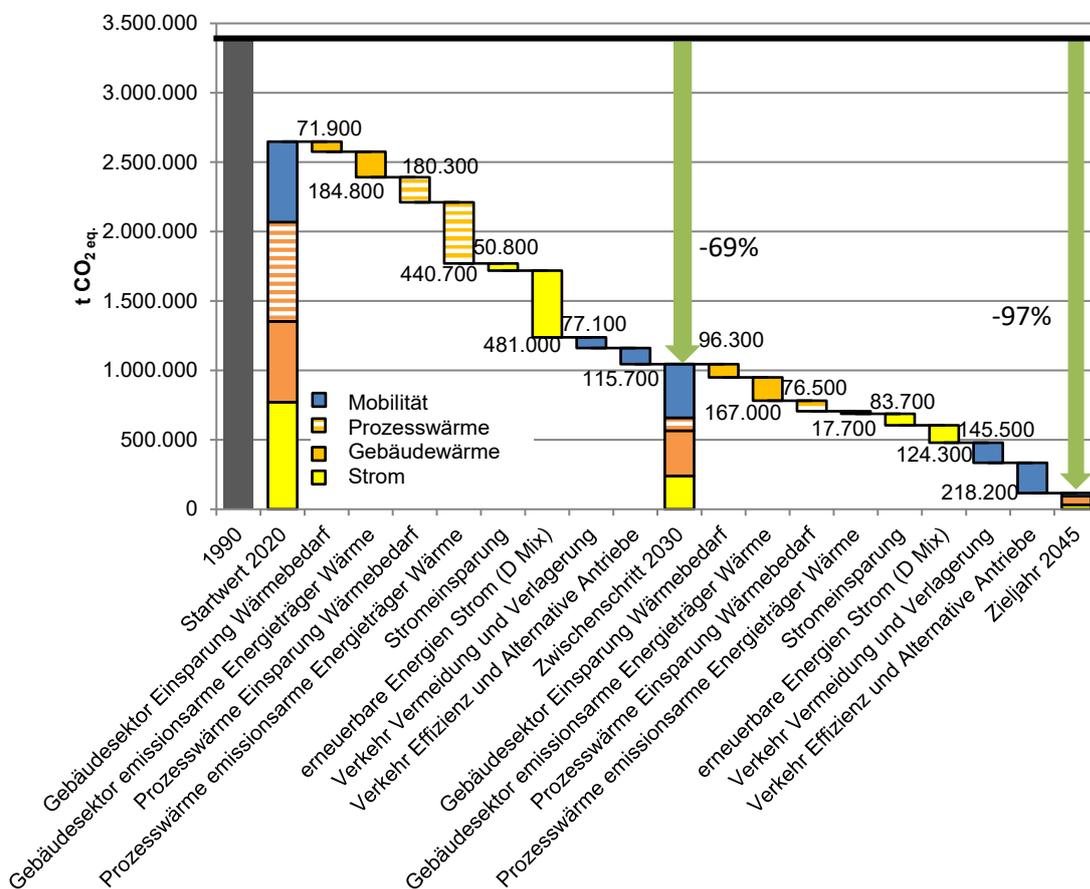


Abbildung 85: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen im ZIEL 2045-Szenario für die Landeshauptstadt Wiesbaden

Aus der Abbildung wird deutlich, dass im ZIEL 2045-Szenario bei der unterstellten Entwicklung bereits bis 2030 eine deutliche Verminderung der THG-Emissionen erzielt wird. Gegenüber dem TREND-Szenario haben die Einspar- und Effizienzeffekte den erwartbar höheren Einfluss.

Stand: 04. Dez. 2023

Für das ZIEL 2045-Szenario ergibt sich insgesamt folgendes Ergebnis:

- Bis zum Jahr 2030 sinkt der THG-Ausstoß auf rund 1.045.800 t CO₂ eq. / a.
Das entspricht einer Reduktion um rund 60 % gegenüber dem Startwert 2020.
Im Vergleich zu 1990 beträgt die Reduktion rund 69 %. Damit wird bezogen auf die absoluten Emissionen das selbstgesteckte Ziel der Landeshauptstadt Wiesbaden für 2030 (-65 %) erreicht.
- Im Zieljahr 2045 werden rund 116.400 t CO₂ eq. / a emittiert. Damit beträgt die Reduktion gegenüber dem Startjahr 2020 rund 96 % und gegenüber 1990 rund 97 %.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Entwicklung der THG-Emissionen in den beiden Szenarien aufgeteilt nach Verbrauchssektoren.

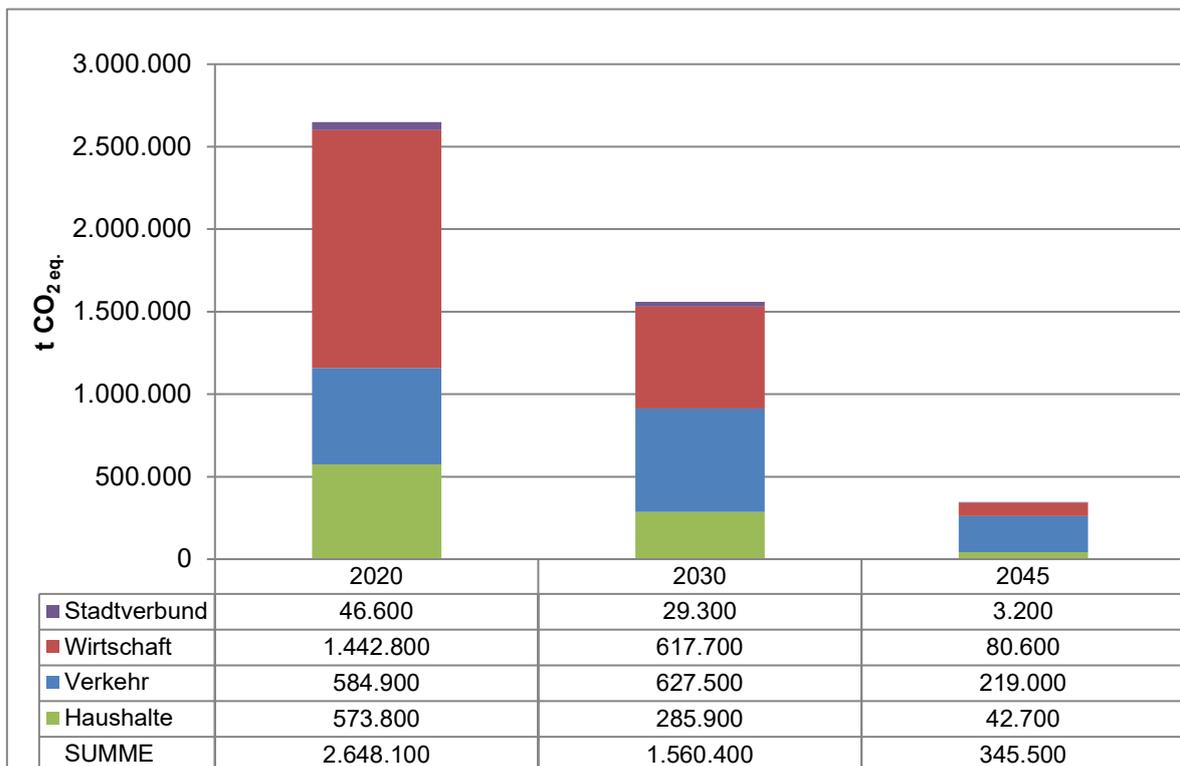


Abbildung 86 Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen nach Verbrauchssektoren im TREND-Szenario

Für das TREND-Szenario reduzieren sich die THG-Emissionen im Zwischenschritt 2030 um rund 41 % gegenüber dem Jahr 2020. Der Wirtschaftssektor weist eine Reduktion um 57 % aus, die Haushalte und der Stadtverbund um rund 50 % bzw. 37 %. Der Verkehrssektor emittiert trotz mehr Elektromobilität (und der damit einhergehenden Reduktion) rund 7 % mehr Treibhausgase.

Stand: 04. Dez. 2023

Im Zieljahr 2045 reduzieren sich die THG-Emissionen gegenüber 2020 um rund 87 %. Der Verkehrssektor weist eine Reduktion von rund 63 % aus, die übrigen Sektoren reduzieren die THG-Emissionen zwischen 93 und 94 %.

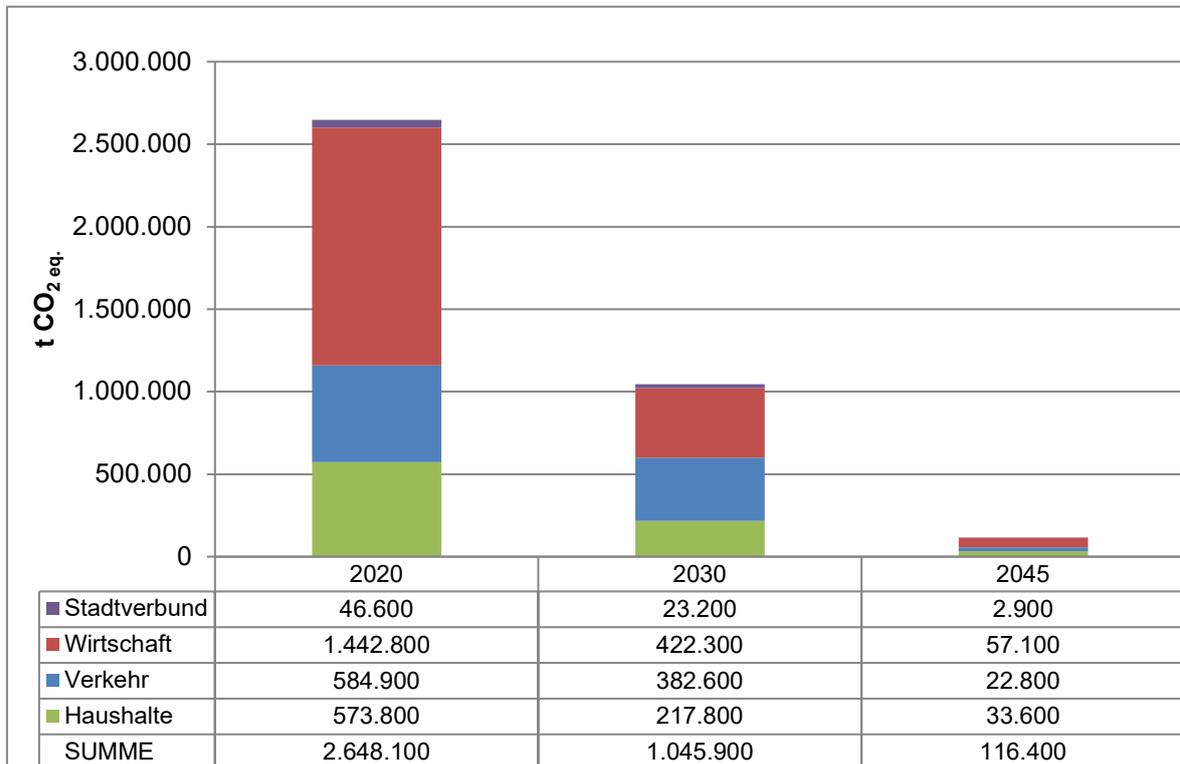


Abbildung 87: Mögliche Entwicklung der THG-Emissionen nach Verbrauchssektoren im ZIEL 2045-Szenario

Für das ZIEL 2045-Szenario reduzieren sich die THG-Emissionen im Zwischenschritt 2030 um rund 61 % gegenüber dem Jahr 2020. Der Wirtschaftssektor weist eine Reduktion um 71 % aus, die Haushalte und der Stadtverbund um 62 % bzw. 50 %. Der Verkehrssektor hat die geringste Reduktion mit 35 %.

Im Zieljahr 2045 reduzieren sich die THG-Emissionen gegenüber 2020 um rund 97 %. Der Verkehrssektor weist eine Reduktion von rund 96 % aus, die übrigen Sektoren reduzieren die THG-Emissionen zwischen 94 und 96 %.

