



Zwischenbericht: Bilanz und Potenzialanalyse

für die Stadt Erfstadt

**STADT
ERFSTADT**



Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Stadt Erfstadt und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber:in

Stadt Erfstadt

Stabstelle Klimaschutz

Holzdammm 10

50374: Erfstadt

Ansprechpartnerin: Bärbel Ackermann

Auftragnehmer:in

energielenker projects GmbH

Niederlassung Rhein-Main

Robert-Bosch-Straße 11b

63225 Langen

Ansprechpartner: Demian Wolfering



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	8
1 Einleitung.....	9
1.1 Hintergrund und Motivation	10
2 Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Erfstadt	10
2.1 Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO	11
2.1.1 Bilanzierungsprinzip im stationären Bereich	11
2.1.2 Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr	14
2.2 Datenerhebung des Energiebedarfs der Stadt Erfstadt	14
2.3 Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt	15
2.3.1 Endenergiebedarf nach Sektoren und Energieträgern	15
2.3.2 Endenergiebedarf nach Energieträgern im stationären Bereich	18
2.3.3 Endenergiebedarf des Verkehrs	20
2.3.4 Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen	22
2.4 THG-Emissionen der Stadt Erfstadt	23
2.4.1 THG-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern	24
2.4.2 THG-Emissionen pro Einwohner:in	27
2.4.3 THG-Emissionen nach Energieträgern im stationären Bereich	28
2.4.4 THG-Emissionen des Verkehrs	29
2.4.5 THG-Emissionen der kommunalen Einrichtungen	31
2.5 Regenerative Energien der Stadt Erfstadt	32
2.5.1 Strom	32
2.5.2 Wärme	33
2.5.3 Nachrichtlich: Anrechnung des lokal erzeugten Stromes	35
2.6 Nachrichtlich: Aufteilung des Straßenverkehrs nach Verkehrsströmen	36
2.6.1 Endenergiebedarf	37
2.6.2 THG-Emissionen	38
2.7 Indikatoren	40
2.8 Zusammenfassung der Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz	42
3 Potenzialanalyse der Stadt Erfstadt	44

3.1	Private Haushalte.....	46
3.2	Wirtschaft	50
3.3	Verkehr	55
3.4	Erneuerbare Energien.....	59
3.4.1	Windenergie	59
3.4.2	Sonnenenergie.....	59
3.4.3	Biomasse.....	62
3.4.4	Geothermie	63
3.4.5	Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien	63
4	Szenarien zur Energieeinsparung und THG-Minderung	65
4.1	Schwerpunkt: Wärme	65
4.2	Schwerpunkt: Verkehr	69
4.3	Schwerpunkt: Strom und erneuerbare Energien	71
4.4	End-Szenarien: Endenergiebedarf gesamt.....	75
4.5	End-Szenarien: THG-Emissionen gesamt	76
4.6	Treibhausgasneutralität	78
4.7	Zusammenfassung: Instruktionen aus den Potenzialen und Szenarien für die Erfstadt.....	79
	Literaturverzeichnis.....	81
	Abkürzungsverzeichnis.....	83

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1-1: Entwicklung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022)</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 2-1: Emissionsfaktoren (ifeu)</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 2-2: Endenergiebedarf nach Sektoren der Stadt Erfstadt</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 2-3: Anteil der Sektoren am Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 2-4: Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt nach Energieträgern</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 2-5: Endenergiebedarf im stationären Bereich nach Energieträgern der Stadt Erfstadt.....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 2-6: Endenergiebedarf des Verkehrs 2019.....</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 2-7: Endenergiebedarf des PKW-Straßenverkehrs.....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 2-8: Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt nach Energieträgern</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 2-9: Anteil der Energieträger am Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt.....</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 2-10: THG-Emissionen der Stadt Erfstadt nach Sektoren</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 2-11: Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen der Stadt Erfstadt.....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 2-12: THG-Emissionen der Stadt Erfstadt nach Energieträgern</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 2-13: THG-Emissionen im stationären Bereich nach Energieträgern der Stadt</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 2-14: Endenergiebedarf des Verkehrs 2019.....</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 2-15: THG-Emissionen PKW-Straßenverkehr 2019 [t CO₂e]</i>	<i>31</i>
<i>Abbildung 2-16: HG-Emissionen der kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt nach Energieträgern</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 2-17: Strom-Einspeisemengen aus Erneuerbare-Energien-Anlagen der Stadt Erfstadt</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 2-18: Verteilung des erneuerbaren Stroms nach Energieträgern im Jahr 2019 in der Stadt Erfstadt</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 2-19: Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern in der Stadt Erfstadt</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 2-20: Verteilung der erneuerbaren Wärme nach Energieträgern in der Stadt Erfstadt</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 2-21: Vergleich der THG-Emissionen des Energieträgers Strom nach lokalem Mix der Stadt Erfstadt und bundesweitem Strommix</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 2-22: Darstellung der Verkehrsströme in Anlehnung an (ifeu, 2019)</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 2-23: Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs (eigene Darstellung).....</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 2-24: Endenergiebedarf nach Sektoren 2019 (ohne Autobahn).....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 2-25: THG-Emissionen des Straßenverkehrs – Stadt Erfstadt [t CO₂e].....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 2-26: THG-Emissionen nach Sektoren 2019 (ohne Autobahn).....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 2-27: Punktbewertung des Indikatorensets für die Stadt Erfstadt</i>	<i>40</i>

<i>Abbildung 3-1: Entwicklung des Anteils sanierter Gebäude in den unterschiedlichen Sanierungsszenarien (Eigene Darstellung).....</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 3-3: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Sektor private Haushalte im Trend- und Klimaschutzszenario (Eigene Darstellung)</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 3-4: Energieeinsparpotenziale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014)</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 3-5: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen im Ausgangs- und Zieljahr – Stadt Erftstadt (Eigene Berechnung).....</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 3-6: Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wirtschaft – Stadt Erftstadt.....</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 3-7: Entwicklung der Fahrleistungen im Trendszenario – Stadt Erftstadt (Eigene Berechnung)</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 3-8: Entwicklung der Fahrleistungen im Klimaschutzszenario - Stadt Erftstadt (Eigene Berechnung).....</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 3-9: Entwicklung der Fahrleistung bei fossilen und alternativen Antrieben – Stadt Erftstadt (Eigene Berechnung)</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 3-10: Einsparpotenziale für den Sektor Verkehr – Stadt Erftstadt (Eigene Berechnung).....</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 3-11: Windenergieanalgen Stadt Erftstadt – Auszug Energieatlas NRW (LANUV, 2022)</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 4-1: Entwicklung Wärmebedarf im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnung)</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 4-2: Zukünftiger Wärmebedarf im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung)</i>	<i>67</i>
<i>Abbildung 4-3: Entwicklung Wärmebedarf der Haushalte im Klimaschutzszenario (Eigene Darstellung)</i>	<i>68</i>
<i>Abbildung 4-4: Entwicklung Wärmebedarf der Wirtschaft im Klimaschutzszenario (Eigene Darstellung)</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 4-5: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Trendszenario (Eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten).....</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 4-6: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten).....</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 4-7: Entwicklung des Strombedarfs im Trendszenario (Eigene Berechnung).....</i>	<i>72</i>
<i>Abbildung 4-8: Entwicklung des Strombedarfs im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung).....</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 4-9: Kommunenspezifischer Ausbaupfad der Erneuerbaren Energien und Gegenüberstellung des Maximalpotenzials bis zum Zieljahr 2040 (Eigene Berechnung).....</i>	<i>74</i>
<i>Abbildung 4-10: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Trendszenario (Eigene Berechnung)</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 4-11: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung) ..</i>	<i>76</i>
<i>Abbildung 4-12: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Trendszenario (Eigene Berechnung) ...</i>	<i>77</i>
<i>Abbildung 4-13: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung).....</i>	<i>77</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 2-1: Datenquellen der Datenerhebung im Rahmen der Energie- und THG-Bilanzierung 2019.</i>	<i>15</i>
<i>Tabelle 2-2: THG-Emissionen pro Einwohner:in der Stadt Erfstadt.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 2-3: Indikatorenset – Auszug aus dem Klimaschutzplaner</i>	<i>40</i>
<i>Tabelle 3-1: Gebäude mit Wohnraum und Wohnungen in Gebäuden mit Wohnraum nach Baujahr (Statistisches Bundesamt, 2022)</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 3-2: Wohnungen nach Größe des Haushalts</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 3-3: Wärmebedarf nach Altersklassen (Mehr Demokratie e.V., 2020).....</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 3-4: Grundlagendaten und resultierender Energiebedarfsindex für Trend- und Klimaschutzszenario.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 3-5: Prozentuale Veränderung der Fahrleistung bis zum jeweiligen Zieljahr (Angaben in Mio. Fz-km)</i>	<i>57</i>
<i>Tabelle 3-6: Potenzielle Agri-PV für die Stadt Erfstadt (Eigene Berechnung)</i>	<i>61</i>
<i>Tabelle 3-7: Potenzielle Erträge aus Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft</i>	<i>62</i>
<i>Tabelle 3-8: Potenzieller Strom- und Wärmeertrag durch erneuerbare Energien</i>	<i>64</i>
<i>Tabelle 4-1: Prozentuale Verteilung der Energieträger im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung)</i>	<i>67</i>
<i>Tabelle 4-2: Entwicklung des Strombedarfes in den Szenarien (Eigene Berechnung).....</i>	<i>71</i>
<i>Tabelle 4-3: Zusammenfassung: Instruktionen aus den Potenzialen und Szenarien für die Stadt Erfstadt</i>	<i>80</i>

1 Einleitung

Die Herausforderungen des Klimawandels sind allgegenwärtig. Temperaturanstieg, schmelzende Gletscher und Pole, ein steigender Meeresspiegel, Wüstenbildung und Bevölkerungswanderungen. Dennoch sind viele der vom Ausmaß der Erwärmung abhängigen Szenarien zum jetzigen Zeitpunkt kaum vorhersagbar. Hauptverursacher der globalen Erderwärmung sind nach Einschätzungen der Expert:innen die Emissionen von Treibhausgasen (THG) wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (Lachgas: N₂O), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Fluorkohlenwasserstoffe.

Diese Einschätzungen wurden bereits durch den Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)-Report aus dem Jahr 2014 gestützt sowie mit dem Bericht aus 2018 bestärkt. Die Aussagen des Berichtes deuten auf einen hohen anthropogenen Anteil an der Erhöhung des Gehaltes von Treibhausgasen in der Atmosphäre hin. Auch ein bereits stattfindender Klimawandel, einhergehend mit Erhöhungen der durchschnittlichen Temperaturen an Land und in den Meeren, wird bestätigt und ebenfalls zu großen Teilen menschlichem Handeln zugeschrieben. Am 9. August 2021 wurde der sechste Sachstandsbericht des IPCC veröffentlicht, welcher darlegt, dass „die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen [...] eindeutig die Ursache für die bisherige und die weitere Erwärmung des Klimasystems“ sind (UBA, 2021). Das Schmelzen der Gletscher und Eisdecken an den Polen, das Ansteigen des Meeresspiegels sowie das Auftauen der Permafrostböden werden durch den Bericht bestätigt. Dies scheint sich sogar im Zeitraum zwischen 2002 und 2011, im Vergleich zur vorigen Dekade, deutlich beschleunigt zu haben. Der menschliche Einfluss auf diese Prozesse wird im IPCC-Bericht, der jüngst im Jahr 2021 eine Erderwärmung um 1,5 Grad bis 2030 prognostiziert hat, als sicher angesehen. Auch in Deutschland scheint der Klimawandel spürbar zu werden, wie die steigende Anzahl extremer Wetterereignisse (z. B. „Pfingststurm Ela“ im Jahr 2014, „Sturmtief Frederike“ und trockener Hitzesommer 2018 und 2019, Flutkatastrophe im Sommer 2021 entlang der Ahr und in der Eifel) oder auch die Ausbreitung von wärmeliebenden Tierarten (z. B. tropische Mückenarten am Rhein) verdeutlichen.