Stand: 04. Dez. 2023

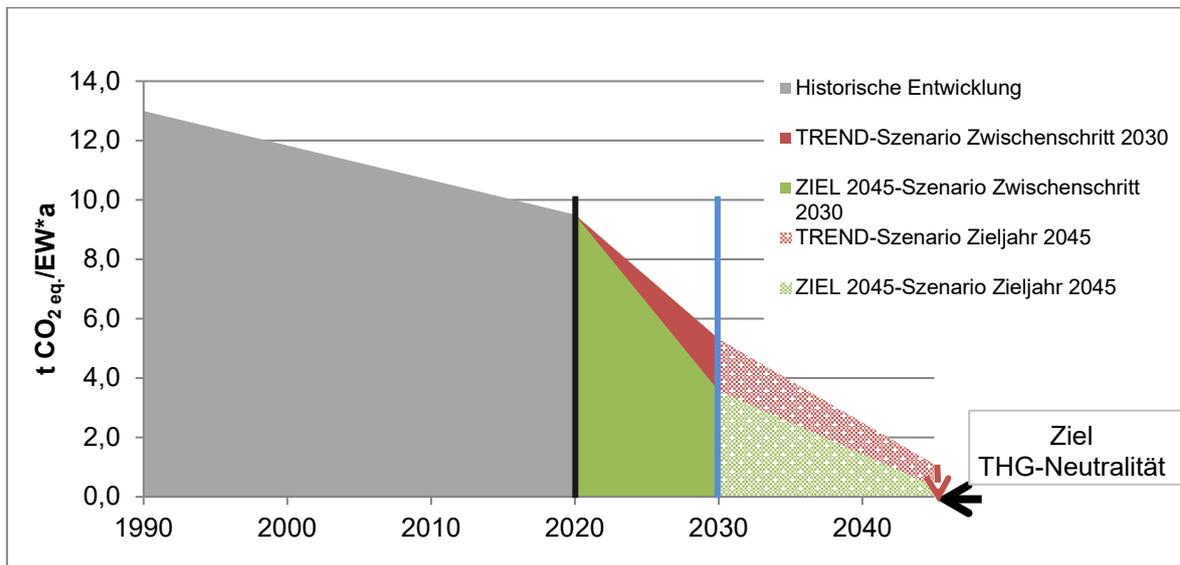


Abbildung 88: Landeshauptstadt Wiesbaden auf dem Weg zur THG-Neutralität

Bezogen auf die einwohnerspezifischen THG-Emissionen und deren Rückgang bezogen auf das Jahr 1990 ergibt sich daraus folgendes Bild:

- TREND-Szenario:
 - Im Jahr 2030 liegen die Emissionen bei circa 5,3 t CO₂eq. / EW*a. Gegenüber dem Jahr 1990 ist das ein Rückgang von circa 59 %. Damit wird auch bezogen auf die einwohnerspezifischen Emissionen das selbstgesteckte Ziel der Landeshauptstadt Wiesbaden für 2030 (-65 %) verfehlt.
 - Im Jahr 2045 verbleiben noch circa 1,1 t CO₂eq. / EW*a. Der Rückgang gegenüber dem Jahr 1990 beträgt circa 92 %.
- ZIEL 2045-Szenario:
 - Im Jahr 2030 liegen die Emissionen bei circa 3,6 t CO₂eq. / EW*a. Gegenüber dem Jahr 1990 ist das ein Rückgang von circa 73 %. Damit wird das selbstgesteckte Ziel der Landeshauptstadt Wiesbaden für 2030 (-65 %) erreicht.
 - Im Jahr 2045 verbleiben noch circa 0,4 t CO₂eq. / EW*a. Der Rückgang gegenüber dem Jahr 1990 beträgt circa 97 %.

Daraus wird deutlich, dass alleine mit den unterstellten Maßnahmen zur Energieeinsparung, zum Energieträgerwechsel und zur Dekarbonisierung der Strom- und Wärmeerzeugung keine „Null-Emission“ im Zieljahr 2045 erreicht werden kann. Die verbleibenden Emissionen müssten entweder kompensiert oder besser durch Maßnahmen zu „Negativ-Emissionen“ verringert werden. Aus der obigen Abbildung wird aber auch deutlich, dass das ZIEL 2045-Szenario, durch die schnellere und stärkere Absenkung der THG-Emissionen in der Summe bis 2045 zu deutlich geringeren Gesamtemissionen führen wird.

Stand: 04. Dez. 2023

19 Fokusbetrachtung Stadtverbund

Der Stadtverbund der Landeshauptstadt Wiesbaden hat sich zum Ziel gesetzt, bis spätestens 2035 treibhausgasneutral zu sein. Nachfolgend wird dargestellt, welche Entwicklungen sich mit den Annahmen zum ZIEL 2045- Szenario für den Stadtverbund ergeben.

19.1. Wärme

Die Landeshauptstadt Wiesbaden hat im Rahmen der Fokusbetrachtung auch eine Energieverbrauchsanalyse der einzelnen Liegenschaften der Stadtverwaltung vorgenommen. Damit wurde eine Grundlage geschaffen die Liegenschaften hinsichtlich Energieverbrauch und Einsparpotenzialen sowie weitergehenden THG-Minderungspotenzialen durch Wechsel der Wärmeversorgungs-technologie / der Energieträger einzuordnen.

Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Energieverbrauchsanalyse Wärme der Liegenschaften der Landeshauptstadt Wiesbaden.

Nr.	Gebäude	IEMB Bauwerkszuordnung	Heizenergie			Energieeffizienzklassen							NGF [m ²]	Ø Heizenergieverbrauch (2017-2019, klimabereinigt) kWh/a	Baujahr	Denkmalschutz	Energieträger		
			spez. Heizenergieverbrauch (klimabereinigt) kWh/(m ² ·a)	Über-/Unterschreitung Referenzwert EnEV %	Referenzwert EnEV kWh/(m ² ·a)	A	B	C	D	E	F	G							
1	Bürgerhaus Kastel/Stadtbibliothek/Kinderzentrum Kastel	Jugendhäuser/Jugendzentren	158	51%	105										2.923	463.286	2020	Nein	Erdgas
2	Sporthalle - Wilhelm-Leuschner-Schule	Turn- und Sporthallen	114	4%	110			C							2.436	277.522	1979	Nein	sonstiges
3	KT Kastel	Kindertagesstätten	166	51%	110										651	108.013	1977	Nein	Erdgas
4	KT Kostheim	Kindertagesstätten	177	61%	110										856	151.791	1987	Nein	Erdgas
5	KT Jägerhof (Biebrich)	Kindertagesstätten	181	64%	110										783	141.349	1990	Nein	Erdgas
6	Fluxusschule	Allgemeinbildende Schulen	87	-17%	105			C							3.236	282.243	2020	Nein	sonstiges
7	KT Traunsteiner Straße	Veranstaltungsgebäude	150	36%	110										728	108.938	1984	Nein	Erdgas
8	Feuerwehrgaragehaus Biebrich	Feuerwehren	97	-3%	100			B							1.243	119.968	1890	Nein	Erdgas
9	Ortsverwaltung Biebrich	Veranstaltungsgebäude	137	24%	110										1.928	263.619	1876	Nein	Erdgas
10	Otto-Stückrath-Schule	Grundschulen	173	93%	90										5.207	903.296	1970	Nein	Erdgas
11	KT Münchener Straße	Kindertagesstätten	80	-27%	110			B							414	33.248	1972	Nein	sonstiges
12	Straßenreinerstützpunkt Klärwerk Biebrich	Bauhöfe	72	-28%	100			A							839	60.587	1949 - 1978	Nein	Erdgas
13	Bürgerhaus Delkenheim	Veranstaltungsgebäude	49	-55%	110			A							2.081	102.850	1974	Nein	sonstiges
14	KT Im Park mit Wohnung	Kindertagesstätten	89	-19%	110			B							369	32.720	1965	Nein	sonstiges
15	Verwaltungsgebäude - Stielstraße 3	Verwaltungsgebäude	226	183%	80										1.573	356.163	1965	Nein	Erdgas
16	Pestalozzischule	Grundschulen	134	28%	105										3.091	414.091	1900	Ja	Erdgas

Abbildung 89: Ausschnitt der Energieverbrauchsanalyse Wärme der Liegenschaften der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Wiesbaden

19.1.1. Einsparung

Der Stadtverbund will bis 2045 alle Gebäude entsprechend eines hohen energetischen Standard sanieren (siehe Tabelle 23).

Aktuell verbraucht der Stadtverbund rund 90.000 MWh / a Endenergie für Wärmezwecke (siehe Abbildung 18). Der größte Teil davon wird für Raumwärme und Warmwasser genutzt (siehe Abbildung 25). Prozesswärme spielt hier eine untergeordnete Rolle.

Basierend auf der Einzelbetrachtung werden für das Einsparpotenzial die jeweiligen Zielwerte angesetzt, sodass der Energieverbrauch auf rund 51.000 MWh / a gesenkt werden kann. Dadurch würden bei aktuellen THG-Faktoren die THG-Emissionen von 22.000 t CO_{2 eq.} auf rund 13.000 t CO_{2 eq.} sinken.

19.1.2. Energieträgerwechsel

Geht man davon aus, dass in den Liegenschaften der Kommune eine Umstellung der Wärmeversorgung entsprechend ihrer Lage in einem der o.g. Eignungsgebiete (siehe Kap. 12) erfolgt, sinken die „wärmebedingten“ THG-Emissionen alleine der Liegenschaften der Stadtverwaltung von derzeit circa 20.700 t CO_{2 eq.} auf rund 2.000 t CO_{2 eq.}

Ein großer Teil der Liegenschaften liegt im innerstädtischen Bereich und damit in *Nah- u. Fernwärmebestand inkl. Vorranggebieten* (rund 37 % der Liegenschaften), damit werden rund 62 % des Endenergieverbrauchs gedeckt. Jeweils rund ein Viertel der Liegenschaften liegt in *Perspektivgebieten für Wärmepumpen bzw. Hybrid-Gebieten (Strom + EE-Gas)*. In den Hybrid-Gebieten fallen rund 24 % des Endenergieverbrauchs an, die Wärmepumpen decken *rund 14 % des Endenergieverbrauchs*.

Stand: 04. Dez. 2023

19.2. Strom

Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Energieverbrauchsanalyse Strom der Liegenschaften der Landeshauptstadt Wiesbaden.

Nr.	Gebäude	IEMR Bauwerkszuordnung	Strom			Energieeffizienzklassen <small>Datenguelle: Datensammlung des Deutschen Städtetages Stand: 02.05.2016</small>							NGF [m ²]	Stromverbrauch (Ø 2017-2019) kWh/a	Baujahr	Denkmalschutz	
			Stromverbrauch <small>kWh (m² * a)</small>	Über-/ Unterschreitung Referenzwert ENEU	Referenzwert ENEU	A	B	C	D	E	F	G					
1	Bürgerhaus Kastel/Stadtbibliothek/Kinderzentrum	Jugendhäuser/Jugendzentren	24	20%	20			C						2.923	70.312	2020	Nein
2	Sporthalle - Wilhelm-Leuschner-Schule	Turn- und Sporthallen	0		25									2.436	0	1979	Nein
3	KT Kastel	Kindertagesstätten	20	-2%	20		B							651	12.716	1977	Nein
4	KT Kostheim	Kindertagesstätten	51	153%	20							G		856	43.287	1987	Nein
5	KT Jägerhof (Biebrich)	Kindertagesstätten	17	-16%	20		B							783	13.177	1990	Nein
6	Fluxusschule	Allgemeinbildende Schulen	19	90%	10					E				3.236	61.592	2020	Nein
7	KT Traunsteiner Straße	Veranstaltungsgebäude	35	-12%	40			C						728	25.592	1984	Nein
8	Feuerwehrgerätehaus Biebrich	Feuerwehren	17	-15%	20		B							1.243	21.179	1890	Nein
9	Ortsverwaltung Biebrich	Veranstaltungsgebäude	11	-72%	40	A								1.928	21.881	1876	Nein
10	Otto-Stückrath-Schule	Grundschulen	31	213%	10							G	5.207	163.006	1970	Nein	
11	KT Münchener Straße	Kindertagesstätten	41	106%	20							G	414	17.038	1972	Nein	
12	Straßenreingerüstpunkt Klarwerk Biebrich	Bauhöfe	3	-83%	20	A							839	2.925	1949 - 1978	Nein	
13	Bürgerhaus Delkenheim	Veranstaltungsgebäude	0		40								2.081	0	1974	Nein	
14	KT Im Park mit Wohnung	Kindertagesstätten	0		20								369	0	1965	Nein	
15	Verwaltungsgebäude - Stielstraße 3	Verwaltungsgebäude	51	156%	20					F			1.573	80.439	1965	Nein	
16	Pestalozzischule	Grundschulen	13	26%	10		B						3.091	39.021	1900	Ja	
17	KT Wörther-See-Straße	Kindertagesstätten	34	72%	20					F			1.037	35.740	0	Nein	
18	Sportplatz Gräselberg	Sportplatzanlagen (Außenanlagen)	19	-36%	30	A							137	2.627	1975	Nein	
19	KT Erbenheim	Kindertagesstätten	0		20								1.058	0	1994	Nein	

Abbildung 90: Ausschnitt der Energieverbrauchsanalyse Strom der Liegenschaften der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Wiesbaden

Wegen des ambitionierten Ziels des Stadtverbunds wird davon ausgegangen, dass im Ziel 2045-Szenario sämtliche Einsparpotenziale bis zum Jahr 2045 gehoben werden. Der zusätzliche Stromverbrauch durch die Sektorenkopplung (Strom für Wärme oder Elektromobilität) wird hier noch nicht betrachtet.

Somit sinkt der Stromverbrauch des Stadtverbunds von rund 42.000 MWh / a im Jahr 2020 auf rund 29.000 MWh / a im Zieljahr 2045.

19.3. Mobilität

Wie bereits in Kapitel 9.2 dargestellt, ist eine Transformation der kommunalen Flotte bis 2030 erreichbar. Aktuell werden rund 15.000 MWh / a Kraftstoffe durch den Stadtverbund verbraucht, vergleiche Abbildung 18, wobei sich die Flotte wie in Kapitel 5.4 dargestellt aufteilt.

Es wird davon ausgegangen, dass der Stadtverbund Wiesbaden in Wahrnehmung seiner Vorreiterrolle alle Pkw bis 2030 vollständig elektrisiert hat, sowie

Dienstfahrzeuge durch Carsharing-Fahrzeuge ersetzt bzw. in einem ersten Schritt zumindest gepoolt hat (gemeinsame Nutzung der Fahrzeuge durch alle Ämter). Die leichten Nutzfahrzeuge werden bis 2030 zur Hälfte elektrisiert, bis 2045 vollständig. Die Nutzfahrzeuge werden bis 2045 mit THG-armen Antrieb ausgestattet sein.

Eine Veränderung in der Laufleistung wird in geringem Maße unterstellt, ebenso eine teilweise Verlagerung der dienstlichen Mobilität auf den Umweltverbund (ÖPNV, Fuß- und Radverkehr). Aufgrund fehlender Datengrundlagen ist eine seriöse Quantifizierung hier jedoch nicht möglich.

Durch die weitergehende Elektrifizierung werden in 2030 rund 2.000 MWh / a Kraftstoff eingespart, zusätzlich werden rund 700 MWh / a Strom verbraucht. Der weiterhin hohe Kraftstoffverbrauch wird durch die Nutzfahrzeuge verursacht.

Dadurch sinken die THG-Emissionen von aktuell rund 5.500 t CO_{2 eq.} / a auf rund 4.400 t CO_{2 eq.} / a. Diese Reduktion ist auch durch den sinkenden THG-Faktor im Strombereich zu erklären.

Im Jahr 2045 sind alle Fahrzeuge im Stadtverbund umgerüstet, sodass nun rund 5.000 MWh / a Wasserstoff und rund 2.000 MWh / a Strom für Mobilitätszwecke eingesetzt werden. Durch den sehr geringen THG-Faktor für den Bundesstrommix werden im Ziel 2045-Szenario für den Stadtverbund nur noch 200 t CO_{2 eq.} / a emittiert.

19.4. Entwicklung der THG-Emissionen

Durch die Einsparungen im Endenergieverbrauch und durch die Energieträgerwechsel (sowie der Dekarbonisierung des bundesweiten Strommix) verringern sich die THG-Emissionen des Stadtverbunds. Der Stadtverbund emittierte durch den Stromverbrauch zwischen 18.400 und 26.600 t CO_{2 eq.} / a zwischen 2018 und 2020. Durch die Einspareffekte würde es bis 2045 auf rund 13.000 t CO_{2 eq.} / a sinken, durch den wachsenden Anteil an erneuerbaren Quellen im Bundesstrommix sinken die Emissionen auf rund 650 t CO_{2 eq.} / a.

Zwischen 2018 und 2020 emittierte der Stadtverbund durch den Wärmeverbrauch zwischen 22.700 und 25.000 t CO_{2 eq.} / a. Im Wärmebereich sinken die Emissionen durch die Einsparungen um rund 45 % auf circa 12.100 t CO_{2 eq.} / a. Durch die unterstellten Energieträgerwechsel sinken die Emissionen auf rund 3.500 t CO_{2 eq.} / a. Davon werden mehr als die Hälfte durch die Wärmenetze emittiert, die hybriden Gebiete verursachen rund 40 % und der Rest wird von den Wärmepumpengebieten verursacht.

Teil F: Ziele / Maßnahmen / Handlungsprogramm

20 Vorschläge zu Zielen und Teilzielen für die Landeshauptstadt Wiesbaden

20.1. Ziele auf Ebene des Bundes und des Landes

20.1.1. Bundesrepublik Deutschland

Der Bundestag hat mit der Novelle des Klimaschutzgesetzes vom 24.06.2021 die folgenden THG-Minderungspfade formuliert:

Tabelle 25: THG-Minderungspfade des Klimaschutzgesetzes vom 24.06.2021

Sektoren	THG Emissionen Mio. Tonnen CO ₂ eq.)		Reduzierung (%)			
	1990	2030	2030	2035	2040	2045
Energiewirtschaft	466	108	-77 %			
Industrie	283	118	-58 %			
Verkehr	163	85	-48 %			
Gebäude	209	67	-68 %			
Landwirtschaft	88	56	-36 %			
Abfallwirtschaft + Sonstige	39	4	-90 %			
Summe gesamt	1.248	438	-65 %	-77 %	88 %	-100 %

Bis 2045 soll ein „Netto-Null“ bei den Treibhausgasemissionen erreicht werden und bis 2035 sollen die THG-Emissionen um 65 % gegenüber dem Jahr 1990 reduziert werden. Dabei werden nicht nur energiebedingte THG-Emissionen adressiert, sondern auch

- prozessbedingte Emissionen in der Industrie,
- sowie THG-Emissionen der Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und sonstiger nicht energiebedingter Emissionsquellen.

Insgesamt waren in der Bundesrepublik im Jahr 1990 circa 83 % der THG-Emissionen „energiebedingt“. Die „energiebedingten Emissionen sind damit gegenüber den sonstigen THG-Emissionen dominant. Insofern können die Gesamt-Minderungsziele (Reduktion in %) auch auf die „energiebedingten“ Emissionen, angewendet werden.

Handlungsstrang „Energieeinsparung“

- Die aktuelle, von der Bundesregierung unterstützte Novelle der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) sieht für Deutschland eine Senkung des Primärenergieverbrauchs (PEV) um 37 % und des Endenergieverbrauchs (EEV) um 24 % (jeweils gegenüber 2008) vor (siehe Arbeitsplan Energieeffizienz des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz vom 17.05.2022).
- Im Gebäudebereich werden bei Neubauvorhaben die gesetzlichen Vorgaben insbesondere durch die Einführung von EH 55 als Mindest-Standard für den Neubau ab 1. Januar 2023 im Rahmen Novelle des Gebäudeenergiegesetzes GEG im Jahr 2022 gemacht.

Flankiert wird dieser ordnungsrechtliche Rahmen durch entsprechendes Förderrecht, konkret durch das Programm „Klimafreundlicher Neubau“ sowie die korrespondierenden Regelungen zur Förderung von Effizienzmaßnahmen an Bestandsgebäuden im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

Handlungsstrang „erneuerbare Energien“

- Ziel der Bundesregierung ist es, dass der Bruttostromverbrauch im Jahr 2030 zu mindestens 80 % aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden soll. 2022 waren es 46,2 %. Ihr Anteil muss sich also innerhalb von weniger als zehn Jahren fast verdoppeln. Wind- und Solarenergie müssen dreimal schneller als bisher ausgebaut werden¹³.
- Um das neue Ziel von mindestens 80 % grünem Strom bis 2030 zu erreichen, wurden im Rahmen der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) (Beschluss des Bundestags vom 7. Juli 2022) die Ausbaupfade für Solar und Wind an Land deutlich angehoben.
 - Bei der Solarenergie werden die Ausbauraten auf 22 Gigawatt (GW) pro Jahr gesteigert. Die Ausschreibungsvolumen werden hälftig auf Dach- und Freiflächen verteilt. Im Jahr 2030 sollen PV-Anlagen im Umfang von insgesamt rund 215 GW installiert sein.
 - Die Leistung der Windenergie an Land soll um bis zu 10 GW pro Jahr steigen. Ziel ist eine installierte Kapazität von rund 115 GW bei Windenergieanlagen an Land in Deutschland bis 2030. Die Ausschreibungsmengen für die Windenergie auf See werden durch die parallele Novelle des Windenergie-auf-See-Gesetzes ebenfalls angehoben.

¹³ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/energiewende-beschleunigen-2040310>

20.1.2. Land Hessen

Die energie- und klimapolitischen Zielsetzungen des Landes Hessen orientieren sich im Wesentlichen an den Zielsetzungen des Bundes. Mit dem Hessischen Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Hessisches Klimagesetz – HKlimaG) vom 26.01.2023 werden in § 3 die folgenden Ziele festgelegt:

- (1) Die Treibhausgasemissionen werden unter Einbezug der Maßnahmen auf europäischer und nationaler Ebene im Vergleich zum Jahr 1990 kontinuierlich wie folgt gemindert:
 4. bis zum Jahr 2025 um mindestens 40 %,
 5. bis zum Jahr 2030 um 65 %,
 6. bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 %.
- (2) Bis zum Jahr 2045 werden die Treibhausgasemissionen so weit gemindert, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Vor dem Hintergrund des novellierten Bundesklimaschutzgesetzes hat die Hessische Landesregierung eine Anpassung ihrer klimapolitischen Ziele vorgenommen. Die Änderung des Hessischen Energiegesetzes (Hessischer Landtag 2022a) sieht vor, Hessens Endenergieverbrauch an Strom und Wärme bis zum Jahr 2045 zu 100 % aus erneuerbaren Energiequellen zu decken und damit ebenfalls fünf Jahre früher als bisher geplant. Weitere Zielvorgaben betreffen die Nutzung der Landesfläche für Windenergie und Photovoltaik-Anlagen:

Über das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045, gibt es die folgenden Zielvorgaben der Landesregierung¹⁴:

- Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme zu 100 % aus erneuerbaren Energiequellen bis zum Jahr 2045
- Anhebung der jährlichen energetischen Sanierungsquote im Gebäudebestand auf mindestens 2,5 bis 3 %
- Nutzung der Windenergie in einer Größenordnung von 2 % der Fläche des Landes Hessen
- Nutzung von Photovoltaik-Anlagen in einer Größenordnung von 1 % der Fläche des Landes Hessen

¹⁴ HMWEVW (Hrsg.): Energiewende in Hessen; Monitoringbericht 2022; Wiesbaden, Stand Dezember 2022

20.2. Landeshauptstadt Wiesbaden

20.2.1. Aktuelle Beschlusslage

Mit dem Beschluss „Klimanotstand“ im Jahr 2019 hat sich die Landeshauptstadt Wiesbaden zu einer nachhaltigeren Klimapolitik verpflichtet, mit dem Ziel 2050 klimaneutral zu sein und die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 % zu senken. Die Stadtverordnetenversammlung hat 2023 den Beschluss zum Klimanotstand bekräftigt und die Wiesbadener Klimaschutzziele nachgeschärft: Bis 2035 wird gemäß dieser Beschlusslage für die Stadt insgesamt Klimaneutralität angestrebt.

20.2.2. Entwicklungen seit 1990 und mögliche Veränderungen bis 2045

Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichen Ergebnisse der Energiebilanz für die Jahre 1990, 2008, 2013 und 2020 in Wiesbaden.

Tabelle 26 Ergebnisse der Energiebilanz in Wiesbaden

Endenergie [GWh]	1990	2008	2013	2020
Wärmeverbrauch	5.150	5.270	5.114	4.297
Wärme Veränderung ggü. 1990		2,3 %	-0,7 %	-16,5 %
Stromverbrauch	1.550	1.883	1.888	1.818
Strom Veränderung ggü. 1990		21,4 %	21,7 %	17,3 %
Wärme + Stromverbrauch	6.701	7.153	7.002	6.115
Wärme + Strom Veränderung ggü. 1990		6,7 %	4,5 %	-8,7 %
Wärmeerzeugung EE		340	494	414
Anteil EE Wärme		6,5 %	9,6 %	6,0 %
Stromerzeugung EE		78	169	168
Anteil EE Strom		4,1 %	9,2 %	9,1 %
Anteil EE Wärme + Strom		5,8 %	9,5 %	9,5 %

spez. Endenergie in MWh / EW	1990	2008	2013	2020
Einwohnerzahl				
Wärmeverbrauch	19,5	19,1	18,3	16,8
Wärme Veränderung ggü. 1990		-2,0 %	-6,2 %	-13,8 %
Stromverbrauch (ohne Heizstrom & Mobilität)	5,7	6,8	6,6	6,2
Strom Veränderung ggü. 1990		19,3 %	15,8 %	8,8 %
Wärme + Stromverbrauch	25,2	25,9	24,9	23,0
Wärme + Strom Veränderung ggü. 1990		2,8 %	-1,1 %	-8,7 %

- Zwischen 1990 und 2008 sind die absoluten Endenergieverbräuche (Strom und Wärme) um circa 7 % angestiegen. Danach hat sich der Trend umgekehrt. Gegenüber 1990 ist 2013 im Wärmebereich eine leichte Abnahme zu verzeichnen. Demgegenüber ist der Stromverbrauch um nahezu 22 % angestiegen.

Stand: 04. Dez. 2023

- Im Jahr 2020 ist der Wärmeverbrauch deutlich weiter zurückgegangen. Dies hängt zum Teil mit den pandemiebedingten Einschränkungen zusammen.
- Der Stromverbrauch ist im Jahr 2020 gegenüber 1990 um rund 17 % angestiegen. Im Vergleich zu 2013 ist allerdings auch hier ein Rückgang zu verzeichnen.
- Zwischen 1990 und 2020 ist die Einwohnerzahl in Wiesbaden um circa 7 % (von rund 260.300 auf rund 278.600) angestiegen¹⁵. Bezieht man die Endenergieverbräuche auf die Einwohnerzahl im Jahr 2020 ist im Wärmebereich eine Abnahme um circa 14 % gegenüber 1990 zu verzeichnen.
- Der spezifische Stromverbrauch ist allerdings im gleichen Zeitraum um circa 9 % angestiegen.
- In der Summe ist der spezifische Endenergieverbrauch (Wärme- und Strom) zwischen 1990 und 2020 um circa 9 % gesunken.

Die Potenzial- und Szenarienanalyse dieses Konzeptes hat aufgezeigt, dass – erhebliche Anstrengungen aller Akteure vorausgesetzt – bis 2030 weitere große Fortschritte sowohl im Bereich der Energieeffizienz als auch bei der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien und damit natürlich auch bei den THG-Emissionen gemacht werden können. In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Ergebnisse für das Ziel 2045-Szenario dargestellt.