Die US-amerikanische Ozean- und Atmosphärenbehörde (NOAA) gibt den Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre an. Während im Januar 2017 ein Wert von 406,13 ppm gemessen wurde, lag dieser im Februar 2022 bereits bei 419,28 ppm (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022). In vorindustriellen Zeiten lag der Wert bei etwa 280 ppm. Zu Beginn der Messungen in den 1950er Jahren bei etwa 320 ppm. Die Entwicklung in den letzten Jahren sowie seit Beginn der Aufzeichnungen werden in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt:

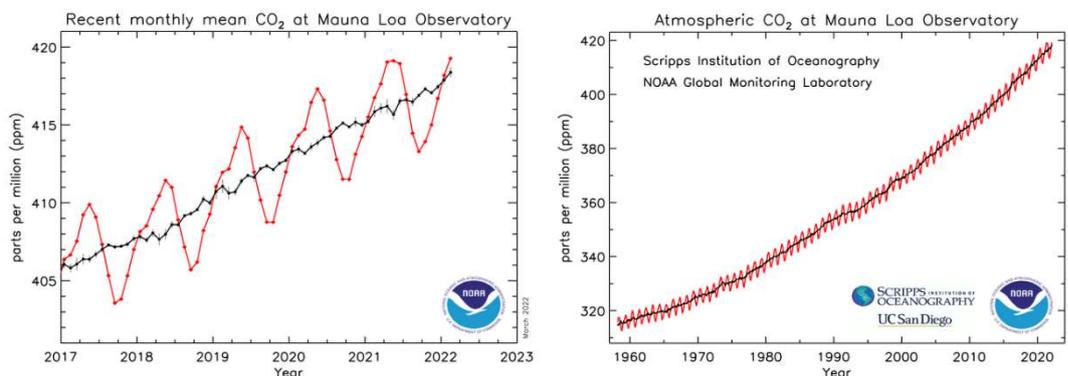


Abbildung 1-1: Entwicklung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022)

Um die Außergewöhnlichkeit und Einzigartigkeit des in der Abbildung 1-1 dargestellten CO₂-Anstiegs sichtbar zu machen, muss dieser im zeitlichen Zusammenhang betrachtet werden. Zwar ist ein Anstieg

der CO₂-Emissionen und der Temperatur in der Erdgeschichte kein besonderes Ereignis; die Geschichte ist geprägt vom Fallen und Ansteigen dieser Werte. Das Besondere unserer Zeit ist jedoch die Geschwindigkeit des CO₂-Anstiegs, welcher nur auf anthropogene Einwirkungen zurückgeführt werden kann.

Im Falle eines ungebremsten Klimawandels ist im Jahr 2100 in Deutschland z. B. durch Reparaturen nach Stürmen oder Hochwassern und Mindereinnahmen der öffentlichen Hand mit Mehrkosten in Höhe von 0,6 bis 2,5 %¹ des Bruttoinlandsproduktes zu rechnen. Von diesen Entwicklungen wird auch die Stadt Erfstadt nicht verschont bleiben. Der Klimawandel ist also nicht ausschließlich eine ökologische Herausforderung, insbesondere hinsichtlich der Artenvielfalt, sondern auch in ökonomischer Hinsicht von Belang.

Um die Auswirkungen des Klimawandels möglichst weitreichend zu begrenzen, hat sich die Bundesregierung mit Beschluss vom 24.06.2021 das Ziel gesetzt, den bundesweiten Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen bis 2030 um 65 %, bis 2040 um 88 % und bis 2045 um 100 % (angestrebte THG-Neutralität), in Bezug auf das Ausgangsjahr 1990, zu senken. Aus dieser Motivation heraus wird seit 2008, im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), die Erstellung von kommunalen Klimaschutzkonzepten gefördert. Hintergrund ist, dass die ehrgeizigen Ziele der Bundesregierung nur gemeinschaftlich mit einer Vielzahl lokaler Akteur:innen erreicht werden können.

1.1 Hintergrund und Motivation

Mit dem Ziel, die bisherige Energie- und Klimaschutzarbeit fokussiert voranzutreiben, hat sich die Stadt Erfstadt dazu entschlossen, dem Thema Klimaschutz eine höhere Priorität einzuräumen und die Bemühungen zu verstärken. Mit dem integrierten Klimaschutzkonzept wird eine neue Grundlage für eine lokale Klimaschutzarbeit von hoher Qualität geschaffen, die eine nachhaltige Zukunft gestaltet. Wesentlicher Grundgedanke ist es, kommunales Handeln mit den Aktivitäten und Interessen aller weiteren Akteur:innen in der Stadt zu verbinden. Mit der Unterstützung von Akteur:innen soll zielgerichtet auf die eigenen Klimaschutzziele hingearbeitet werden.

Die Erstellung des Klimaschutzkonzepts soll der Stadt Erfstadt ermöglichen, die vorhandenen Einzelaktivitäten und Potenziale sowie die bereits durchgeführten Projekte zu bündeln und Multiplikatoren- und Synergieeffekte zu schaffen und zu nutzen. Potenziale in den verschiedenen Verbrauchssektoren (Haushalte, Verkehr, Wirtschaft und Verwaltung) sollen aufgedeckt werden und in ein langfristig umsetzbares Handlungskonzept zur Reduzierung der THG-Emissionen münden. Mit dem Klimaschutzkonzept erhält die Stadt Erfstadt ein Werkzeug, die Energie- und Klimaarbeit sowie die zukünftige Klimastrategie konzeptionell, vorbildlich und nachhaltig zu gestalten. Gleichzeitig soll das Klimaschutzkonzept Motivation für die Einwohner:innen der Stadt sein, selbst tätig zu werden und weitere Akteur:innen zum Mitmachen zu animieren. Nur über die Zusammenarbeit aller kann es gelingen, die gesteckten Ziele zu erreichen.

2 Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Erfstadt

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Erfstadt dargestellt. Der Endenergiebedarf ist dabei für die Bilanzjahre 2013 bis 2019 erfasst und bilanziert worden. (Dabei ist zu beachten, dass die Daten aus den Jahren 2013 bis 2018 teilweise aus lokalspezifischen und teilweise auf statistischen Durchschnittswerten aus Berechnungen des Klimaschutzplaners, beruhen. Für eine anschließende Potentialanalyse mit Angabe von Treibhausgas-Reduktionspfaden wurde als Basis

¹ Ergebnisse einer im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen von Ecologic Institut und Infas erhobenen Studie.

das Jahr 2019 gewählt. **Für dieses Basisjahr 2019 wurden lokalspezifische Daten erhoben.** Die Energiebedarfe werden auf Basis der Endenergie und die THG-Emissionen auf Basis der Primärenergie anhand von Life Cycle Analysis (LCA)-Parametern beschrieben. Die Bilanz ist vor allem als Mittel der Selbstkontrolle zu sehen. Die Entwicklung auf dem eigenen Stadtgebiet lässt sich damit gut nachzeichnen. Ein interkommunaler Vergleich ist häufig nicht zielführend, da regionale und strukturelle Unterschiede hohen Einfluss auf die Energiebedarfe und THG-Emissionen von Landkreisen und Kommunen haben.

Im Folgenden werden zunächst die Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO (Bilanzierungs-Standard Kommunal) erläutert und anschließend die Endenergiebedarfe und die THG-Emissionen der Stadt Erfstadt dargestellt. Hierbei erfolgt eine Betrachtung des gesamten Stadtgebiets sowie der einzelnen Sektoren.

2.1 Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO

Zur Bilanzierung wurde die internetbasierte Plattform „Klimaschutzplaner“ (online abrufbar unter dem nachfolgenden Link: <https://www.klimaschutz-planer.de>) verwendet, die speziell zur Anwendung in Kommunen entwickelt wurde. Bei dieser Plattform handelt es sich um ein Instrument zur Bilanzierung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen.

Im Rahmen der Bilanzierung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen der Stadt Erfstadt wird der vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) entwickelte „Bilanzierungs-Standard Kommunal“ (BSKO) angewandt. Leitgedanke des vom BMU geförderten Vorhabens war die Entwicklung einer standardisierten Methodik, welche die einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht und somit eine Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse zwischen den Kommunen erlaubt (ifeu, 2019). Weitere Kriterien waren unter anderem die Schaffung einer Konsistenz innerhalb der Methodik, um insbesondere Doppelbilanzierungen zu vermeiden sowie einen weitestgehenden Bestand zu anderen Bilanzierungsebenen zu erhalten (regional, national).

Zusammengefasst ist das Ziel des Systems die Erhöhung der Transparenz energiepolitischer Maßnahmen und durch eine einheitliche Bilanzierungsmethodik einen hohen Grad an Vergleichbarkeit zu schaffen. Zudem ermöglicht die Software durch die Nutzung von hinterlegten Datenbanken (mit deutschen Durchschnittswerten) eine einfachere Handhabung der Datenerhebung (ifeu, 2019). Es wird im Bereich der Emissionsfaktoren auf national ermittelte Kennwerte verwiesen, um deren Vergleichbarkeit zu gewährleisten (TREMODO, Bundesstrommix). Hierbei werden, neben Kohlenstoffdioxid (CO₂), weitere Treibhausgase in die Berechnung der Emissionsfaktoren miteinbezogen und betrachtet. Dazu zählen beispielsweise Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxide (Lachgas oder N₂O). Zudem findet eine Bewertung der Datengüte in Abhängigkeit der jeweiligen Datenquelle statt. So wird zwischen Datengüte A/1,0 (Regionale Primärdaten), B/0,5 (Hochrechnung regionaler Primärdaten), C/0,25 (Regionale Kennwerte und Statistiken) und D/0,0 (Bundesweite Kennzahlen) unterschieden (ifeu, 2019).

Im Verkehrsbereich wurde zuvor auf die Anzahl registrierter Fahrzeuge zurückgegriffen. Basierend darauf wurden mithilfe von Fahrzeugkilometern und nationalen Treibstoffmischen die THG-Emissionen ermittelt. Dieses sogenannte Verursacherprinzip unterscheidet sich deutlich gegenüber dem im BSKO angewandten Territorialprinzip, welches in den nachfolgenden Abschnitten 0 und 2.1.2 genauer erläutert wird. Im stationären Bereich wird zudem auf eine witterungsbereinigte Darstellung der Verbrauchsdaten verzichtet (ifeu, 2019).

2.1.1 Bilanzierungsprinzip im stationären Bereich

Unter BSKO wird bei der Bilanzierung das sogenannte Territorialprinzip verfolgt. Diese auch als endenergiebasierte Territorialbilanz bezeichnete Vorgehensweise betrachtet alle im Untersuchungsgebiet anfallenden Verbräuche auf der Ebene der Endenergie, welche anschließend

den einzelnen Sektoren zugeordnet werden. Dabei wird empfohlen, von witterungskorrigierten Daten Abstand zu nehmen und die tatsächlichen Verbräuche für die Berechnung zu nutzen, damit die tatsächlich entstandenen Emissionen dargestellt werden können. Standardmäßig wird eine Unterteilung in die Bereiche Private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie/Verarbeitendes Gewerbe, Kommunale Einrichtungen und den Verkehrsbereich angestrebt (ifeu, 2019). Anhand der ermittelten Verbräuche und energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren hierzu werden anschließend die THG-Emissionen berechnet.

Die THG-Emissionsfaktoren beziehen neben den reinen CO₂-Emissionen weitere Treibhausgase (bspw. N₂O und CH₄) in Form von CO₂-Äquivalenten (CO₂e), inklusive energiebezogener Vorketten, in die Berechnung mit ein. Diese werden auch als LCA-Parameter bezeichnet (Life-Cycle-Analysis). Das bedeutet, dass nur die Vorketten energetischer Produkte, wie etwa der Abbau und Transport von Energieträgern oder die Bereitstellung von Energieumwandlungsanlagen, in die Bilanzierung einfließen. Sogenannte graue Energie, beispielsweise der Energieaufwand von konsumierten Produkten sowie Energie, die von der Bevölkerung außerhalb der Stadtgrenzen verbraucht wird, findet im Rahmen der Bilanzierung keine Berücksichtigung (ifeu, 2019). Die empfohlenen Emissionsfaktoren beruhen auf Annahmen und Berechnungen des ifeu, des GEMIS (Globale Emissions-Modell integrierter Systeme), welches vom Öko-Institut entwickelt wurde, sowie auf Richtwerten des Umweltbundesamtes. Um eine interkommunale Vergleichbarkeit der THG-Bilanzierungen sicherzustellen wird der Emissionsfaktor des Bundesstrommixes zugrunde gelegt und auf lokal- bzw. regionalspezifische Faktoren verzichtet.