¹⁵ Hierbei wurden nicht die in Wiesbaden stationierten US-amerikanischen Streitkräfte, sowie deren Familien berücksichtigt.

Tabelle 27 Ergebnisse der Szenarienbetrachtung für Wiesbaden

	1990	2008	2013	2020	2030 Ziel-2045	2045 Ziel-2045
Energieeffizienz¹⁶						
spez. Wärmeverbrauch [MWh / EW]	19,5	19,1	18,3	16,8	12,5	9,6
Veränderung ggü. 1990		-2,0 %	-6,2 %	-13,8 %	-35,9 %	-50,7 %
spez. Stromverbrauch [MWh / EW] (ohne Mobilität)	5,7	6,8	6,6	6,2	5,3	4,2
Veränderung ggü. 1990		19,3 %	15,8 %	8,8 %	-7,0 %	-26,3 %
spez. Wärme + Stromverbrauch [MWh / EW] (ohne Mobilität)	25,2	25,9	24,9	23,0	17,8	13,8
Veränderung ggü. 1990		2,8 %	-1,1 %	-8,7 %	-29,4 %	-45,2 %
Erneuerbare Energien¹⁷						
Wärmeerzeugung EE [MW]		340.000	493.566	414.000	825.000	1.259.000
Anteil EE Wärme		6,5 %	9,6 %	6,0 %	21,6 %	39,7 %
Stromerzeugung EE [MW]		77.742	169.069	167.800	461.000	671.000
Anteil EE Strom		4,1 %	9,2 %	9,1 %	25,5 %	33,1 %
Anteil EE Wärme + Strom		5,8 %	9,5 %	9,5 %	23,4 %	37,8 %
THG-Emissionen						
absolut [t]	3.046.600	3.009.100	2.866.900	2.569.900	1.045.700	116.400
Veränderung ggü. 1990		-1 %	-6 %	-15,6 %	-69,1 %	-96,6 %
spezifisch [t CO ₂ eq. / EW]	11,5	10,9	10,2	9,2	3,8	0,4
Veränderung ggü. 1990		-5,2	-11 %	-20 %	-71,1 %	-96,8 %

Demnach ist bis 2030 gegenüber 1990 eine Einsparung (spez. Endenergieverbrauch Wärme und Strom) um circa 29 % und bis 2045 von circa 45 % möglich. Vor dem Hintergrund der deutlichen Zunahme der erneuerbaren Energien sowohl im Wärme- als auch im Strombereich sind bezogen auf die THG-Emissionen die Minderungspotenziale noch größer und liegen für 2030 im Bereich von circa 69,5 %.

Der mögliche bilanzielle Deckungsgrad bei den erneuerbaren Energien beträgt 23,4 % für 2030 respektive 37,8 % für 2045.

Für 2030 und darüber hinaus, können und müssen die Zielsetzungen auf weiterhin ambitioniertem Niveau fortgeschrieben werden. Die Szenarienbetrachtung zeigt, dass mit einer Trend-Fortschreibung die Zielsetzungen zur Energiewende und zum

¹⁶ alle Angaben bezogen auf Endenergie

¹⁷ dito

Klimaschutz bezogen auf Wiesbaden nicht erreicht werden können. Nur mit erheblichen Anstrengungen, wie sie im Ziel 2045-Szenario beschrieben wurden, sind die langfristigen Zielsetzungen einer drastischen Reduktion der Treibhausgasemissionen auf ein verträgliches Niveau erreichbar.

20.2.3. Vorschlag für die Neudefinition der Ziele in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Vor dem Hintergrund der Potenzialanalysen und aufbauend auf dem Ziel 2045-Szenario ist aus unserer Sicht eine Revision des aktuellen Beschlusses des Klimanotstandes im Jahr 2019 nicht grundsätzlich erforderlich. Die Analysen zeigen auf, dass – entsprechend ambitionierte Anstrengungen in der Landeshauptstadt Wiesbaden sowie bundesweit vorausgesetzt – das Ziel der THG-Neutralität bis 2045 erreicht werden kann. Das Zwischenziel einer Reduktion um 65 % bis 2030 ist aber aus unserer Sicht kaum mehr erreichbar und sollte moderat angepasst werden.

Auch der im Jahr 2023 gefasste Beschluss, wonach bis 2035 für die Stadt insgesamt Klimaneutralität angestrebt wird, sollte überprüft werden. Das Ziel-2035 Szenario zeigt auf, dass die dazu erforderlichen Maßnahmen in der Landeshauptstadt Wiesbaden nicht nur hinsichtlich der Umsetzungsgeschwindigkeit, sondern auch beim Maßnahmenumfang, weit über die entsprechenden Maßnahmen zur Umsetzung des Ziel 2045-Szenarios hinausgehen müssten.

Dafür ist nicht zuletzt der Umstand maßgeblich, dass die THG-Neutralität zehn Jahre vor dem Zielhorizont der Bundesregierung erreicht werden soll. Damit fehlen entsprechenden bundesweite „Unterstützungsleistungen“, wie z.B.

- das Hochfahren der Wasserstoffwirtschaft für die Dekarbonisierung der Industrie,
- der Ausbau der Elektromobilität und der zugehörigen Ladeinfrastruktur,
- die notwendige Erhöhung der EE-Anteile an der Stromerzeugung und damit die erforderliche Absenkung der THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch bis 2035.

Auf Basis unserer Analysen schlagen wir folgende energie- und klimapolitische Ziele für die Landeshauptstadt Wiesbaden vor:

- (1) Die Landeshauptstadt Wiesbaden strebt an, auf gesamtstädtischer Ebene bis zum Jahr 2045 bilanziell treibhausgasneutral zu werden. Ziel ist eine

Stand: 04. Dez. 2023

Reduktion der energiebedingten THG-Emissionen um mindestens 97,2 % gegenüber dem Basisjahr 1990 auf maximal 85.600 t CO_{2eq.} / a.

- (2) Die verbleibenden Emissionen werden durch Maßnahmen zur Kompensation und / oder durch „negative“ Emissionen auf Null reduziert.
- (3) Für 2030 werden folgende Zwischenziele angestrebt
 - a) Reduktion der THG-Emissionen um mindestens 65 % gegenüber 1990 auf max. 1.184.200 t CO_{2eq.} / a
 - b) Reduktion des Wärmebedarfs (Raumwärme und Prozesswärme) in den Bereichen private Haushalte und Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen bis 2030 um circa 11 % gegenüber 2020
 - c) Reduktion des Stromverbrauchs (ohne Sektorenkopplung) in den Sektoren private Haushalte und Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen bis 2030 um circa 10 % gegenüber 2020
 - d) Bilanzielle Deckung des Stromverbrauchs durch in Wiesbaden erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien bis 2030: mindestens 20 %
 - e) Steigerung des Radverkehrsanteils auf über 18 % und des ÖPNV-Anteils auf bis zu 25 % (analog zu den Zielen des Green City-Plans möglichst bis 2025)
 - f) gleichbleibender Anteil des Fußverkehrs an den zurückgelegten Wegen gegenüber 2018
 - g) Reduzierung der Personenverkehrsleistung bezogen auf die Beförderung durch Pkw oder ÖPNV pro Einwohner*in um 20 %.

Diese Ziele beziehen sich auf die THG-Emissionen für die Zeithorizonte 2030 und 2045 an den Zielen der Bundes- und Landesregierung zur Treibhausgasneutralität.

Im Zwischenschritt 2030 schöpft der oben dargestellte Vorschlag für die Wiesbader Ziele die Berechnungen des Ziel 2045-Szenarios nicht voll aus. Bezogen auf den Beitrag der erneuerbaren Energien zu Stromerzeugung (territoriale Betrachtung) fallen die vorgeschlagenen Ziele hinter denen von Bund und Land zurück.

Damit wird insbesondere den folgenden Randbedingungen der Landeshauptstadt Wiesbaden Rechnung getragen:

- Wiesbaden hat als Verwaltungs- und Dienstleistungszentrum und als Standort energieintensiver Unternehmen aus den Sparten Chemie, Baustoffe und Papier einen insgesamt höheren spezifischen Wärme- und Stromverbrauch als andere Städte im Durchschnitt der Bundesrepublik.

Stand: 04. Dez. 2023

- Aufgrund naturräumlicher und siedlungsstruktureller Gegebenheiten sind die Erzeugungspotenziale für Strom aus erneuerbaren Energien eng begrenzt und gemessen am Stromverbrauch gering.
- Insbesondere im Innenstadtbereich stehen erhebliche Teile des Gebäudebestands unter Denkmalschutz (Objektschutz oder zumindest Ensembleschutz). Dadurch sind die erreichbaren Energieeinspareffekte durch energetische Sanierungsmaßnahmen kleiner als dies im Bundesdurchschnitt unterstellt werden kann.

Die notwendigen Treibhausgasinderungen müssen daher noch stärker durch die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung bewerkstelligt werden, als dies bundesweit der Fall ist.

Bis 2030 wird aber aufgrund entsprechender Vorläufe für die Abstimmung der Maßnahmen., die Planungs- und Genehmigungsverfahren und nicht zuletzt aufgrund der begrenzten personellen Ressourcen für die Planung und Ausführung der Maßnahmen der Ausbau des Fernwärmenetzes und die weiter gehende Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung noch nicht so weit fortgeschritten sein, wie es für die weiter gehende Reduktion der THG-Emissionen im Wärmesektor notwendig wäre.

Um die o.g. Ziele in der Landeshauptstadt Wiesbaden zu erreichen, muss ein Großteil der technisch-wirtschaftlich vorhandenen Einspar-, Erzeugungs- und Veränderungspotenziale in allen Bereichen der

- Wärmewende,
- Mobilitätswende und
- Stromwende

in den kommenden Jahren auch tatsächlich genutzt werden. Dazu sind große Anstrengungen aller Akteure erforderlich.

Das gilt nicht zuletzt für den „Stadtverbund Wiesbaden“, bestehend aus Ämtern, Betrieben und Gesellschaften. Hier gibt es insbesondere bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestands und der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der eigenen Liegenschaften erheblichen Nachholbedarf, aber auch große THG-Minderungspotenziale.

21 Maßnahmen

Der Maßnahmenkatalog umfasst 76 Maßnahmen. Einige Maßnahmen wurden aus dem integrierten Klimaschutzkonzept 2015 adaptiert, geprüft und dem aktuellen Stand angepasst. Einige Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept 2015 wurden zwar grundsätzlich aufgegriffen, aber mit dem Ziel der Straffung des Maßnahmenkatalogs gebündelt.

Weitere Maßnahmen wurden in einem intensiven partizipativen Prozess zwischen Gutachtern, Umweltamt und den beteiligten Fachämtern und kommunalen Gesellschaften wie insbesondere der ESWE Versorgungs AG erarbeitet bzw. mit ihnen abgestimmt.

Nachfolgend findet sich eine Übersicht über die Maßnahmen, die in

- Handlungsfelder
- Themenfelder und
- Maßnahmengruppen

eingeteilt sind.

21.1. Übersicht über die Maßnahmen nach Handlungsfeld, Themenfeld und Maßnahmengruppe

Hinweis: Im Zuge des Diskussionsprozesses wurden einzelne Maßnahmen umgruppiert bzw. gestrichen. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden die ursprünglichen Maßnahmensnummern allerdings beibehalten. Insofern ist die Maßnahmensnummernummerierung in den folgenden Übersichten nicht durchgängig aufsteigend gereiht und in der Nummerierung sind an wenigen Stellen Lücken vorhanden.

21.1.1. Handlungsfeld „Energie“

Themenfeld „Energie- und Wärmeplanung“

Maßnahmengruppe „Gesamtstädtische Pläne und Strategien“

- EN-01 Fortschreibung und Detaillierung der Wärmeplanung
- EN-02 Erstellung eines sektorübergreifenden Netzentwicklungsplans
- EN-03 Erstellung einer Solarstrategie

Maßnahmengruppe „Erstellung von Potenzialstudien“

- EN-04 Erstellung einer Potenzialstudie zur Nutzung von erneuerbaren Gasen
- EN-05 Bereitstellung von Grundlageninformationen zur Nutzung der "mitteltiefen" Geothermie
- EN-06 Erstellung einer Potenzialstudie zur Nutzung von Flusswärmepumpen
- EN-07 Untersuchung eines Großwärmespeichers
- EN-08 Erstellung einer PV-Potenzialstudie
- EN-15 Potenzialstudie industrielle Abwärme

Themenfeld „Energiebereitstellung und -verteilung“

Maßnahmengruppe „Fortentwicklung der Strom- und Gasnetze“

- EN-09 Ausbau der Stromnetzinfrastruktur zur Elektrifizierung des Wärme- und Mobilitätssektors
- EN-10 Umbau Gasnetz

Maßnahmengruppe „Errichtung von Kraftwerken zur Strom- und Wärmeproduktion (zentral und dezentral)“

- EN-11 Etablierung von Energieversorgungsstrukturen auf Block- oder Quartiersebene (Schwerpunkt Wärmeversorgung)
- EN-12 Geothermiekraftwerk
- EN-13 Windkraft Taunuskamm
- EN-14 Flusswasser-Großwärmepumpe

Maßnahmengruppe „Ausbau und Dekarbonisierung der Fernwärme“

- EN-16 Erstellung einer Fernwärmeausbaustrategie
- EN-17 Ausbau der Fernwärmenetze
- EN-19 Transformationsplan zur Dekarbonisierung der Fernwärme
- EN-20 Ausbau und Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugungsanlagen
- EN-21 Schaffung der Randbedingungen für einen zügigen Ausbau des Fernwärmenetzes (Abstimmung und Priorisierung bei Konkurrenzsituationen)

Themenfeld „Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)“

Maßnahmengruppe „Maßnahmen der Privathaushalte / Wohnungswirtschaft“

- EN-22 Umsetzung umfangreicher Einspar- und Effizienzmaßnahmen (Wohngebäude / gemischt genutzte Gebäude)
- EN-23 Umstellung auf Energieträger EE und der Erzeugung auf EE

Maßnahmengruppe „Kommunale Maßnahmen / Instrumente“

- EN-24 Fortführung und Stärkung der Förderung im Bereich "Sanieren und Erzeugen" (Förderprogramme)
- EN-25 Fortführung und Ausbau der Beratungsangebote im Bereich "Einsparung / Effizienz / Erzeugung" (Umweltladen, KSA)

Themenfeld „Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)“

Maßnahmengruppe „Maßnahmen der GHD / Industrie“

- EN-26 Umsetzung umfangreicher Einspar- und Effizienzmaßnahmen (Nichtwohngebäude / Prozesse)
- EN-27 Umstellung auf Energieträger EE und der Erzeugung auf EE

Maßnahmengruppe „Kommunale Maßnahmen / Instrumente“

- EN-28 Weiterführung und Ausbau der Förderung von Umwelt-, Klima- und Energiemanagementsystemen mit ÖKOPROFIT
- EN-29 Fortführung und Ausbau der Netzwerke und Partnerschaften im Bereich Umwelt-, Klima, Energieeffizienz (EEKN, ÖKOPROFIT-Klub)
- EN-30 Fortführung und Ausbau der zielgruppenspezifischen Beratungsangebote im Bereich "Einsparung / Effizienz / Erzeugung" (Wirtschaft)

21.1.2. Handlungsfeld „Mobilität“

Themenfeld „Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur“

Maßnahmengruppe „Öffentlicher Verkehr“

- MO-01 Ausbau Sharing-Angebote (Car, Bike...)
- MO-02 Ausbau von Bus und Bahn

Maßnahmengruppe „Nahmobilität“

- MO-03 Stärkung des Rad- und Fußverkehrs durch Erweiterung der Radverkehrsinfrastruktur und Verbesserung der Fußverkehrsinfrastruktur

Maßnahmengruppe „E-Mobilität“

- MO-04 Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur mit EE
- MO-05 Umstellung Busflotte (Strom / H2)

Maßnahmengruppe „Pläne / Konzepte / Strategien“

- MO-06 Fortschreibung und Umsetzung klimafreundlicher Mobilitätspläne / Konzepte

Themenfeld „Mobilität Haushalte, Wirtschaft“

Maßnahmengruppe „Maßnahmen Privathaushalte / GHD / Industrie“

- MO-07 Förderung eines klimafreundlichen Wirtschafts- und Lieferverkehrs
- MO-08 Ausbau der betrieblichen und individuellen Ladeinfrastruktur

Maßnahmengruppe: „Kommunale Maßnahmen / Instrumente“

- MO-10 Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Kindergärten
- MO-11 Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Schulen
- MO-12 Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Unternehmen
- MO-13 Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Neubürger

21.1.3. Handlungsfeld „Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)“

Themenfeld „Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung“

Maßnahmengruppe „Verankerung von Klimaschutz in kommunalen Planungen / Satzungen“

- PSA-01 Ausrichtung der Bebauungspläne und der städtebaulichen Verträge zur Umsetzung der Belange: Klimaschutz / Anpassung / Energie
- PSA-02 Ausweitung der Fernwärmesatzungsgebiete
- PSA-03 Erlass einer Solarsatzung

Maßnahmengruppe „Quartiersentwicklung“

- PSA-04 Überarbeitung Stellplatzsatzung
- PSA-05 Aufstellung und Überprüfung der Leitlinien "Nachhaltige Quartiersentwicklung"
- PSA-06 Energieeffizienz im Quartier; Erstellung und Umsetzung von Stadtsanierung KfW-432

Themenfeld „Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen“

Maßnahmengruppe „Einführung eines (Klima-) Umsetzungscontrollings“

- PSA-07 Einführung einer Klimawirkungsprüfung für Entscheidungen der städtischen Gremien
- PSA-08 Periodische Fortentwicklung von verbindlichen Klimaschutzplänen (Ziele, Maßnahmen und Verantwortlichkeiten)
- PSA-09 Entwicklung eines CO₂-Budgets für Wiesbaden
- PSA-10 Monitoring und Reporting

Maßnahmengruppe „Beteiligung und Kommunikation“

- PSA-11 Fortführung des Klimaschutzbeirates
- PSA-12 Fortführung und Weiterentwicklung der Kommunikationsstrategie der LHW
- PSA-13 Koordinierung u. Ausbau von Arbeitsgruppen sowie steuernden Gremien zur klimafreundlichen Stadtentwicklung

21.1.4. Handlungsfeld „Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften“

Themenfeld „Liegenschaften“

Maßnahmengruppe „Energiemanagement“

- VEG-01 Weiterentwicklung des kommunalen Energiemanagements
- VEG-02 Einführung eines einheitlichen Energiemanagements für alle Ämter und deren Liegenschaften

Maßnahmengruppe „Energetische Sanierung / Dekarbonisierung der Wärmeversorgung“

- VEG-03 Anwendung der Richtlinien zum nachhaltigen Bauen / Neubau mit Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNB)
- VEG-04 Erstellung und Umsetzung von Sanierungsfahrplänen
- VEG-05 Umstellung der Wärmeversorgung

Maßnahmengruppe „Stromeinsparung / -erzeugung“

- VEG-06 Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED
- VEG-07 Umsetzung LED-Roll-Out
- VEG-08 Errichtung von PV-Anlagen auf allen geeigneten städtischen Gebäuden und Flächen

Themenfeld „Mobilität“

Maßnahmengruppe „Mitarbeiter*innen-Mobilität“

- VEG-09 Einführung eines betrieblichen Mobilitätsmanagements
- VEG-10 Weiterführung des Jobtickets

Maßnahmengruppe „Fuhrparkmanagement“

- VEG-11 Umstellung der Fahrzeugflotte auf Strom
- VEG-12 Ämterübergreifende Bewirtschaftung des Fuhrparks

Themenfeld „Übergreifende Maßnahmen“

Maßnahmengruppe „Weiterführung und Ausbau des Klimaschutz-Management-Systems“

- VEG-13 Einführung eines Umsetzungsmanagements
- VEG-14 Einführung der CO₂-Budgetierung für alle Bereiche (Verwaltung, Betriebe, Gesellschaften)
- VEG-15 Einführung einer Klimawirkungsprüfung für Entscheidungen im unmittelbaren Zuständigkeitsbereich der Organisationen des Stadtverbunds

- VEG-16 Weiterführung und Ausbau des Klimabudget
- VEG-17 Koordinierung u. Ausbau der Arbeitsstrukturen sowie der steuernden Gremien im Rahmen des KSMS

Maßnahmengruppe „Bereitstellung von finanziellen und personellen Ressourcen (zentral / dezentral)“

- VEG-18 Sachmittel und neue Stellen bei sämtlichen Ämtern

Maßnahmengruppe „Weiterführung und Ausbau eines betrieblichen Umwelt-/ Klimamanagementsystems für alle Ämter, Eigenbetriebe und Gesellschaften mittels ÖKOPROFIT“

- VEG-19 Umsetzung eines Stufenmodells zur Einführung eines Umwelt- und Klimamanagementsystems bis 2030

Maßnahmengruppe „Beteiligung und Kommunikation“

VEG-20 Ausbau der internen Kommunikation

Maßnahmengruppe „Stärkung der nachhaltigen Beschaffung“

VEG-21 Weiterentwicklung der allgemeinen Beschaffungsvorgaben

VEG-22 Umstellung auf zertifiziertem Ökostrom (z.B. OK-Power)

21.2. Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen

Alle im Maßnahmenkatalog beschriebenen Maßnahmen sind wichtig für die Erreichung der Klimaschutzziele. Es können jedoch nicht alle Projekte gleichzeitig angegangen werden, einige sind augenscheinlich dringender als andere. Daher wurde ein Bewertungs- und Priorisierungssystem angewandt, um die Maßnahmen zu priorisieren.

21.2.1. Methodik zur Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen

In den Maßnahmenkatalog wurden neben Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept 2015 auch Maßnahmen aufgenommen, die (mittlerweile) als kommunale Pflichtaufgabe definiert sind. Sofern es bereits Beschlüsse der zuständigen Gremien der Stadt zu deren Umsetzung gibt und / oder sofern es sich um Pflichtaufgaben handelt, werden diese Maßnahmen in jedem Fall als Prioritär eingestuft.

Für die sonstigen Maßnahmen fließen folgende drei Bewertungskriterien in die Bewertung ein und werden nachfolgend beschrieben:

1. Klimarelevanz
2. Signifikanz
3. Umsetzungsvoraussetzungen

Klimarelevanz

Die Klimarelevanz veranschaulicht die zu erwartenden Wirkungen einer Maßnahme im Hinblick auf Energie- und THG-Einsparung. Nicht allen Maßnahmen können Einsparpotenziale zugeordnet werden, viele Maßnahmen wirken rahmensetzend oder unterstützend. Das trifft insbesondere auf organisatorische und informatorische Maßnahmen zu. Bei diesen Maßnahmen wurde auf eine Bewertung der Klimarelevanz verzichtet. Bei einigen Maßnahmen können die THG-Minderungspotenziale sehr konkret gefasst werden, bei anderen sind qualitative Abschätzungen über indirekte Wirkungen erforderlich.

Wo dies möglich ist, erfolgt die Bewertung der Klimarelevanz anhand der THG-Einsparung im Ziel 2045-Szenario nachfolgender Skala:

- hohe Klimarelevanz: die Maßnahme trägt dazu bei, dass 3,0 % oder mehr der THG-Einsparungen des „Ziel 2045-Szenarios“ erreicht werden,
- mittlere Klimarelevanz: zwischen 0,2 und 3,0 % der THG-Einsparungen im „Ziel 2045-Szenario“ werden durch die Maßnahme beeinflusst,
- geringe Klimarelevanz: die Maßnahme trägt dazu bei, dass weniger als 0,2 % der THG-Einsparungen des „Ziel 2045-Szenarios“ erreicht werden.

Je nach Einstufung werden für dieses Kriterium folgende Punktzahlen vergeben:

- 3 Punkte bei hoher Klimarelevanz,
- 2 Punkte bei mittlerer Klimarelevanz,
- 1 Punkt bei geringer Klimarelevanz bzw. wenn keine Bewertung möglich ist.

Signifikanz

Mit der Signifikanz einer Maßnahme wird deren Bedeutung und Wichtigkeit für den Gesamtprozess sowie den klima- und energiepolitischen Diskurs in der Region bewertet. Eine hohe Signifikanz hat eine Maßnahme z.B. dann, wenn sie Voraussetzung für weitere Maßnahmen bzw. für die Erreichung der Klimaschutzziele ist, wenn die Maßnahme eine Signal- bzw. Multiplikatorwirkung hat, oder wenn sie besonders schnell wirksam oder effektiv ist.

Die Bewertung der Signifikanz ist weit gehend subjektiv, orientiert sich aber an folgenden konkreten Fragestellungen:

- a) Ist die Maßnahme eine (notwendige) Voraussetzung für andere Maßnahmen?
- b) Zeigt die Maßnahme schnelle Ergebnisse bzw. ermöglicht die effiziente Erschließung von Reduktionspotenzialen?
- c) Werden mit der Maßnahme weitere Multiplikatoren / Maßnahmen erreicht und / oder geht von der Maßnahme eine erkennbare Signalwirkung aus?
- d) Passt die Maßnahme besonders gut zum Selbstbild der Stadt, oder gibt es sonstige Aspekte, die die Signifikanz der Maßnahme begründen?

Je Fragestellung wird in der Regel ein Punkt vergeben. Stellt eine Maßnahme eine „notwendige“ Voraussetzung dar, werden hier zwei Punkte vergeben.

Erhält eine Maßnahme vier oder mehr Punkte, wird die Signifikanz als „hoch“ eingeschätzt, bei weniger als zwei Punkten als „gering“ und ansonsten als „mittel“.

Je nach Einstufung werden für dieses Kriterium folgende Punktzahlen vergeben:

- 3 Punkte bei hoher Signifikanz,
- 2 Punkte bei mittlerer Signifikanz,
- 1 Punkt bei geringer Signifikanz.

Umsetzungsvoraussetzungen

Die Umsetzbarkeit einer Maßnahme ist wiederum ein an subjektive Teilkriterien gebundenes Bewertungskriterium. Wenn die Umsetzung der Maßnahme mit geringen Hemmnissen verbunden ist, dann ist die Umsetzbarkeit hoch. Ähnlich wie bei der Signifikanz dienen konkrete Fragen zur Bewertung der Umsetzungsvoraussetzungen:

- a) Die Maßnahme ist nicht komplex, da bspw. nur wenige Akteure beteiligt sind.
- b) Es sind keine politischen / administrativen Barrieren oder Widerstände wichtiger Akteursgruppen zu erwarten.
- c) Der logistische / finanzielle Aufwand ist gering, oder die Mittel sind bereits im Haushalt eingestellt.
- d) Es gibt bereits erkennbare Ansätze / Akteure zur Umsetzung.