In der nachfolgenden Abbildung 2-1 werden die Emissionsfaktoren je Energieträger dargestellt:

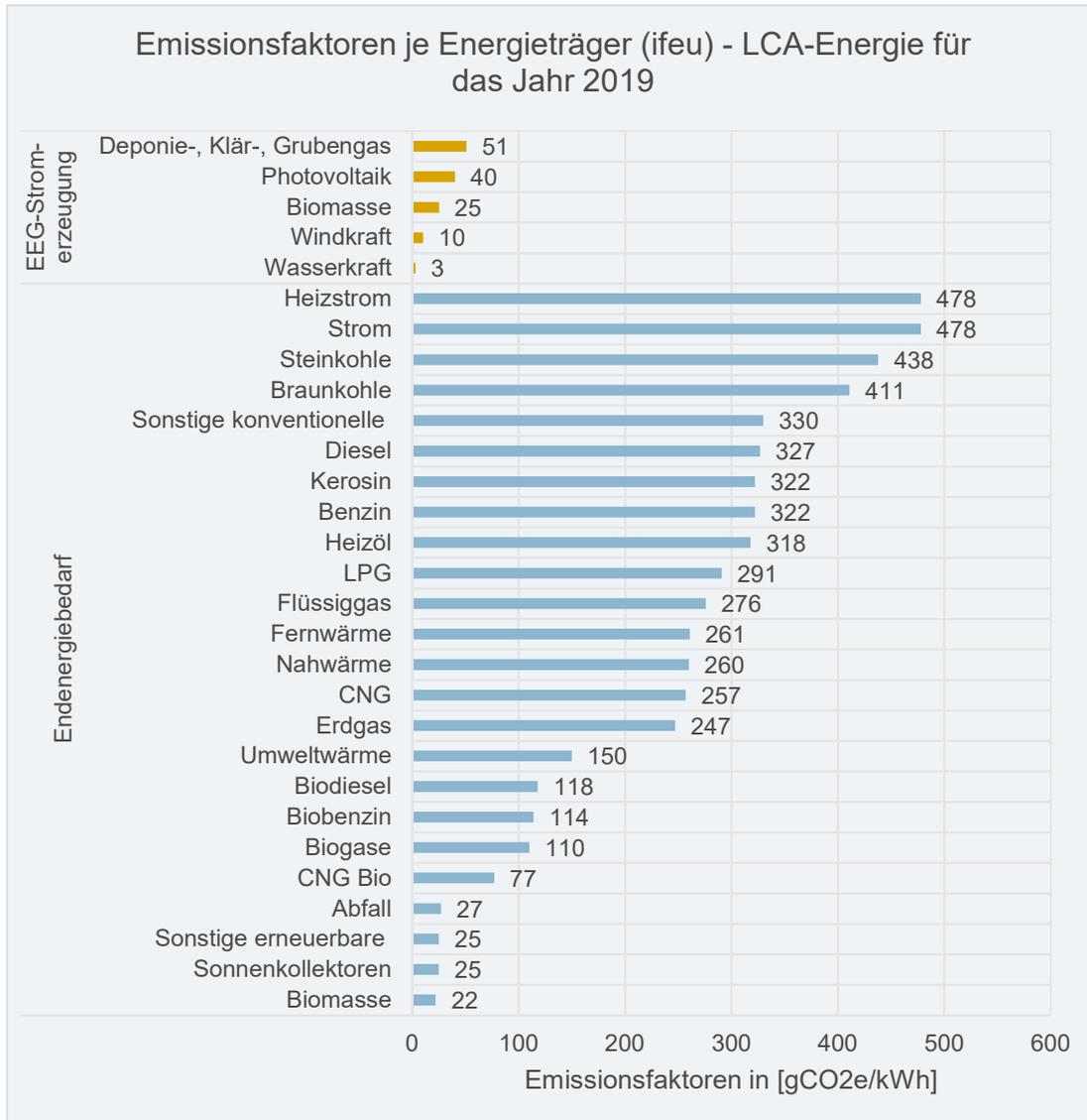


Abbildung 2-1: Emissionsfaktoren (ifeu)

Der höchste Emissionsfaktor 478 gCO₂e/kWh für den Strommix entsteht durch die Bilanzierung anhand des Bundesstrommix. Er erweist sich als sinnvoll, da die Vergleichbarkeit zwischen Kommunen und eine bundesweite Konsistenz gesichert, die die Doppelzählung von lokalen Anlagen vermeidet. Außerdem werden Anlagen zur überregionalen Versorgung, die sich auf kommunaler Fläche befinden nicht in der Bilanz berücksichtigt. Die Empfehlung des ifeu ist es die kommunale THG-Bilanz mit dem jährlich angepassten Bundesstrommix zu berechnen und diese als offizielle Bilanz der Kommune anzugeben. Datengrundlage für den Bundesstrommix stellt das ökobilanzbasierte Tool Strommaster des IFEU-Heidelberg dar. Von 1990 bis heute wird mit Hilfe eines Basisnetzes, in dem die grundsätzlichen Energie- und Kraftwerksarten als einzelne Module vorliegen, gearbeitet. Das Gesamtmodul umfasst die Kraftwerksprozesse zur Stromerzeugung mit Stein- und Braunkohle, Erd-, Koks-, und Hochofengas, Biomasse, sowie Kern-, Wasser- und Windkraft, die Brennstoffvorketten (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Kokerei- und Hochofengas, Kernbrennelemente, Biomasse) und dazu die Verteilung des Stroms bis zum Verbraucher mit entsprechenden Leitungs- und Umspannverlusten (ifeu, 2014).

Wenn für die Stromerzeugung fossile Energieträger verbrannt werden, entstehen verschiedene Mengen an Treibhausgasemissionen. Hier spielt der Kraftwerkwirkungsgrad eine bedeutende Rolle, denn je schlechter der Wirkungsgrad der Verstromung, desto größer die Strom-spezifische Emission. Dazu

muss außerdem die Vorkettenemission des Energieträgers und die entstehende Treibhauswirkung berücksichtigt werden.

2.1.2 Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr

Zur Bilanzierung des Sektors Verkehr findet ebenfalls das Prinzip der endenergiebasierten Territorialbilanz Anwendung. Diese umfasst sämtliche motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr (ifeu, 2019).

Generell kann der Verkehr in die Bereiche „gut kommunal beeinflussbar“ und „kaum kommunal beeinflussbar“ unterteilt werden. Als gut kommunal beeinflussbar werden Binnen-, Quell- und Zielverkehr im Straßenverkehr (MIV, LKW, LNF) sowie der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) eingestuft. Emissionen aus dem Straßendurchgangsverkehr, öffentlichen Personenfernverkehr (ÖPFV, Bahn, Reisebus, Flug) sowie aus dem Schienen- und Binnenschiffsgüterverkehr werden als kaum kommunal beeinflussbar eingestuft (ifeu, 2019).

Durch eine Einteilung in Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Autobahn) kann der Straßenverkehr differenzierter betrachtet werden. So ist anzuraten, die weniger beeinflussbaren Verkehrs- bzw. Straßenkategorien, wie Autobahn oder Schienenverkehr, herauszurechnen, um realistische Handlungsempfehlungen für den Verkehrsbereich zu definieren (ifeu, 2019). In der nachfolgenden Bilanz werden zunächst BSKO-konform alle Verkehrsbereiche mitbetrachtet, nachrichtlich allerdings exkludiert erneut dargestellt.

Harmonisierte und aktualisierte Emissionsfaktoren für den Verkehrsbereich stehen in Deutschland durch das TREMOD-Modell² zur Verfügung. Diese werden in Form von nationalen Kennwerten differenziert nach Verkehrsmittel, Energieträger und Straßenkategorie bereitgestellt. Wie bei den Emissionsfaktoren für den stationären Bereich, werden diese in Form von CO₂-Äquivalenten inklusive der Vorkette³ berechnet. Eine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsfaktoren für den Bereich erfolgt demnach nicht (ifeu, 2019).

2.2 Datenerhebung des Energiebedarfs der Stadt Erfstadt

Der Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt ist in der Bilanz für das Jahr 2019 differenziert nach Energieträgern berechnet worden. Die Verbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger (z. B. Strom und Erdgas) sind vom Netzbetreiber der Stadt Erfstadt bereitgestellt worden. Die Angaben zum Ausbau erneuerbarer Energien stützen sich auf die EEG-Einspeisedaten und wurden ebenfalls von dem oben genannten Netzbetreiber bereitgestellt. Der Sektor Kommunale Einrichtungen erfasst die stadteigenen Liegenschaften und Zuständigkeiten. Die Verbrauchsdaten sind in den einzelnen Fachabteilungen der Stadtverwaltung erhoben und übermittelt worden.

Nicht-leitungsgebundene Energieträger werden in der Regel zur Erzeugung von Wärmeenergie genutzt. Zu nicht-leitungsgebundenen Energieträgern im Sinne dieser Betrachtung zählen etwa Heizöl, Biomasse, Flüssiggas, Steinkohle, Umweltwärme und Solarthermie. Die Erfassung der Bedarfsmengen dieser Energieträger und allen nicht durch die Netzbetreiber bereitgestellten Daten erfolgte durch Hochrechnungen von Bundesdurchschnitts-, Landes- und Regional-Daten im Klimaschutzplaner. Dies

² Das Transport Emission Model (TREMOM) bildet in Deutschland den motorisierten Verkehr hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche sowie Klimagas- und Luftschadstoffemissionen ab. Dargestellt wird der Zeitraum 1990 bis 2018 und ein Trendszenario bis 2050 (ifeu, 2022).

³ Vorkette: Emissionen, welche nicht direkt in der Verbrennung, sondern durch die Bereitstellung der Energieträger entstehen. Das bedeutet, dass nur die Vorketten energetischer Produkte, wie etwa der Abbau und Transport von Energieträgern oder die Bereitstellung von Energieumwandlungsanlagen, in die Bilanzierung einfließen.

geschieht auf Basis lokalspezifischer Daten der Schornsteinfegerinnung. Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** fasst die genutzten Datenquellen für die einzelnen Energieträger zusammen. In Klammern ist die Datengüte zu entnehmen, die die Aussagekraft der Bilanz zeigt und der ihr zugrundeliegenden Daten angibt. Wie im Abschnitt 2.1 beschrieben, wird jedem Energieträger und dessen Verbrauch eine Datengüte zugeteilt. Die Wertung der Datengüte A bis D erfolgt auf der Herkunft und damit verbundene Aussagekraft der Energieverbräuche (ifeu, 2019).

Tabelle 2-1: Datenquellen der Datenerhebung im Rahmen der Energie- und THG-Bilanzierung 2019

Energieträger	Quelle	Energieträger	Quelle
Benzin/Bioethanol	ifeu (B)	Heizöl	Schornsteinfegerdaten (B)
Biogas	-	Heizstrom	Netzbetreiber (A)
Biomasse	Schornsteinfegerdaten (B)	Nahwärme	Netzbetreiber (A)
Braunkohle	-	Reg. Energien	Netzbetreiber (A)
Diesel/Biodiesel	ifeu (B)	Solarthermie	LANUV (B)
Erdgas	Netzbetreiber (A)	Steinkohle	Schornsteinfegerdaten (B)
Fernwärme	Netzbetreiber (A)	Strom	Netzbetreiber (A)
Flüssiggas	Schornsteinfegerdaten (B)	Umweltwärme	Netzbetreiber (A)

2.3 Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt

Auf Grundlage der erhobenen Daten (vgl. Abschnitt 2.2) werden in den nachfolgenden Unterabschnitten die Ergebnisse des Endenergiebedarfs nach Sektoren, Energieträgern, Gebäude, Infrastruktur und kommunalen Einrichtungen erläutert.

2.3.1 Endenergiebedarf nach Sektoren und Energieträgern

Der Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt betrug im Jahr 2019 insgesamt **1.512.196 MWh**.

In Abbildung 2-2 wird der Endenergiebedarf nach Sektoren für die Bilanzjahre 2013 bis 2019 dargestellt. Die Abbildung 2-3 hingegen stellt die Verteilung des Endenergiebedarfs auf die Sektoren für das Jahr 2019 dar. Der Verkehrssektor mit 46,9 % und die Haushalte mit 33,4 % wiesen die höchsten Anteile auf. Danach folgten der GHD-Sektor mit 10,1 %, der Industriesektor mit 8,4 % und die kommunalen Einrichtungen mit 1,2 %. Die Endenergiebedarfe der Sektoren Verkehr und Haushalte sanken im Zeitverlauf leicht ab und stiegen dann wieder im Jahr 2019 an. Die Bedarfe der Sektoren GHD sowie Industrie stiegen etwas an.

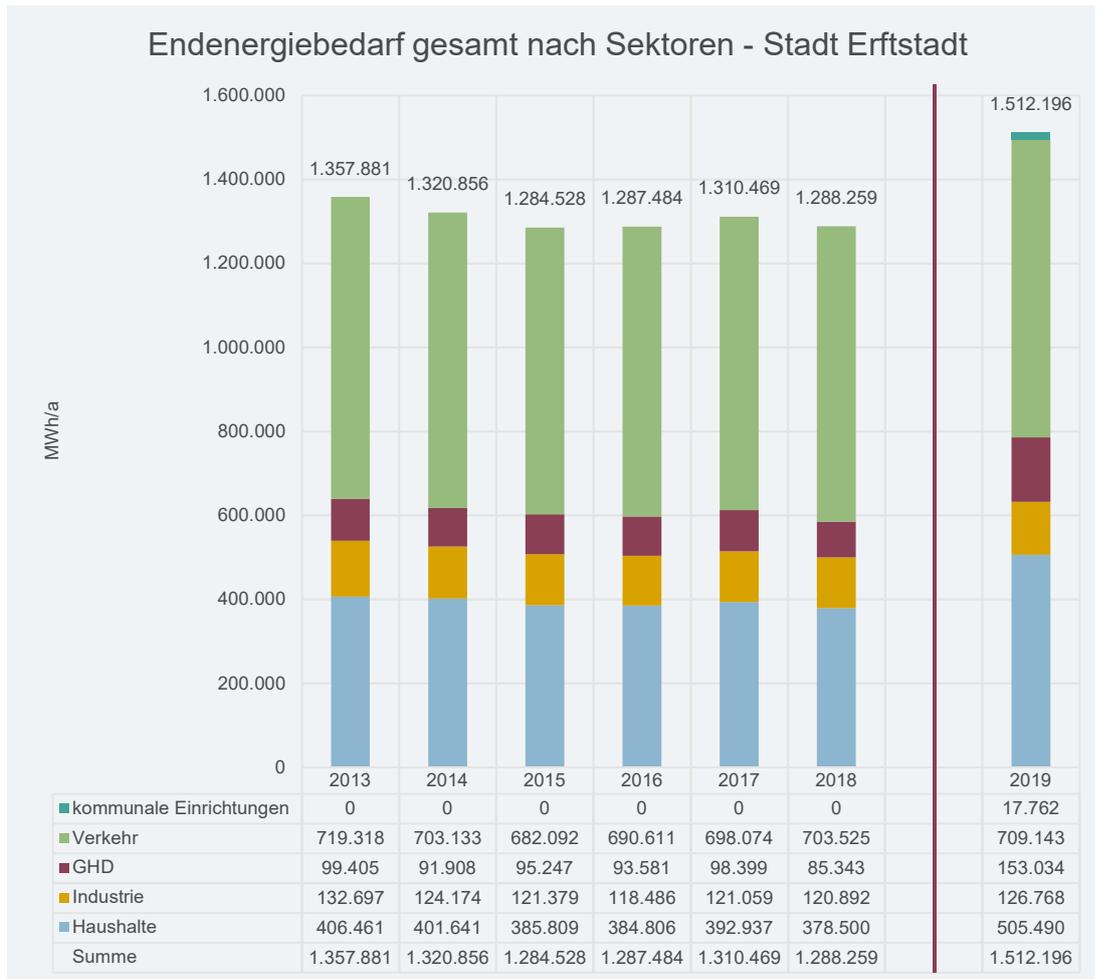


Abbildung 2-2: Endenergiebedarf nach Sektoren der Stadt Erfstadt

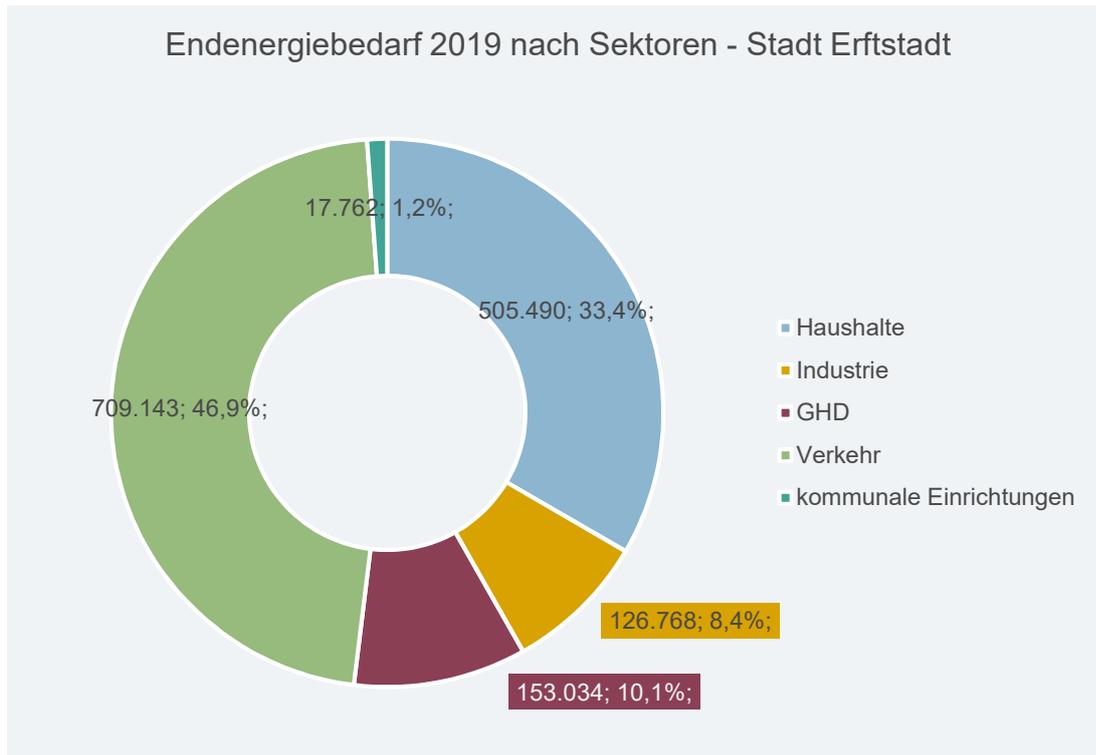


Abbildung 2-3: Anteil der Sektoren am Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt

In Abbildung 2-4 wird der Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt nach den verschiedenen Energieträgern für die Jahre 2013 bis 2019 aufgeschlüsselt. Dabei zeigt sich im Jahr 2019 ein hoher Anteil für die fossilen Energieträger Diesel (30,8 %), Erdgas (20,5 %), Heizöl (14,7 %) sowie Strom (14,6 %). Benzin (13,5 %) ist ein weiterer bedeutender Energieträger. Zudem wird ersichtlich, dass im Sektor Verkehr überwiegend Kraftstoffe wie Diesel und Benzin bilanziert werden. Es liegen aber auch geringe Verbräuche an Biodiesel, Biobenzin, LPG, CNG sowie Steinkohle innerhalb des Stadtgebiets vor. Wie bereits in Kapitel 2.1.2 erwähnt, wird der gesamte Verkehrsbereich betrachtet, welcher die Straßenkategorien „Innerorts“, „Außerorts“ und „Autobahn“ beinhaltet.

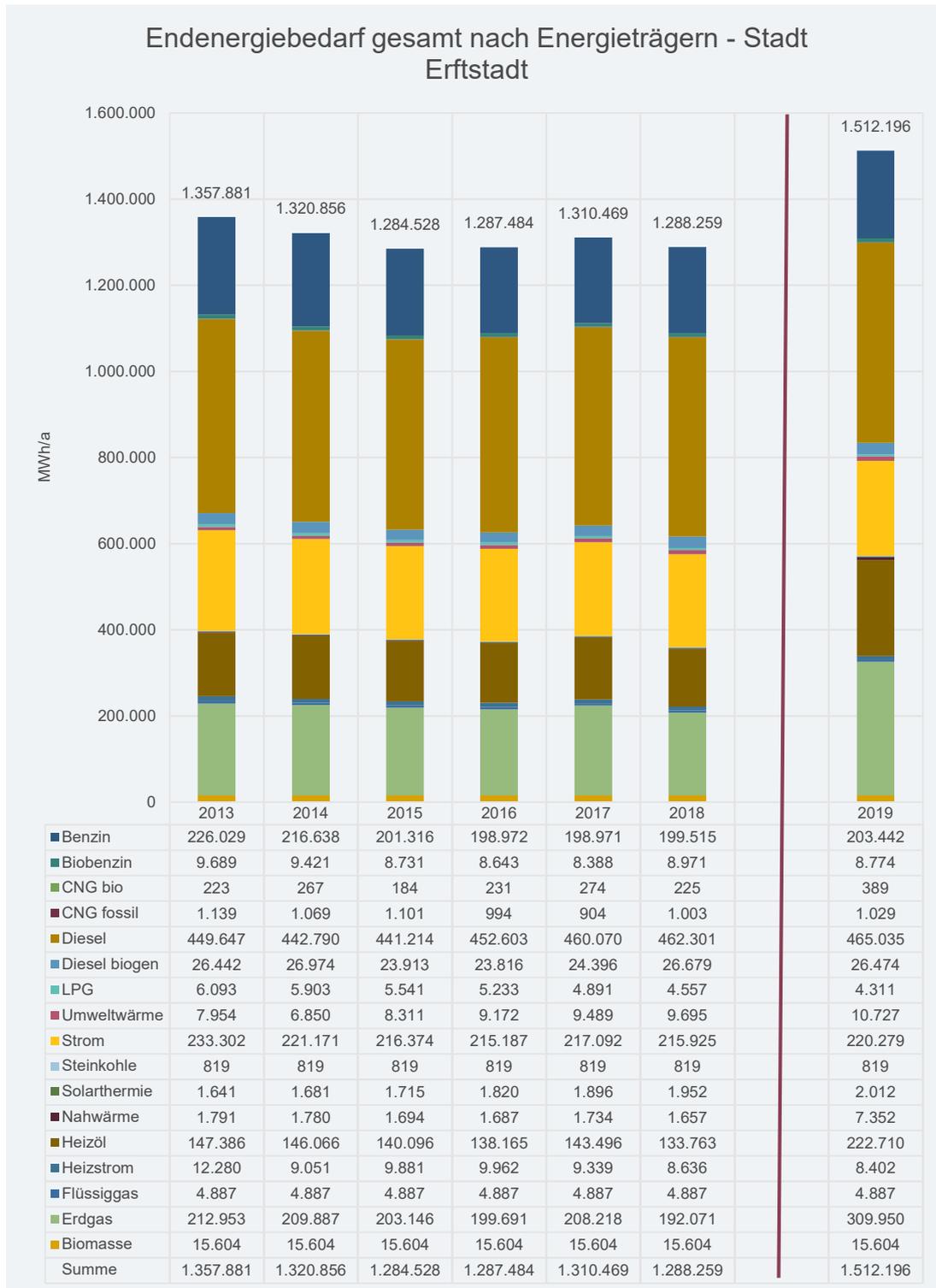


Abbildung 2-4: Endenergiebedarf der Stadt Erfurt nach Energieträgern

2.3.2 Endenergiebedarf nach Energieträgern im stationären Bereich

Der Energieträgereinsatz zur Strom- und Wärmeversorgung im stationären Bereich wird nachfolgend detaillierter dargestellt. Im stationären Bereich werden die Sektoren Wirtschaft (Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie), Haushalte und kommunale Einrichtungen berücksichtigt. Der Verkehrssektor wird gesondert dargestellt (siehe 2.3.3)

In der Stadt Erfstadt summiert sich der Endenergiebedarf im stationären Bereich im Jahr 2019 auf **802.323 MWh**. Abbildung 2-5 schlüsselt diesen Bedarf nach Energieträgern auf, sodass deutlich wird, welche Energieträger überwiegend im Stadtgebiet zum Einsatz kommen. Da der Verkehrssektor hier nicht mitbetrachtet wird, verschieben sich die Anteile der übrigen Energieträger gegenüber dem Gesamtenergiebedarf (vgl. Abbildung 2-4).

Der Energieträger Strom hat im Jahr 2019 einen Anteil von ca. 27,4 % am Endenergiebedarf im stationären Bereich. Als Brennstoff kommt, mit einem Anteil von 38,6 %, vorrangig Erdgas zum Einsatz. Ein weiterer eingesetzter Energieträger ist Heizöl (27,8 %). Die restlichen Prozentpunkte entfallen vor allem auf Biomasse, Umweltwärme, Heizstrom und Solarthermie sowie zu sehr geringen Anteilen auf Nahwärme, Steinkohle und Flüssiggas.