Je Fragestellung wird in der Regel ein Punkt vergeben.

Erhält eine Maßnahme vier oder mehr Punkte, werden die Umsetzungsvoraussetzungen als „hoch“ eingeschätzt, bei weniger als zwei Punkten als „gering“ und ansonsten als „mittel“.

Je nach Einstufung werden für dieses Kriterium folgende Punktzahlen vergeben:

- 3 Punkte bei hohen (bzw. guten) Umsetzungsvoraussetzungen,
- 2 Punkte bei mittleren Umsetzungsvoraussetzungen,
- 1 Punkt bei geringen (bzw. schlechten) Umsetzungsvoraussetzungen.

Gesamtbewertung und Priorisierung

Die Punkte-Bewertung der drei genannten Kriterien wird wie folgt in eine Gesamtbewertung und Priorisierung überführt:

- a) Ist eine Maßnahme eine Pflichtaufgabe und / oder liegt bereits ein Beschluss zu ihrer Umsetzung vor, wird sie – unabhängig von der Bewertung der sonstigen Kriterien - als „Maßnahmen hoher Priorität“ (P1) eingestuft.
- b) Das gilt gleichermaßen, wenn eine Maßnahme eine „hohe Klimarelevanz“ hat.

Stand: 04. Dez. 2023

- c) Ansonsten werden Maßnahmen mit einer Gesamtpunktzahl von
- 7 und mehr Punkten als „Maßnahmen hoher Priorität“ (P1) eingestuft,
 - 5 oder 6 Punkten als „Maßnahmen mittlerer Priorität“ (P1) eingestuft,
 - weniger als 4 Punkte als „Maßnahmen geringer Priorität“ (P3) eingestuft.

21.2.2. Übersicht über die Priorisierung der Maßnahmen

Insgesamt werden

- 42 Maßnahmen als „Maßnahmen hoher Priorität“ (P1),
- 30 Maßnahmen als „Maßnahmen mittlerer Priorität“ (P2),
- 4 Maßnahmen als „Maßnahmen geringer Priorität“ (P3) eingestuft.

Die folgende Tabelle zeigt die Aufteilung nach Handlungs- und Themenfeldern.

Tabelle 28: Maßnahmenpriorisierung; Aufteilung nach Handlungs- und Themenfeldern

Handlungsfeld / Themenfeld	Priorität			Summe
	P1	P2	P3	
Energie	16	13	0	29
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	2	7	0	9
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	10	1	0	11
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	2	2	0	4
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	2	3	0	5
Mobilität	7	5	0	12
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	2	4	0	6
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	5	1	0	6
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	9	3	1	13
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	3	3	0	6
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	6	0	1	7
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	10	9	3	22
<i>Liegenschaften</i>	5	2	1	8
<i>Mobilität</i>	1	2	1	4
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	4	5	1	10
Summen	42	30	4	76

Stand: 04. Dez. 2023

In den folgenden Tabellen wird eine Übersicht über die Priorisierung der Maßnahmen, gegliedert nach Handlungs- und Themenfeldern dargestellt.

Tabelle 29: Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Energie“

Handlungsfeld	Themenfeld	Nr.	Bezeichnung der Maßnahme	Bewertung				Pflichtaufgabe oder Beschluss?	Priorität		
				Klimarelevanz	Signifikanz	Umsetzungsvoraussetzungen					
				k. B. = keine Bewertung möglich							
Energie	Energie- und Wärmeplanung	EN-01	Fortschreibung und Detaillierung der Wärmeplanung	○	k. B.	●	Hoch	●	Mittel	✓	P1
		EN-02	Erstellung eines sektorübergreifenden Netzentwicklungsplans	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	○	P2
		EN-03	Erstellung einer Solarstrategie	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
		EN-04	Erstellung einer Potenzialstudie zur Nutzung von erneuerbaren Gasen	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-05	Bereitstellung von Grundlageninformationen zur Nutzung der "mitteltiefen" Geothermie	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-06	Erstellung einer Potenzialstudie zur Nutzung von Flusswärmepumpen	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-07	Untersuchung eines Großwärmespeichers	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-08	Erstellung einer PV-Potenzialstudie	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	○	P2
		EN-15	Potenzialstudie industrielle Abwärme	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
	Energiebereitstellung und -verteilung	EN-09	Ausbau der Stromnetzinfrastruktur zur Elektrifizierung des Wärme- und Mobilitätssektors	○	k. B.	●	Hoch	●	Mittel	○	P2
		EN-10	Umbau Gasnetz	○	k. B.	●	Hoch	●	Gering	✓	P1
		EN-11	Etablierung von Energieversorgungsstrukturen auf Block- oder Quartiersebene (Schwerpunkt Wärmeversorgung)	●	Hoch	●	Hoch	●	Mittel	○	P1
		EN-12	Geothermiekraftwerk	●	Mittel	●	Hoch	●	Mittel	○	P1
		EN-13	Windkraft Taunuskamm	●	Mittel	●	Mittel	●	Mittel	✓	P1
		EN-14	Flusswasser-Großwärmepumpe	●	Mittel	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
		EN-16	Erstellung einer Fernwärmeausbaustrategie	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
		EN-17	Ausbau der Fernwärmenetze	●	Hoch	●	Hoch	●	Mittel	○	P1
		EN-19	Transformationsplan zur Dekarbonisierung der Fernwärme	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	✓	P1
		EN-20	Ausbau und Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugungsanlagen	●	Hoch	●	Hoch	●	Mittel	✓	P1
		EN-21	Schaffung der Randbedingungen für einen zügigen Ausbau des Fernwärmenetzes (Abstimmung und Priorisierung bei Konkurrenzsituationen)	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
	Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Erzeugung und	EN-22	Umsetzung umfangreicher Einspar- und Effizienzmaßnahmen (Wohngebäude / gemischt genutzte Gebäude)	●	Hoch	●	Mittel	●	Mittel	○	P1
		EN-23	Umstellung auf Energieträger EE und der Erzeugung auf EE	●	Hoch	●	Mittel	●	Mittel	✓	P1
		EN-24	Fortführung und Stärkung der Förderung im Bereich "Sanieren und Erzeugen" (Förderprogramme)	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-25	Fortführung und Ausbau der Beratungsangebote im Bereich "Einsparung / Effizienz / Erzeugung" (Umweltladen, KSA)	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
	Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)	EN-26	Umsetzung umfangreicher Einspar- und Effizienzmaßnahmen (Nichtwohngebäude / Prozesse)	●	Hoch	●	Mittel	●	Mittel	○	P1
		EN-27	Umstellung auf Energieträger EE und der Erzeugung auf EE	●	Hoch	●	Mittel	●	Mittel	✓	P1
		EN-28	Weiterführung und Ausbau der Förderung von Umwelt-, Klima- und Energiemanagementsystemen mit ÖKOPROFIT	●	Gering	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-29	Fortführung und Ausbau der Netzwerke und Partnerschaften im Bereich Umwelt-, Klima, Energieeffizienz (EEKN, ÖKOPROFIT-Klub)	●	Gering	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		EN-30	Fortführung und Ausbau der zielgruppenspezifischen Beratungsangebote im Bereich "Einsparung/Effizienz/Erzeugung" (Wirtschaft)	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 30: Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Mobilität“

Handlungsfeld	Themenfeld	Nr.	Bezeichnung der Maßnahme	Bewertung				Pflichtaufgabe oder Beschluss?	Priorität		
				Klimarelevanz		Signifikanz				Umsetzungsvoraussetzungen	
Mobilität	Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur	MO-01	Ausbau Sharing-Angebote (Car, Bike...)	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	○	P2
		MO-02	Ausbau von Bus und Bahn	○	k. B.	●	Hoch	●	Mittel	✓	P1
		MO-03	Stärkung des Radverkehrs durch Erweiterung der Radverkehrsinfrastruktur	●	Hoch	●	Hoch	●	Gering	○	P1
		MO-04	Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur mit EE	●	Hoch	●	Hoch	●	Mittel	○	P1
		MO-05	Umstellung Busflotte (Strom / H2)	●	Mittel	●	Mittel	●	Mittel	✓	P1
		MO-06	Fortschreibung und Umsetzung klimafreundlicher Mobilitätspläne/Konzepte	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
	Mobilität Haushalte, Wirtschaft	MO-07	Förderung eines klimafreundlichen Wirtschafts- und Lieferverkehrs	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	✓	P1
		MO-08	Ausbau der betrieblichen und individuellen Ladeinfrastruktur	○	k. B.	●	Hoch	●	Mittel	✓	P1
		MO-10	Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Kindergärten	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		MO-11	Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Schulen	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		MO-12	Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Unternehmen	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2
		MO-13	Fortführung, Erweiterung und Umsetzung zielgruppenspezifisches Mobilitätsmanagement: Neubürger	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	○	P2

Tabelle 31: Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)“

Handlungsfeld	Themenfeld	Nr.	Bezeichnung der Maßnahme	Bewertung				Pflichtaufgabe oder Beschluss?	Priorität		
				Klimarelevanz		Signifikanz				Umsetzungsvoraussetzungen	
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung	PSA-01	Ausrichtung der Bebauungspläne und der städtebaulichen Verträge zur Umsetzung der Belange: Klimaschutz / Anpassung / Energie	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	✓	P1
		PSA-02	Ausweitung der Fernwärmesatzungsgebiete	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	○	P2
		PSA-03	Erlass einer Solarsatzung	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	○	P2
		PSA-04	Überarbeitung Stellplatzsatzung	○	k. B.	●	Mittel	●	Mittel	○	P2
		PSA-05	Aufstellung und Überprüfung der Leitlinien "Nachhaltige Quartiersentwicklung"	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
		PSA-06	Energieeffizienz im Quartier; Erstellung und Umsetzung von Stadtsanierung KfW-432	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
	Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen	PSA-07	Einführung einer Klimawirkungsprüfung für Entscheidungen der städtischen Gremien	○	k. B.	●	Mittel	●	Gering	✓	P1
		PSA-08	periodische Fortentwicklung von verbindlichen Klimaschutzplänen (Ziele, Maßnahmen und Verantwortlichkeiten)	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	✓	P1
		PSA-09	Entwicklung eines CO2-Budgets für Wiesbaden	○	k. B.	●	Mittel	●	Gering	○	P3
		PSA-10	Monitoring und Reporting	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	✓	P1
		PSA-11	Fortführung des Klimaschutzbeirates	○	k. B.	●	Mittel	●	Hoch	✓	P1
		PSA-12	Fortführung und Weiterentwicklung der Kommunikationsstrategie der LHW	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1
		PSA-13	Koordinierung u. Ausbau von Arbeitsgruppen sowie steuernden Gremien zur klimafreundlichen Stadtentwicklung	○	k. B.	●	Hoch	●	Hoch	○	P1

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 32: Priorisierung der Maßnahmen im Handlungsfeld „Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften“

Handlungsfeld	Themenfeld	Nr.	Bezeichnung der Maßnahme	Bewertung				Pflichtaufgabe oder Beschluss?	Priorität
				Klimarelevanz	Signifikanz	Umsetzungsvoraussetzungen			
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	Liegenschaften	VEG-01	Weiterentwicklung des kommunalen Energiemanagements	● Gering	● Hoch	● Hoch	● Hoch	○	P1
		VEG-02	Einführung eines einheitlichen Energiemanagements für alle Ämter und deren Liegenschaften	○ k. B.	● Mittel	● Gering	○	○	P3
		VEG-03	Anwendung der Richtlinien zum nachhaltigen Bauen / Neubau mit Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNB)	○ k. B.	● Mittel	● Mittel	○	✓	P1
		VEG-04	Erstellung und Umsetzung von Sanierungsfahrplänen	● Mittel	● Hoch	● Mittel	○	○	P1
		VEG-05	Umstellung der Wärmeversorgung	● Gering	● Hoch	● Mittel	○	○	P2
		VEG-06	Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED	● Gering	● Mittel	● Hoch	○	○	P2
		VEG-07	Umsetzung LED-Roll-Out	● Gering	● Mittel	● Mittel	○	✓	P1
		VEG-08	Errichtung von PV-Anlagen auf allen geeigneten städtischen Gebäuden und Flächen	● Gering	● Mittel	● Mittel	○	✓	P1
	Mobilität	VEG-09	Einführung eines betrieblichen Mobilitätsmanagements	○ k. B.	● Mittel	● Mittel	○	○	P2
		VEG-10	Weiterführung des Jobtickets	○ k. B.	● Mittel	● Mittel	○	○	P2
		VEG-11	Umstellung der Fahrzeugflotte auf Strom	● Gering	● Mittel	● Hoch	○	✓	P1
		VEG-12	ämterübergreifende Bewirtschaftung des Fuhrparks	○ k. B.	● Mittel	● Gering	○	○	P3
	Übergreifende Maßnahmen	VEG-13	Einführung eines Umsetzungsmanagements	○ k. B.	● Mittel	● Mittel	○	○	P2
		VEG-14	Einführung der CO2-Budgetierung für alle Bereiche (Verwaltung, Betriebe, Gesellschaften)	○ k. B.	● Mittel	● Mittel	○	○	P2
		VEG-15	Einführung einer Klimawirkungsprüfung für Entscheidungen im unmittelbaren Zuständigkeitsbereich der Organisationen des Stadtverbunds	○ k. B.	● Mittel	● Gering	○	✓	P1
		VEG-16	Weiterführung und Ausbau des Klimabudget	○ k. B.	● Hoch	● Mittel	○	✓	P1
		VEG-17	Koordinierung u. Ausbau der Arbeitsstrukturen sowie der steuernden Gremien im Rahmen des KSMS	○ k. B.	● Hoch	● Hoch	○	✓	P1
		VEG-18	Sachmittel und neue Stellen bei sämtlichen Ämtern	○ k. B.	● Hoch	● Mittel	○	○	P2
		VEG-19	Umsetzung eines Stufenmodells zur Einführung eines Umwelt- und Klimamanagementsystems bis 2030	○ k. B.	● Mittel	● Mittel	○	✓	P1
		VEG-20	Ausbau der internen Kommunikation	○ k. B.	● Mittel	● Hoch	○	○	P2
		VEG-21	Weiterentwicklung der allgemeinen Beschaffungsvorgaben	○ k. B.	● Mittel	● Gering	○	○	P3
		VEG-22	Umstellung auf zertifizierten Ökostrom (z.B. OK-Power)	● Mittel	● Mittel	● Mittel	○	○	P2

Stand: 04. Dez. 2023

21.3. Treibhausgasminderung

Insgesamt tragen die Maßnahmen zu einer THG-Minderung (soweit diese quantifizierbar war) von circa 1,87 Mio. t CO₂ eq. bei. Mit nahezu 1,85 Mio. t CO₂ eq. tragen daran die Maßnahmen hoher Priorität dazu mit Abstand den höchsten Anteil.