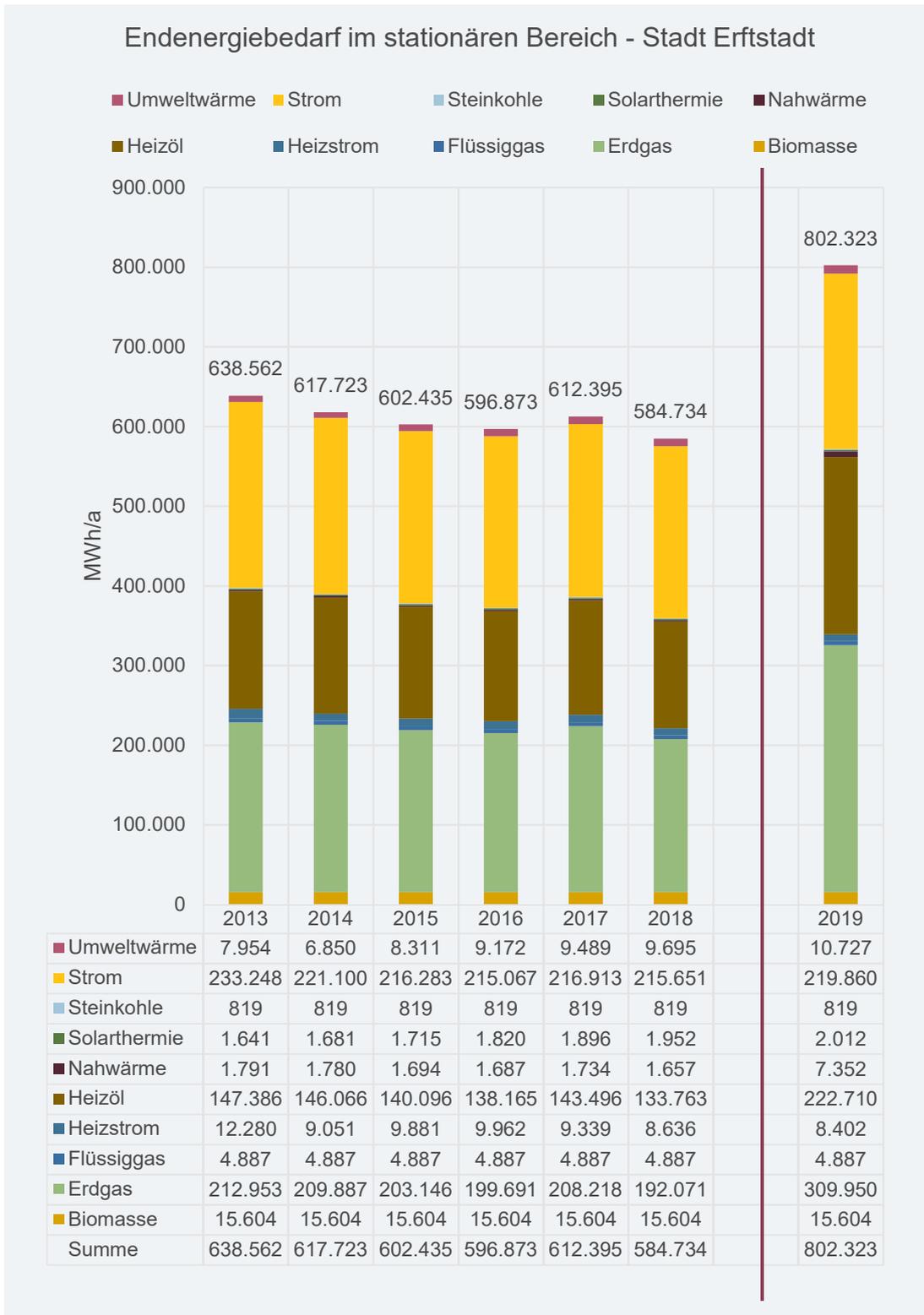


Abbildung 2-5: Endenergiebedarf im stationären Bereich nach Energieträgern der Stadt Erfurt

2.3.3 Endenergiebedarf des Verkehrs

Wie in Kapitel 2.3.1 zu entnehmen hat der Verkehr mit etwa 46,9 % den größten Anteil am gesamten Endenergiebedarf. In Abbildung 2-6 ist der Endenergiebedarf des Verkehrs dargestellt. Der größte Anteil ist auf den Energieträger Diesel (65,4 %) zurückzuführen. Auch Benzin (28,6 %) hat einen hohen

Anteil am Gesamtverbrauch. Die verbleibenden Prozentpunkte verteilen sich auf die Energieträger Biodiesel (3,7 %), Biobenzin (1,2 %), LPG, Strom und CNG (fossil und bio).

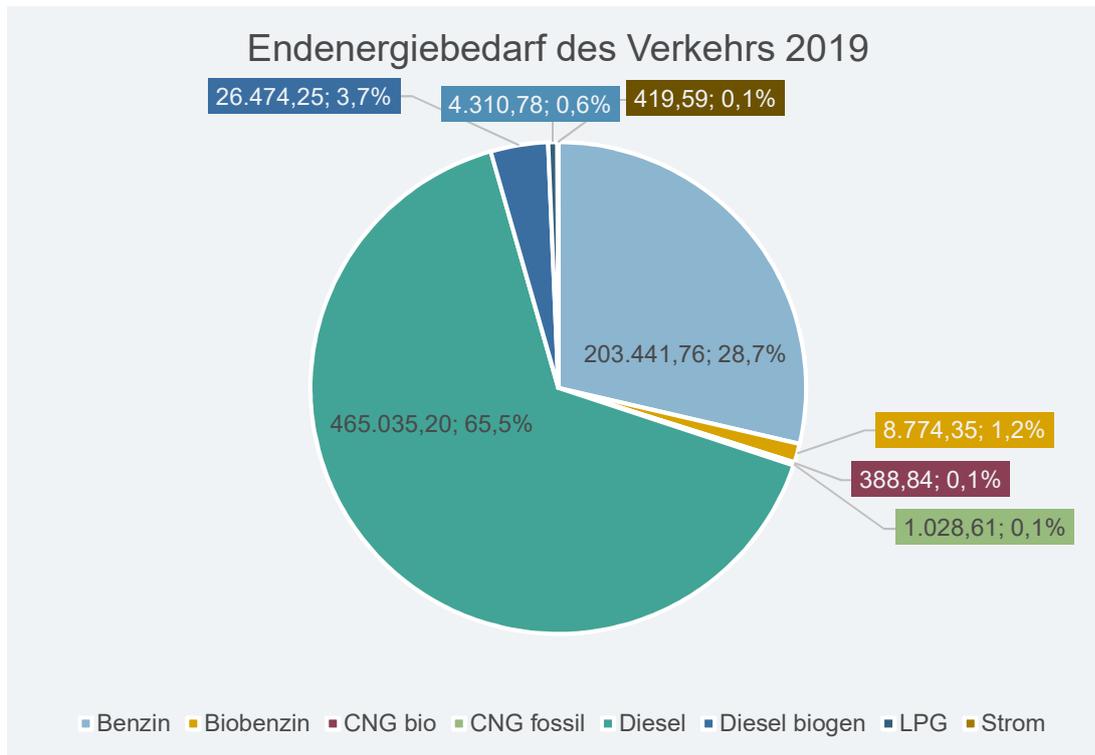


Abbildung 2-6: Endenergiebedarf des Verkehrs 2019

Etwa 56,9 % des Endenergiebedarfs im Verkehrsbereich entfallen auf den PKW-Straßenverkehr. In Abbildung 2-7 ist dieser nach den drei Straßenkategorien inner- und außerorts sowie Autobahn aufgeteilt dargestellt. Der größte Anteil des Endenergieverbrauchs entfällt dabei auf die Autobahn (57,1 %). Außerorts hat einen Anteil von 23,8 % und innerorts von 19,1 %.

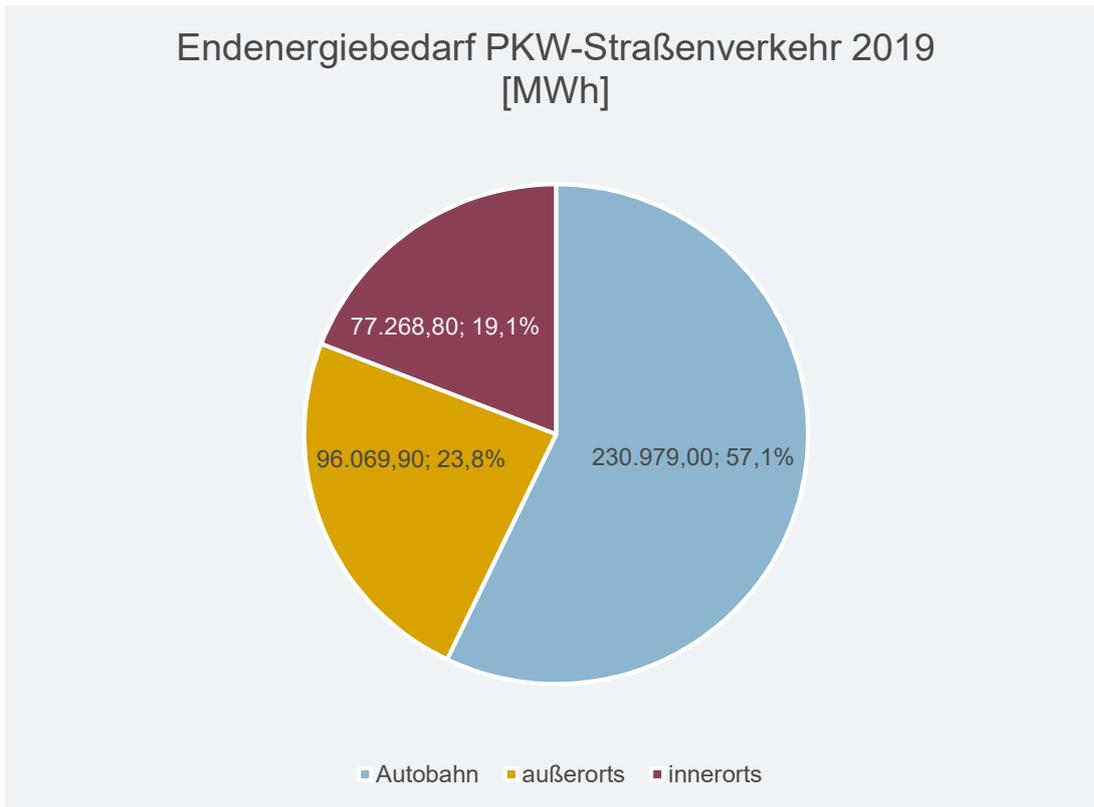


Abbildung 2-7: Endenergiebedarf des PKW-Straßenverkehrs

2.3.4 Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen

Die kommunalen Einrichtungen machen zwar lediglich rund 1,2 % des gesamten Endenergiebedarfs aus, liegen jedoch im direkten Einflussbereich der Kommune und haben eine Vorbildfunktion. Daher werden für diese in Abbildung 2-8 und Abbildung 2-9, analog zum bisherigen Vorgehen, die Endenergiebedarfe aufgeschlüsselt nach Energieträgern dargestellt. Die kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfurtstadt werden im Jahr 2019 hauptsächlich über Erdgas (35,4 %) Nahwärme (35,0 %) und Strom (25,0 %) mit Energie versorgt. Die Nahwärme teilt sich dabei in die Bereitstellung durch Holzhackschnittel und Erdgas auf. Diesel (3,4 %) macht nur einen geringen Anteil aus.

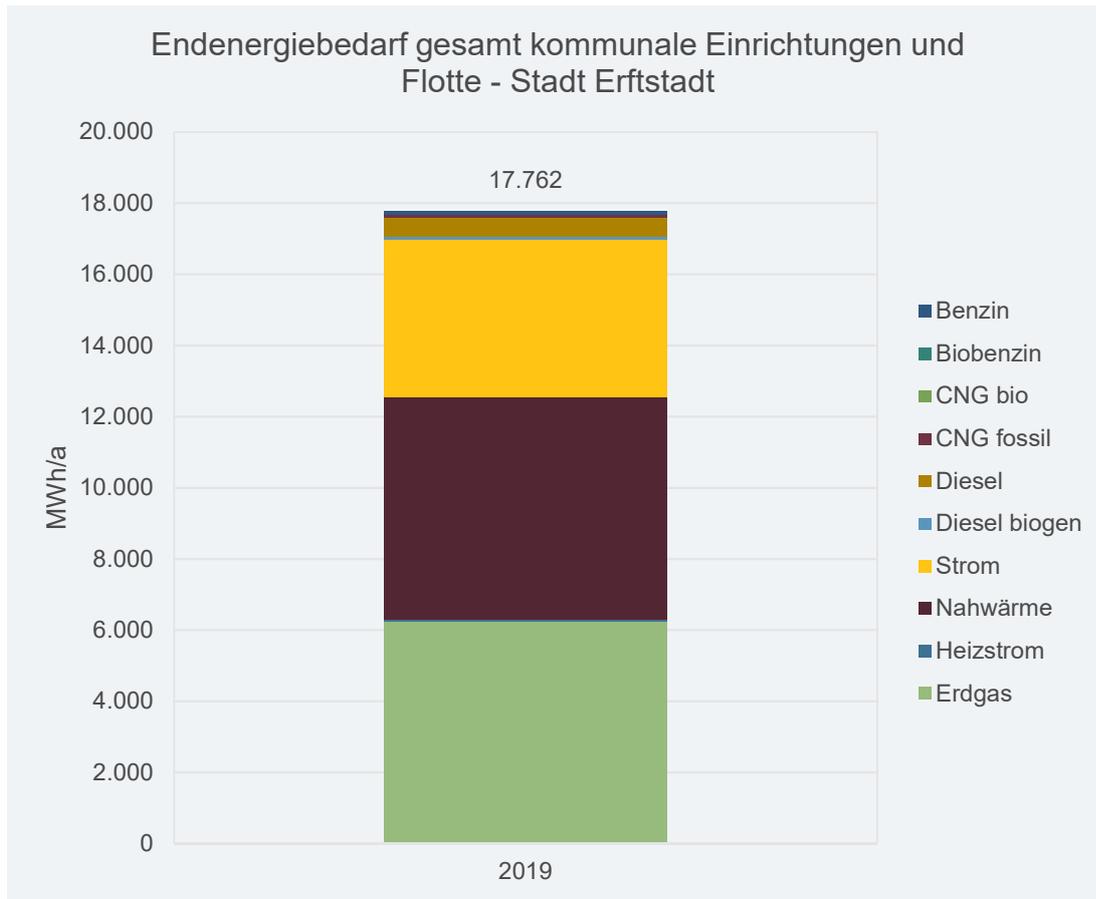


Abbildung 2-8: Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt nach Energieträgern

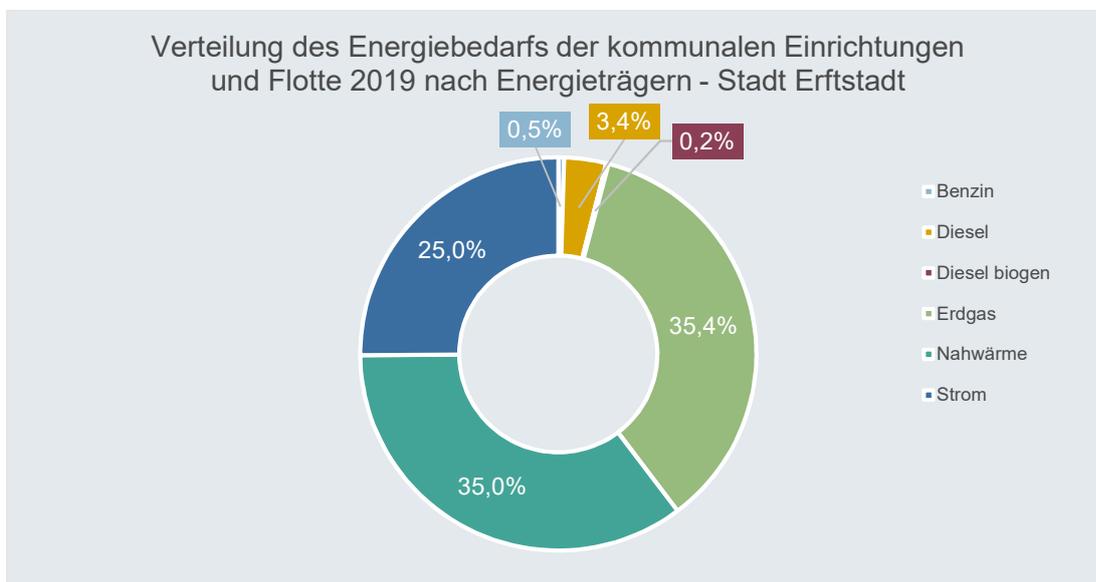


Abbildung 2-9: Anteil der Energieträger am Endenergiebedarf der kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt

2.4 THG-Emissionen der Stadt Erfstadt

Nach der Betrachtung des Energiebedarfes werden in diesem Abschnitt die THG-Emissionen der Stadt Erfstadt betrachtet. Im Jahr 2019 emittierte die Stadt rund 485.059 tCO₂e.

In den folgenden Unterabschnitten werden die Ergebnisse der THG-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern, pro Einwohner:in, nach Energieträgern im stationären Bereich, der kommunalen Einrichtungen und der Verkehrsströme erläutert.

2.4.1 THG-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern

In Abbildung 2-10 werden die Emissionen in tCO₂e, nach Sektoren aufgeteilt, für die Jahre 2011 bis 2019 dargestellt. Der Abbildung 2-11 ist die Verteilung der THG-Emissionen auf die Sektoren im Bilanzjahr 2019 zu entnehmen. Dabei entfällt der größte Anteil mit 46,0 % auf den Sektor Verkehr. Es folgt der Sektor Haushalte mit 31,7 %. Der Industrie mit 12,5 % und der GHD-Sektor mit 8,8 % machen den dritt- und viertgrößten Emittenten, während die kommunalen Einrichtungen lediglich 1,1 % der THG-Emissionen der Stadt Erfstadt ausmachen.

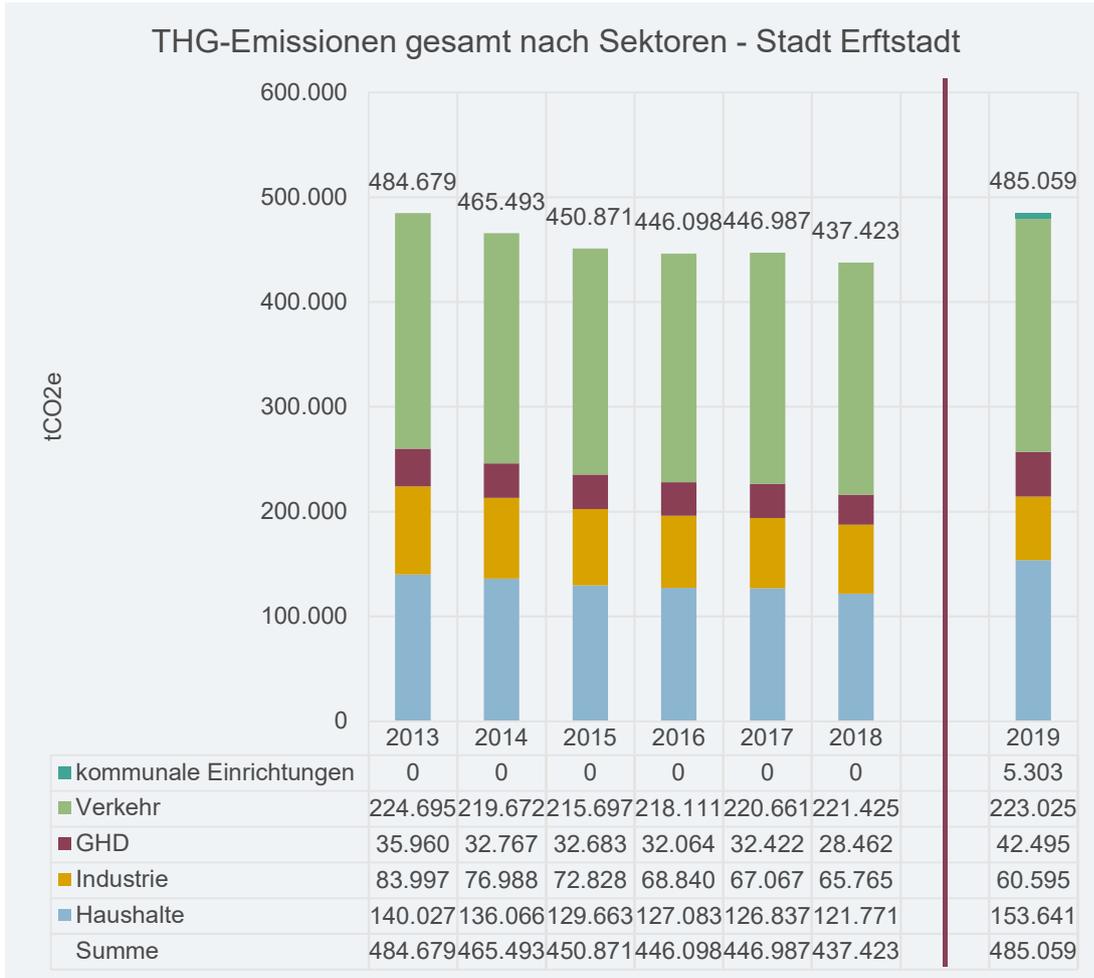


Abbildung 2-10: THG-Emissionen der Stadt Erfstadt nach Sektoren

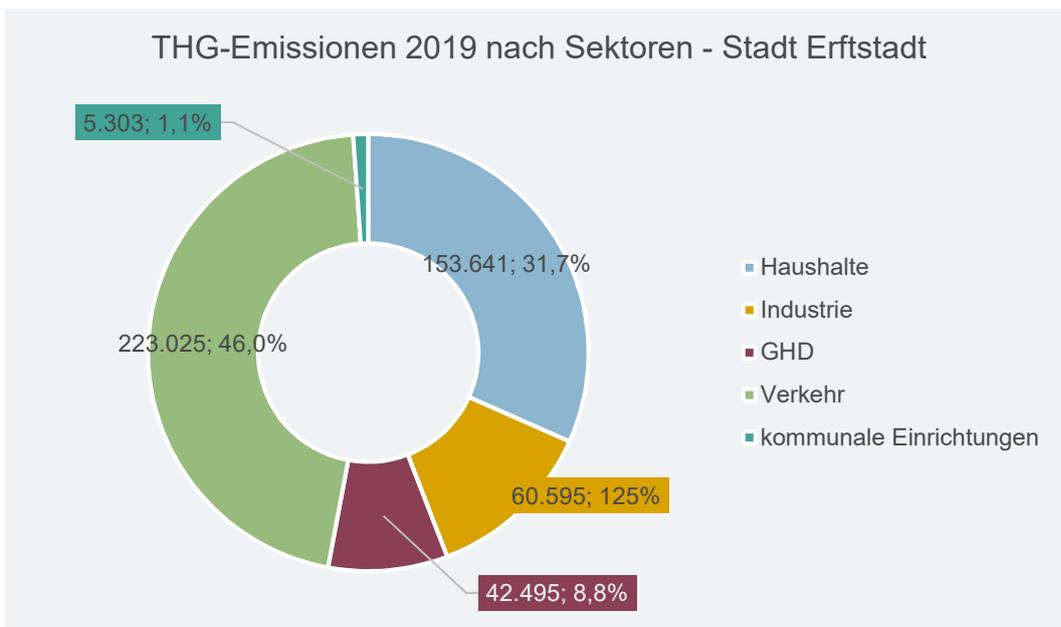


Abbildung 2-11: Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen der Stadt Erfstadt

Abbildung 2-12 zeigt die THG-Emissionen der Stadt Erfstadt aufgeschlüsselt nach Energieträgern im zeitlichen Verlauf von 2013 bis 2019. Im Bilanzjahr 2019 entfallen die meisten Emissionen auf die Energieträger Diesel (31,3 %), Strom (21,8 %) und Erdgas (15,8 %), gefolgt von Heizöl (14,6 %) und Benzin (13,5 %).

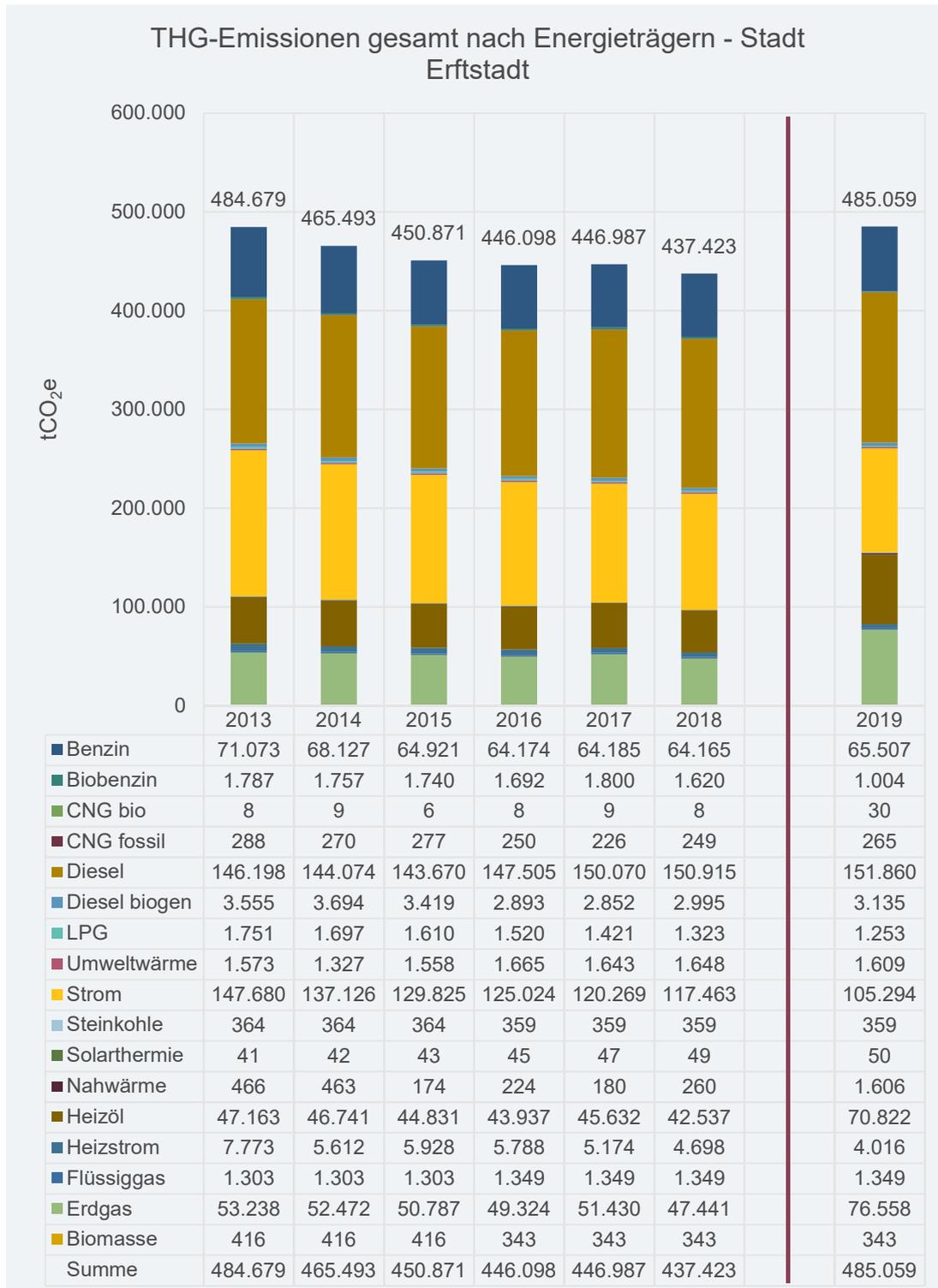


Abbildung 2-12: THG-Emissionen der Stadt Erfstadt nach Energieträgern

2.4.2 THG-Emissionen pro Einwohner:in

Die absoluten Werte für die sektorspezifischen THG-Emissionen (vgl. Abbildung 2-10) werden in der Tabelle 2-2 auf die Einwohner:innen der Stadt Erfstadt bezogen.