Tabelle 33: Quantifizierbarer Beitrag der Maßnahmen zur THG-Minderung [t CO₂ eq. / a] nach Priorität

Handlungsfeld / Themenfeld	Priorität THG-Minderung [t CO ₂ eq. / a]			Summe THG-Minderung [t CO ₂ eq. / a]
	P1	P2	P3	
Energie	1.195.630	1.760	0	1.197.390
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	0	1.760	0	1.760
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	124.000	0	0	124.000
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	428.500	0	0	428.500
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	643.130	0	0	643.130
Mobilität	643.000	2.500	0	645.500
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	0	2.500	0	2.500
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	643.000	0	0	643.000
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	0	0	0	0
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	0	0	0	0
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	0	0	0	0
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	10.231	16.365	0	26.596
<i>Liegenschaften</i>	10.101	3.682	0	13.783
<i>Mobilität</i>	130	0	0	130
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	0	12.683	0	12.683
Summen	1.848.861	20.625	0	1.869.486

Stand: 04. Dez. 2023

Betrachtet man den Beitrag der Maßnahmen nach Maßnahmenstatus bzw. vorgeschlagenem Zeitpunkt des Maßnahmenstarts wird deutlich, dass laufende (bereits initiierte) Maßnahmen bzw. deren Intensivierung einen Anteil von über 90 % an der quantifizierbaren THG-Einsparung des gesamten Maßnahmenkatalogs haben.

Tabelle 34: Quantifizierbarer Beitrag der Maßnahmen zur THG-Minderung [t CO₂ eq. / a] nach Zeitpunkt des Maßnahmenbeginns

Handlungsfeld / Themenfeld	THG-Minderung [t CO ₂ eq. / a] nach Maßnahmenbeginn				Summe THG-Minderung [t CO ₂ eq. / a]
	Fortführung / Intensivierung lfd. Maßnahmen	2024 / 2025	2026 bis 2028	2029ff	
Energie	1.071.630	125.760	0	0	1.197.390
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	0	1.760	0	0	1.760
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	0	124.000	0	0	124.000
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	428.500	0	0	0	428.500
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	643.130	0	0	0	643.130
Mobilität	645.500	0	0	0	645.500
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	2.500	0	0	0	2.500
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	643.000	0	0	0	643.000
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	0	0	0	0	0
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	0	0	0	0	0
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	0	0	0	0	0
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	490	26.106	0	0	26.596
<i>Liegenschaften</i>	360	13.423	0	0	13.783
<i>Mobilität</i>	130	0	0	0	130
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	0	12.683	0	0	12.683
Summen	1.717.620	151.866	0	0	1.869.486

Stand: 04. Dez. 2023

21.4. Kosten und Ressourcenbedarf

21.4.1. Gesamtstadt

Die Umsetzung der Maßnahmen wird in der Landeshauptstadt Wiesbaden zu erheblichen einmaligen und / oder laufenden Kosten führen. Das gilt insbesondere für die investiven Maßnahmen zur Wärmewende.

In der folgenden Tabelle sind die quantifizierbaren Kosten der Maßnahmen, ohne Abzug etwaiger Fördermittel und ohne Gegenrechnung von Einspareffekten (durch vermiedene Energiebezugs- und CO₂-Abgaben) für die Gesamtstadt dargestellt.

Tabelle 35: Quantifizierbare Gesamtkosten aller Maßnahmen bis 2045 (ohne Abzug möglicher Fördermittel und ohne Gegenrechnung von Einspareffekten)

Handlungsfeld / Themenfeld	Priorität			Summe
	P1	P2	P3	
Energie	7.547.330.000 €	484.145.000 €	0 €	8.031.475.000 €
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	480.000 €	1.475.000 €	0 €	1.955.000 €
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	396.850.000 €	450.000.000 €	0 €	846.850.000 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	7.150.000.000 €	26.250.000 €	0 €	7.176.250.000 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)¹⁸</i>	0 €	6.420.000 €	0 €	6.420.000 €
Mobilität	527.208.000 €	242.000 €	0 €	527.450.000 €
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	23.300.000 €	242.000 €	0 €	23.542.000 €
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	503.908.000 €	0 €	0 €	503.908.000 €
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	11.043.000 €	0 €	25.000 €	11.068.000 €
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	5.270.000 €	0 €	0 €	5.270.000 €
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	5.773.000 €	0 €	25.000 €	5.798.000 €
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	1.872.014.800 €	95.889.680 €	135.000 €	1.968.039.480 €
<i>Liegenschaften</i>	1.450.614.800 €	9.750.000 €	75.000 €	1.460.439.800 €
<i>Mobilität</i>	83.450.000 €	84.630.000 €	10.000 €	168.090.000 €
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	337.950.000 €	1.509.680 €	50.000 €	339.509.680 €
Summen	9.957.595.800 €	580.276.680 €	160.000 €	10.538.032.480 €

¹⁸ s.u.: Abschätzung nur tlw. möglich

Insgesamt werden bis 2045 Kosten von über 10 Milliarden Euro für die Maßnahmen geschätzt, davon alleine über 7 Milliarden Euro in privaten Haushalten für Maßnahmen zur Energieeinsparung und zum Energieträgerwechsel im Gebäudesektor.

Eine Abschätzung der Kosten im Sektor Wirtschaft war im Rahmen des Gutachtens nur zum Teil belastbar zu leisten. Insofern liegen die zu erwartenden Gesamtkosten über den Tabellenwerten.

Stand: 04. Dez. 2023

21.4.2. Haushalt der Landeshauptstadt Wiesbaden

Die Umsetzung der Maßnahmen wird auch für den Haushalt der Landeshauptstadt Wiesbaden zu erheblichen einmaligen und / oder laufenden Kosten führen.

In den folgenden Tabellen sind die quantifizierbaren Kosten für den Haushalt der Landeshauptstadt Wiesbaden dargestellt.

21.4.2.1 Sachmittel

Fokussiert man sich auf die für den Haushalt der Landeshauptstadt Wiesbaden zukommenden Belastungen, so ergeben sich bis 2045 Gesamtkosten ohne Abzug möglicher Fördermittel und ohne Gegenrechnung von Einspareffekten in Höhe von circa 2,2 Milliarden Euro.

Tabelle 36: Quantifizierbare Gesamtkosten der für den Haushalt der LHW wirksamen Maßnahmen bis 2045 (ohne Abzug möglicher Fördermittel und ohne Gegenrechnung von Einspareffekten)

Handlungsfeld / Themenfeld	Priorität			Summe
	P1	P2	P3	
Energie	480.000 €	31.550.000 €	0 €	32.030.000 €
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	480.000 €	450.000 €	0 €	930.000 €
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	0 €	0 €	0 €	0 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	0 €	26.250.000 €	0 €	26.250.000 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	0 €	4.850.000 €	0 €	4.850.000 €
Mobilität	174.588.000 €	200.000 €	0 €	174.788.000 €
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	800.000 €	200.000 €	0 €	1.000.000 €
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	173.788.000 €	0 €	0 €	173.788.000 €
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	7.091.000 €	0 €	25.000 €	7.116.000 €
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	1.318.000 €	0 €	0 €	1.318.000 €
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	5.773.000 €	0 €	25.000 €	5.798.000 €
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	1.872.015.000 €	95.890.000 €	135.000 €	1.968.040.000 €
<i>Liegenschaften</i>	1.450.615.000 €	9.750.000 €	75.000 €	1.460.440.000 €
<i>Mobilität</i>	83.450.000 €	84.630.000 €	10.000 €	168.090.000 €
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	337.950.000 €	1.510.000 €	50.000 €	339.510.000 €
Summen	2.054.174.000 €	127.640.000 €	160.000 €	2.181.974.000 €

Stand: 04. Dez. 2023

Der größte Kostenblock ergibt sich für die investiven Maßnahmen im Stadtverbund und hier insbesondere für die Maßnahmen im Bereich der Liegenschaften zur Wärmewende.

Nach Abzug von Fördermitteln (nach dem aktuellen Stand der Förderprogramme) würde sich die Belastung bis 2045 auf ca. 1,9 Milliarden Euro reduzieren.

Tabelle 37: Quantifizierbare Gesamtkosten der haushaltswirksamen Maßnahmen (nach Abzug möglicher Fördermittel)

Handlungsfeld / Themenfeld	Priorität			Summe
	P1	P2	P3	
Energie	141.000 €	31.510.000 €	0 €	31.651.000 €
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	141.000 €	410.000 €	0 €	551.000 €
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	0 €	0 €	0 €	0 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	0 €	26.250.000 €	0 €	26.250.000 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	0 €	4.850.000 €	0 €	4.850.000 €
Mobilität	170.474.000 €	158.000 €	0 €	170.632.000 €
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	800.000 €	158.000 €	0 €	958.000 €
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	169.674.000 €	0 €	0 €	169.674.000 €
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	6.858.000 €	0 €	25.000 €	6.883.000 €
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	1.085.000 €	0 €	0 €	1.085.000 €
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	5.773.000 €	0 €	25.000 €	5.798.000 €
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	1.608.360.000 €	90.527.000 €	135.000 €	1.699.022.000 €
<i>Liegenschaften</i>	1.249.615.000 €	4.388.000 €	75.000 €	1.254.078.000 €
<i>Mobilität</i>	20.795.000 €	84.630.000 €	10.000 €	105.435.000 €
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	337.950.000 €	1.510.000 €	50.000 €	339.510.000 €
Summen	1.785.833.000 €	122.195.000 €	160.000 €	1.908.188.000 €

Den größten Anteil an den Kosten haben auch hier die notwendigen Investitionen für die energetische Sanierung des Gebäudebestands. Hier sind allerdings auch die größten Einspareffekte zu erwarten, die im Gegenzug zu einer erheblichen Entlastung des Haushalts bei den laufenden Kosten für den Betrieb und Unterhalt der Liegenschaften führen werden.

Stand: 04. Dez. 2023

In der folgenden Tabelle ist der Finanzbedarf (Kosten nach Abzug möglicher Fördermittel) nach Haushaltsperioden bis inkl. 2027 dargestellt.

Tabelle 38: Mittelfristiger Finanzbedarf für den Haushalt der LHW wirksamen Maßnahmen nach Haushaltjahren bis 2027 (nach Abzug möglicher Fördermittel)

Handlungsfeld / Themenfeld	mittelfristiger Finanzbedarf für die HH-Jahre		
	2023	2024 / 2025	2026 bis 2027
Energie	0 €	3.547.000 €	3.564.000 €
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	0 €	197.000 €	314.000 €
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	0 €	0 €	0 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	0 €	2.500.000 €	2.500.000 €
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	0 €	850.000 €	750.000 €
Mobilität	0 €	16.418.000 €	16.365.000 €
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	0 €	263.000 €	210.000 €
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	0 €	16.155.000 €	16.155.000 €
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	0 €	729.000 €	654.000 €
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	0 €	128.000 €	128.000 €
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	0 €	601.000 €	526.000 €
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	4.991.000 €	63.194.000 €	186.376.000 €
<i>Liegenschaften</i>	2.332.000 €	17.510.000 €	140.607.000 €
<i>Mobilität</i>	2.599.000 €	13.269.000 €	13.259.000 €
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	60.000 €	32.415.000 €	32.510.000 €
Gesamtergebnis	4.991.000 €	83.888.000 €	206.959.000 €

21.4.2.2 Personalbedarf

Neben Sachkosten wird es auch bei Umsetzung der Maßnahmen zu einer weiteren Belastung des Haushalts der Landeshauptstadt Wiesbaden durch erforderlichen zusätzlichen Personalbedarf kommen.

Insgesamt ergibt sich ein Bedarf von 43,25 Vollzeitäquivalenten. Deren Aufteilung auf die Prioritäten bzw. nach Maßnahmenstatus bzw. vorgeschlagenem Zeitpunkt des Maßnahmenstarts ist in den folgenden Tabellen aufgeschlüsselt.