Tabelle 2-2: THG-Emissionen pro Einwohner:in der Stadt Erfstadt

THG / EW [t CO ₂ Äq.]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Haushalte	2,86	2,77	2,60	2,57	2,55	2,45	3,07
Industrie	1,71	1,57	1,46	1,39	1,35	1,32	1,21
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)	0,73	0,67	0,66	0,65	0,65	0,57	0,85
Verkehr	4,58	4,47	4,33	4,41	4,44	4,45	4,46
Kommune	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Summe	9,88	9,47	9,06	9,02	9,00	8,78	9,70

Der Bevölkerungsstand ist im zeitlichen Verlauf von 2013 bis 2019 insgesamt leicht gestiegen. Im Jahr 2019 beträgt dieser 50.010 Personen. Bezogen auf die Einwohner:innen der Stadt Erfstadt belaufen sich die THG-Emissionen pro Person demnach auf rund 9,70 t im Bilanzjahr 2019. Die THG-Emissionen pro Einwohner:in sind gegenüber 2013 um ca. 2 % gesunken. Damit liegt die Stadt Erfstadt in den bundesweiten Durchschnitt, der je nach Methodik und Quelle zwischen 7,9 t und 11,0 t pro Einwohner:in variiert. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die BSKO-Methodik keine graue Energie und sonstige Energieverbräuche (z. B. aus Konsum) berücksichtigt, sondern vor allem auf territorialen und leistungsgebundenen Energiebedarfen basiert. Die mit BSKO ermittelten Pro-Kopf-Emissionen sind damit geringer als die geläufigen Pro-Kopf-Emissionen.

2.4.3 THG-Emissionen nach Energieträgern im stationären Bereich

In Abbildung 2-13 werden die aus den Energiebedarfen resultierenden THG-Emissionen nach Energieträgern für den stationären Bereich dargestellt. Die THG-Emissionen im stationären Bereich betragen im Bilanzjahr 2019 rund 261.805 tCO₂e. Im Jahr 2012 betragen die Emissionen im stationären Bereich 294.430 tCO₂e. Das ist eine Senkung von 11,19 %.

In der Auswertung wird die Relevanz des Energieträgers Strom sehr deutlich: Während der Stromanteil am Endenergiebedarf im stationären Bereich rund 27,4 % ausmacht, beträgt er an den THG-Emissionen rund 40,1 %. Ein bundesweit klimafreundlicherer Strommix mit einem höheren Anteil an erneuerbaren Energien und einem somit insgesamt geringeren Emissionsfaktor würde sich reduzierend auf die Höhe der THG-Emissionen aus dem Strombedarf der Stadt Erfstadt auswirken.

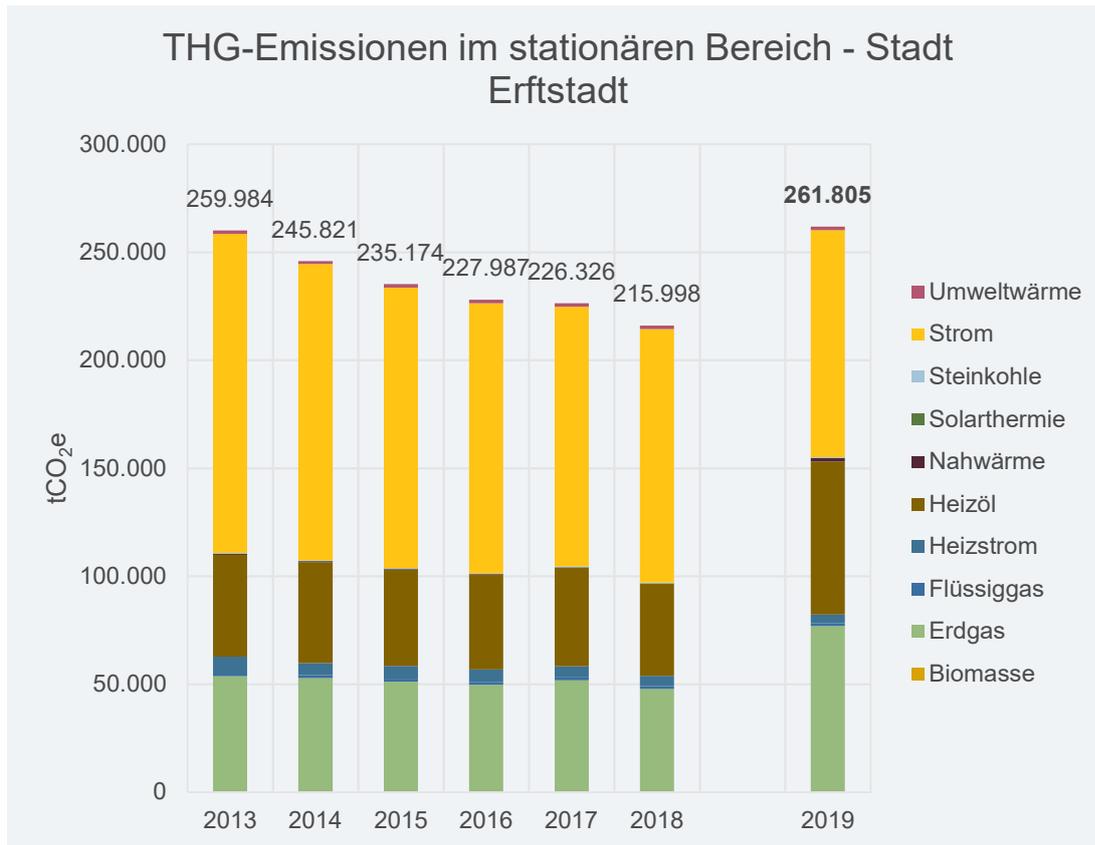


Abbildung 2-13: THG-Emissionen im stationären Bereich nach Energieträgern der Stadt

2.4.4 THG-Emissionen des Verkehrs

Wie in Kapitel 2.4.1 zu entnehmen hat der Verkehr mit etwa 46,0 % den größten Anteil der THG-Emissionen. In Abbildung 2-14 sind die THG-Emissionen des Verkehrs, aufgeteilt nach Energieträger dargestellt. Der größte Anteil ist auf den Energieträger Diesel (67,9 %) zurückzuführen. Auch Benzin (29,3 %) hat einen hohen Anteil am Gesamtverbrauch. Die verbleibenden Prozentpunkte verteilen sich auf die Energieträger Biodiesel (1,4 %), LPG (0,6 %) Biobenzin (0,4 %), Strom und CNG (fossil und bio).

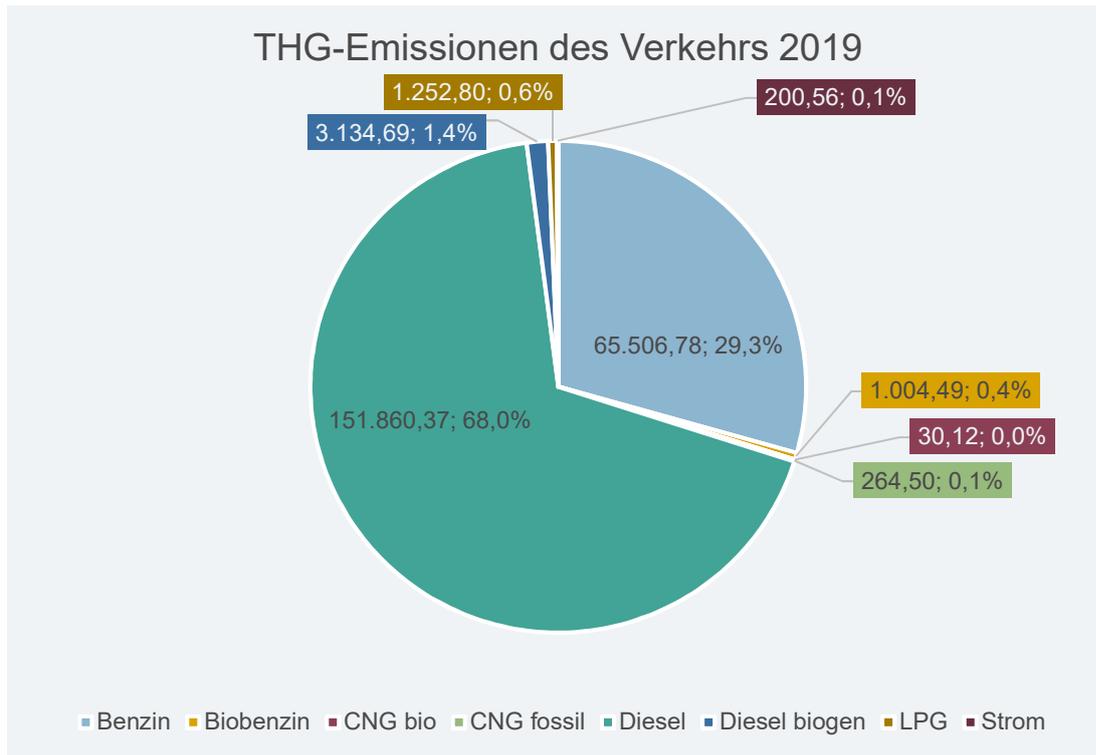


Abbildung 2-14: Endenergiebedarf des Verkehrs 2019

Wie bereits in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beim Endenergiebedarf im Verkehr, so ist auch in diesem Kapitel der THG-Emissionen im Verkehr nachfolgend die THG-Emissionen im PKW-Straßenverkehr nach den Straßenkategorien „Innerorts“, „Außerorts“ und „Autobahn“ aufgeteilt. Diese Darstellung wird gewählt, da ein erheblicher Teil der THG-Emissionen des Verkehrssektors auf den Autobahnverkehr der PKW-Flotte zurückzuführen ist.

Es entfällt der größte Anteil, mit etwa 57,1 % (72.525 t CO2e), auf die Autobahn. 23,8 % (30.170 t CO2e) entfallen auf den außerörtlichen und 19,1 % (24.263 t CO2e) entfallen auf den innerörtlichen Verkehr.

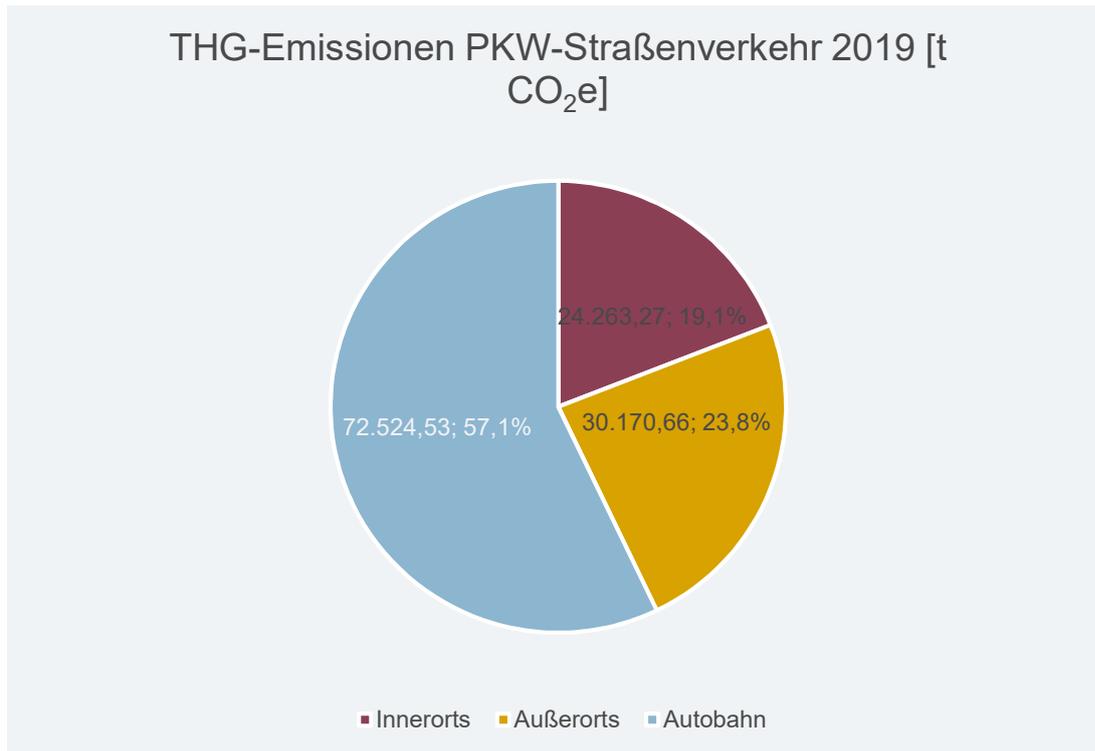


Abbildung 2-15: THG-Emissionen PKW-Straßenverkehr 2019 [t CO₂e]

2.4.5 THG-Emissionen der kommunalen Einrichtungen

Auch bei der Betrachtung der Emissionen durch die kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt in Abbildung 2-16 wird die Relevanz des Energieträgers Strom besonders deutlich: Während Strom im Jahr 2019 lediglich 25 % des Gesamtenergiebedarfs der kommunalen Einrichtungen ausmacht, beträgt der Anteil an den THG-Emissionen 40 %.