Tabelle 39: Zusätzlicher Personalbedarf (VZ-Äquivalente, nur Verwaltung) nach Priorität

Handlungsfeld / Themenfeld	Priorität			Summe
	P1	P2	P3	
Energie	5,00	3,75	0,00	8,75
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	4,00	0,25	0,00	4,25
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	0,50	0,50	0,00	1,00
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	0,50	3,00	0,00	3,50
Mobilität	5,00	1,50	0,00	6,50
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	0,00	1,50	0,00	1,50
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	5,00	0,00	0,00	5,00
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	8,00	0,00	0,00	8,00
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	2,00	0,00	0,00	2,00
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	6,00	0,00	0,00	6,00
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	18,00	0,50	1,50	20,00
<i>Liegenschaften</i>	12,00	0,00	0,00	12,00
<i>Mobilität</i>	0,00	0,00	1,00	1,00
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	6,00	0,50	0,50	7,00
Summen	36,00	5,75	1,50	43,25

Stand: 04. Dez. 2023

Tabelle 40: Zusätzlicher Personalbedarf (VZ-Äquivalente, nur Verwaltung) nach Status bzw. Zeitpunkt des Maßnahmenbeginns

Handlungsfeld / Themenfeld	Fortführung / Intensivierung lfd. Maßnahmen	Maßnahmenbeginn			Summe
		2024 / 2025	2026 bis 2028	2027 bis 2028	
Energie	4,50	4,00	0,25	0,00	8,75
<i>Energie- und Wärmeplanung</i>	0,00	4,00	0,25	0,00	4,25
<i>Energiebereitstellung und -verteilung</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Haushalte)</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>Strom / Wärme Einsparung, Effizienz, Erzeugung und Umstellung EE (Wirtschaft)</i>	3,50	0,00	0,00	0,00	3,50
Mobilität	5,50	1,00	0,00	0,00	6,50
<i>Mobilität Haushalte, Wirtschaft</i>	0,50	1,00	0,00	0,00	1,50
<i>Mobilitätsplanung und Bereitstellung der Infrastruktur</i>	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Planen, Steuern und Aktivieren (Gesamtstadt)	0,00	8,00	0,00	0,00	8,00
<i>Planung / Quartiers- und Stadtentwicklung</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00
<i>Prozessbegleitung und Steuerung / übergreifende Maßnahmen</i>	0,00	6,00	0,00	0,00	6,00
Stadtverbund: Verwaltung, Eigenbetrieb, Gesellschaften	2,00	18,00	0,00	0,00	20,00
<i>Liegenschaften</i>	0,00	12,00	0,00	0,00	12,00
<i>Mobilität</i>	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
<i>Übergreifende Maßnahmen</i>	2,00	5,00	0,00	0,00	7,00
Summen	12,00	31,00	0,25	0,00	43,25

22 Literaturverzeichnis

- ADFC. (24. April 2023). *Fahrradklimatest 2022: Alle Ergebnisse im Überblick*. (A. D.-C. V., Hrsg.) Von https://fahrradklimatest.adfc.de/fileadmin/BV/FKT/Download-Material/Ergebnisse_2022/ADFC-Fahrradklima-Test_2022_Ergebnistabelle_Druck_Gesamt_A3_230404.pdf abgerufen
- AGEB. (2020). *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland - Daten für die Jahre von 1990 bis 2020*. Berlin: AG Energiebilanzen e. V.
- AGEB. (2021). *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland - Daten für die Jahre von 1990 bis 2021*. Berlin: AG Energiebilanzen e. V.
- Amt für Statistik und Stadtforschung. (2020). *Daten zum Verkehrsverhalten des Wiesbadener Bevölkerung - Ergebnisse des SrV 2018*. Wiesbaden: Landeshauptstadt Wiesbaden.
- BAFA. (2020). *Merkblatt zur Ermittlung des Gesamtenergieverbrauchs*. Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle.
- BMWK. (2021). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
- book-n-drive mobilitätssysteme GmbH. (12. Oktober 2023). *book-n-drive*. Von <https://web.book-n-drive.de/options/@50.0616037,8.3391589,13z> abgerufen
- dena. (Oktober 2012). *Stand-by*. Von Webseite der dena zum Thema Stand-By-Verluste: <http://www.thema-energie.de/strom/stand-by/stand-by.html> abgerufen
- dena. (April 2017). *Initiative Energieeffizienz*. (D. E. (dena), Herausgeber) Von <https://www.effizienznetzwerke.org/> abgerufen
- Deutschlandfunk. (04. März 2015). *Wiesbaden - Radfahren im Feindesland*. Von <https://www.deutschlandfunk.de/wiesbaden-radfahren-im-feindesland-100.html> abgerufen
- dmo, Benz + Walter. (2020). *Technisch-/planerische Dienstleistungen Mobilitätsleitbild Wiesbaden*. Wiesbaden: dmo, Benz + Walter. Von

https://www.mobilitaet365.de/videos/Pru%CC%88fung%20innersta%CC%88dtischer%20Verkehrstra%CC%88ger_.pdf abgerufen

EA NRW. (2010). *Beleuchtung – Potenziale zur Energieeinsparung*. (E. A. Nordrhein-Westfalen, Herausgeber) Von Broschüre der EA NRW:
<http://www.energieagentur.nrw.de/> abgerufen

Energieagentur Rheinland-Pfalz. (2023). *Statusbericht Energiewende in Rheinland-Pfalz 2023*. Kaiserslautern: Energieagentur Rheinland-Pfalz .

ESWE Versorgungs AG. (2022). *Fernwärme*. Von <https://www.eswe-versorgung.de/privatkunden/fernwaerme> abgerufen

Fraunhofer ISE. (21. Dezember 2021). *Verkehrswege Photovoltaik*. Von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/photovoltaik/photovoltaische-module-und-kraftwerke/integrierte-pv/integration-verkehrswege.html> abgerufen

geomer GmbH. (08. Februar 2023). *Wärmebedarfsdaten - Gebäudescharf - für Wärmeplanungen, Quartierskonzepte und Szenarioanalysen: Wärmeatlas Deutschland 2.0*. Von <https://www.geomer.de/geodaten-dienste/waermeatlas-deutschland-20.html> abgerufen

Gerhardt, N., Bard, J., Schmitz, R., Beil, M., Pfennig, M., & Kneiske, T. (2020). *Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme*. Hannover: Fraunhofer IEE.

HLNUG. (01. März 2021). *E2-7 Temperature in 4000 m Tiefe*. (U. u. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Herausgeber) Von https://www.hlnug.de/fileadmin/img_content/geologie/erdwaerme/hessen_3d/Anhang_E2-7_Temperatur_in_4000_m_Tiefe.pdf abgerufen

HMWEVW. (2022). *Energiewende in Hessen - Monitoringbericht 2022*. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen.

ivm GmbH. (23. September 2020). *ESWE Verkehr mit „Prädikat Vorbildlich Mobil“ ausgezeichnet*. Von <https://effizient.ivm-rheinmain.de/news/zertifikatsuebergabe-und-programmstart-wiesbaden/> abgerufen

- ivm GmbH. (09. Oktober 2023). *Besser Zur Schule - Wer macht mit?* Von <https://www.bessertzurschule.de/teilnehmer/> abgerufen
- Jacks, P. (20. Dezember 2021). *Zusätzliche Buslinie im Hainweg.* *Norschter News.* Von <https://norschter-news.de/zusaetzliche-buslinie-im-hainweg/> abgerufen
- Landeshauptstadt Wiesbaden. (2019). *Klimaschutzcontrolling & Klimabilanz der Landeshauptstadt Wiesbaden.* Wiesbaden: Landeshauptstadt Wiesbaden, Umweltamt.
- Landeshauptstadt Wiesbaden. (24. November 2020). *Neue Zahlen zur Umweltspur 1. Ring.* Von <https://www.wiesbaden.de/leben-in-wiesbaden/verkehr/umweltpuren/neue-zahlen-umweltspur.php> abgerufen
- Lauterbach, C., Vajen, K., & Schmitt, B. (2011). *Solarthermie 2011 - VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt - Heizen und Kühlen mit der Sonne.* Ludwigsburg: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt.
- LHW. (2018). *Green City Plan -Masterplan „WI-Connect“. Masterplan – Maßnahmen und Maßnahmenbündel zur Reduzierung der NO2-Luftbelastung in der Landeshauptstadt Wiesbaden.* Wiesbaden: Landeshauptstadt Wiesbaden.
- Mertins, A., Heiker, M., Stroink, A., Rosenberger, S., & Wawer, T. (2022). *Nutzungskonkurrenzen zwischen Biomethan und Wasserstoff im zukünftigen deutschen Energiesystem. 17. Symposium Energieinnovation.* Graz.
- Morcillo, M. (2011). *CO2-Bilanzierung im Klimabündnis.* Frankfurt a.M.
- Müller, T., Bergmann, I., Hausner, R., Höfler, K., & Nussmüller, W. (2004). *Planungsrichtlinien für farbige Fassadenkollektoren.* Gleisdorf: AEE - Institut für Nachhaltige Technologien.
- ÖEA. (Oktober 2012). *Topprodukte.* (Ö. E.-A. Agency, Herausgeber) Von <http://www.topprodukte.at/> abgerufen
- Pendleratlas. (05. Oktober 2022). *Pendleratlas - Kreisfreie Stadt Wiesbaden.* Von <https://www.pendleratlas.de/hessen/wiesbaden/> abgerufen
- Propan Rheingas GmbH & Co. KG. (20. Oktober 2023). *Brennwert & Heizwert verschiedener Brennstoffe.* Von

<https://www.rheingas.de/fluessiggas/gastank/der-energietraeger-fluessiggas/heizwert-brennwert> abgerufen

Quaschnig, V. (2000). Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert. *Reihe 6(Nr. 437)*. Düsseldorf: VDI-Verlag Düsseldorf.

Regionalverband FrankfurtRheinMain. (2019). *Kommunaler Energiesteckbrief - Frankfurt am Main*. Frankfurt am Main: Regionalverband FrankfurtRheinMain.

Rosenow, J. (19. Oktober 2022). Is heating homes with hydrogen all but a pipe dream? An evidence review. *Joule*, 6(10), 2225-2228.

Rudolph, F., Koska, T., & Schneider, C. (2017). *Verkehrswende für Deutschland - Der Weg zu CO2-freier Mobilität bis 2035*. Wuppertal: Wuppertal Institut.

Stadtplanungsamt. (2017). *Begründung zum Bebauungsplan für den Planbereich "Wohngebiet Hainweg" im Ortsbezirk Nordenstadt nach §9 Abs. 8 Baugesetzbuch*. Wiesbaden: Landeshauptstadt Wiesbaden - Stadtplanungsamt.

Statistisches Bundesamt. (17. März 2022). *Stromerzeugung 2021: Anteil konventioneller Energieträger deutlich gestiegen*. Von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html abgerufen

STMUG. (2011). *Leitfaden Energienutzungsplan*. München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit.

Thamling, N., Rau, D., Kemmler, A., Sahnoun, M., & Ortner, S. (2022). *Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045*. Berlin: Prognos.

Thomsen, J., Fuchs, N., Meyer, R., Wanapinit, N., Bampi, B., Gorbach, G., . . . Lenz, M. (2022). *Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors*. Freiburg, Kassel: Fraunhofer ISE.

TU Dresden. (2020). *Mobilitätssteckbrief für Mannheim*. Dresden: TU Dresden.

UBA. (22. März *Energieproduktivität*. (Umweltbundesamt, Herausgeber) Von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieproduktivitaet#der-begriff-der-energieproduktivitaet-und-endenergieproduktivitaet-seit-1990> abgerufen

Übersicht zur Entwicklung der energiebedingten Emissionen und Brennstoffeinsätze in Deutschland 1990 – 2021. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/22_2023_cc_uebersicht_zur_entwicklung_der_energiebedingten_emissionen_barrierefrei.pdf abgerufen

Wachsmuth, J., Michaelis, J., Neumann, F., Wietschel, M., Duscha, V., Degünther, C., . . . Zubair, A. (2019). *oadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Wissenschaftsstadt Darmstadt. (2022). *Klimaschutzplan 2035 der Wissenschaftsstadt Darmstadt*. Darmstadt: Wissenschaftsstadt Darmstadt.

Witzenhausen-Institut GmbH, Pöyry Environment GmbH. (2008). *Biomassepotenzialstudie Hessen - Stand und Perspektiven der energetischen Biomassennutzung in Hessen*. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Wuppertal Institut. (2020). *CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze*. Von <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/924> abgerufen

ANHÄNGE

- Maßnahmensteckbriefe
- Szenario für das Zieljahr 2035
- Entwicklung des Beitrags erneuerbaren Energien und effizienter Erzeugungstechnologien zur Stromerzeugung der Landeshauptstadt Wiesbaden (territoriale Betrachtung)
- Kartenwerk Wärmeplanung



INFRASTRUKTUR & UMWELT
Professor Böhm und Partner

Julius-Reiber-Straße 17
D-64293 Darmstadt
Telefon +49 (0) 61 51/81 30-0
Telefax +49 (0) 61 51/81 30-20

Niederlassung Potsdam

Gregor-Mendel-Straße 9
D-14469 Potsdam
Telefon +49 (0) 3 31/5 05 81-0
Telefax +49 (0) 3 31/5 05 81-20

E-Mail: mail@iu-info.de
Internet: www.iu-info.de