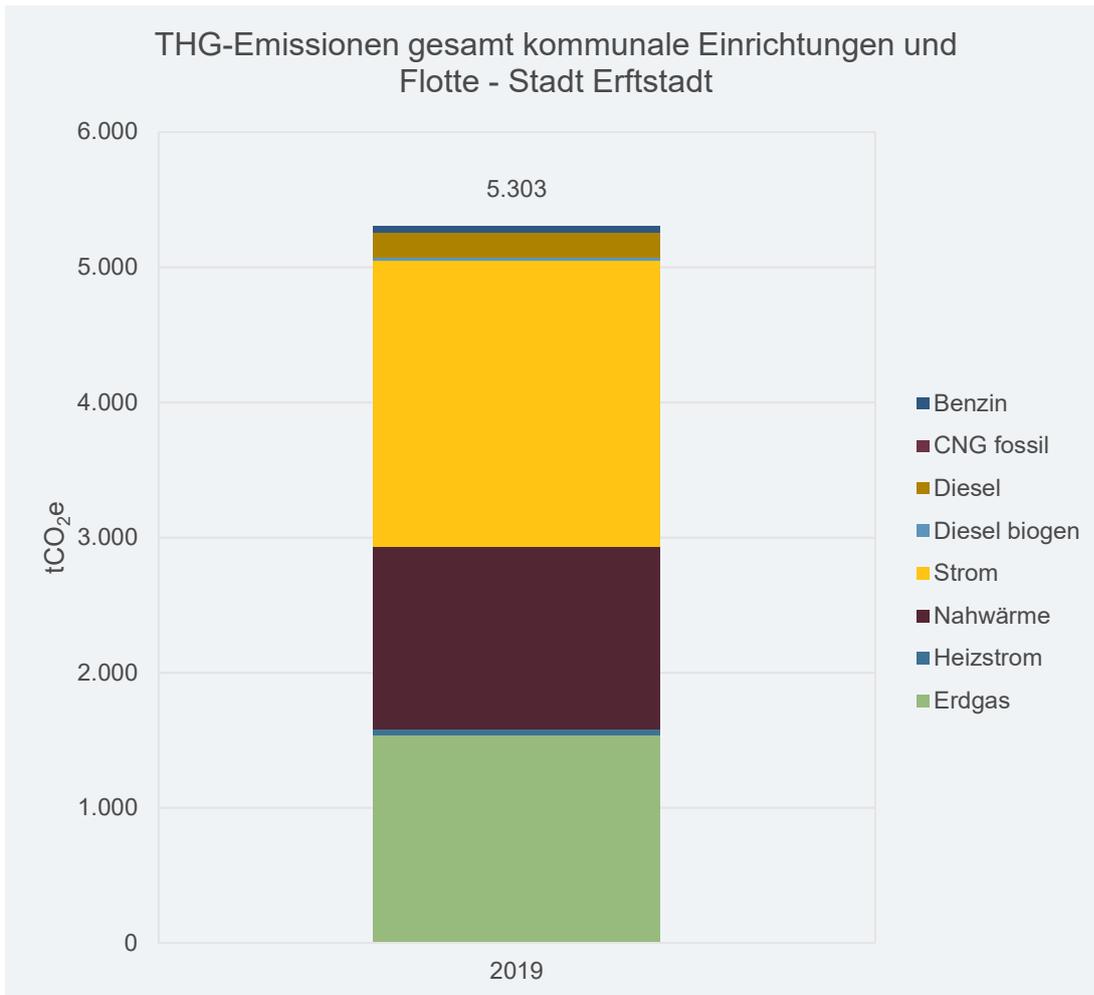


Abbildung 2-16: HG-Emissionen der kommunalen Einrichtungen der Stadt Erfstadt nach Energieträgern

2.5 Regenerative Energien der Stadt Erfstadt

Neben den Energiebedarfen und den THG-Emissionen sind auch die erneuerbaren Energien und deren Erzeugung im Stadtgebiet von hoher Bedeutung. In den folgenden Unterabschnitten wird auf den regenerativ erzeugten Strom und die regenerativ erzeugte Wärme in der Stadt Erfstadt eingegangen.

2.5.1 Strom

Zur Ermittlung der Strommenge, die aus erneuerbaren Energien hervorgeht, wurden die Einspeisedaten nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) genutzt. Abbildung 2-17 zeigt die EEG-Einspeisemengen nach Energieträgern für die Jahre 2013 bis 2019 von Anlagen im Stadtgebiet. Die Einspeisemenge deckt im Jahr 2019 bilanziell betrachtet etwas 19 % des Strombedarfes der Stadt Erfstadt. Der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergiebedarf beträgt dagegen 3 %.

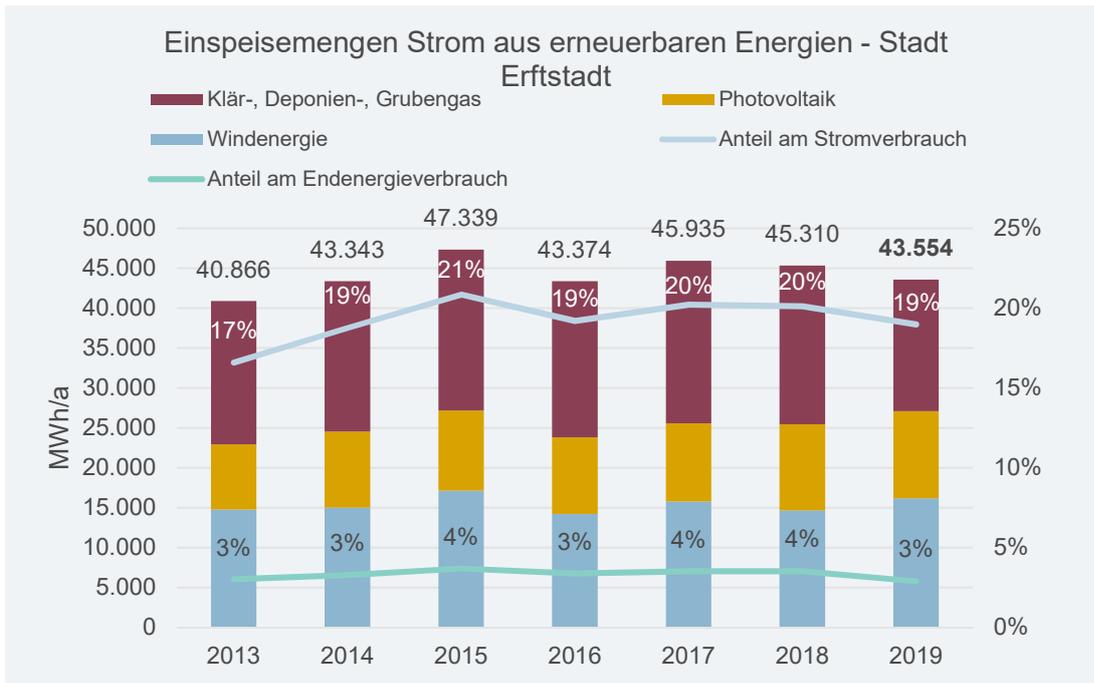


Abbildung 2-17: Strom-Einspeisemengen aus Erneuerbare-Energien-Anlagen der Stadt Erfstadt

Wie Abbildung 2-18 entnommen werden kann, gründet sich die Erzeugungsstruktur im Jahr 2019 mit einem Anteil von 37,9 % auf Klär-, Deponien-, und Grubengas und 37,1 % auf Windenergie. Es folgt mit 25,1 % der Energieträger Solarenergie.

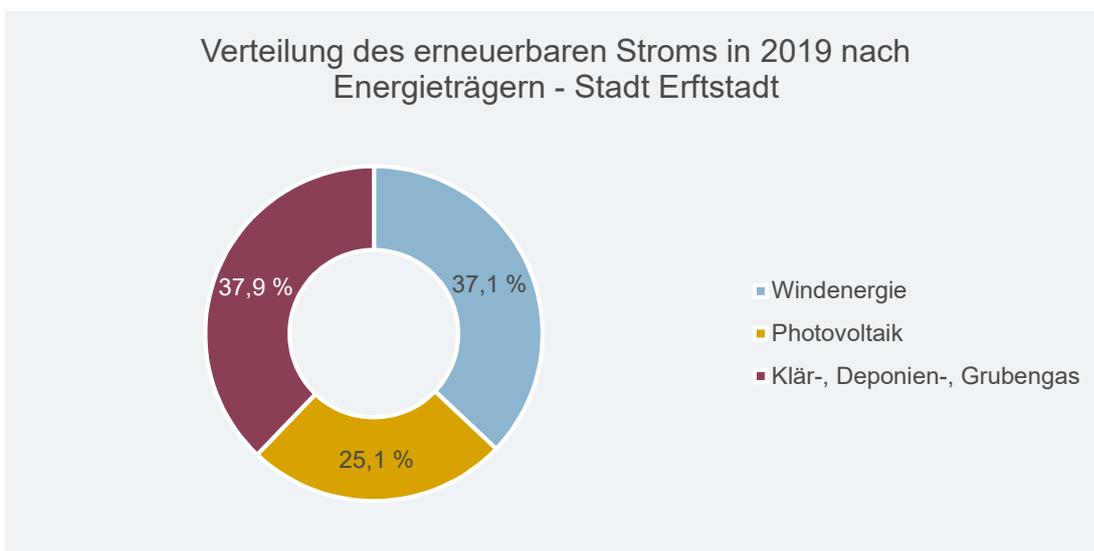


Abbildung 2-18: Verteilung des erneuerbaren Stroms nach Energieträgern im Jahr 2019 in der Stadt Erfstadt

2.5.2 Wärme

Für den Wärmebereich werden Wärmemengen aus Umweltwärme (i. d. R. Nutzung von Wärmepumpen) ausgewiesen, die besonders ins Auge fallen. Diese betragen 25.199 MWh im Jahr 2013. Im Jahr 2019 ist der Wert auf 28.342 MWh angestiegen. Die Wärmebereitstellung aus Biomasse stagnierte im Betrachtungszeitraum von 2013 bis 2019, während die Wärmemenge aus der Solarthermie leicht stieg. Im Bilanzjahr 2019 entfallen die größten Anteile an der erneuerbaren Wärmebereitstellung auf Umweltwärme (37,8 %) und Biomasse (55,1 %). Solarthermie (7,1 %) macht einen geringeren Anteil

aus. Der sinkende Anteil am Wärmebedarf zwischen 2018 und 2019 ist auf den stark steigenden Wärmebedarf im Jahr 2019 wegen der besseren Datenqualität zurückzuführen (siehe Hinweis unter 0 Mit dem Ziel, die bisherige Energie- und Klimaschutzarbeit fokussiert voranzutreiben, hat sich die Stadt Erfstadt dazu entschlossen, dem Thema Klimaschutz eine höhere Priorität einzuräumen und die Bemühungen zu verstärken. Mit dem integrierten Klimaschutzkonzept wird eine neue Grundlage für eine lokale Klimaschutzarbeit von hoher Qualität geschaffen, die eine nachhaltige Zukunft gestaltet. Wesentlicher Grundgedanke ist es, kommunales Handeln mit den Aktivitäten und Interessen aller weiteren Akteur:innen in der Stadt zu verbinden. Mit der Unterstützung von Akteur:innen soll zielgerichtet auf die eigenen Klimaschutzziele hingearbeitet werden.

Die Erstellung des Klimaschutzkonzepts soll der Stadt Erfstadt ermöglichen, die vorhandenen Einzelaktivitäten und Potenziale sowie die bereits durchgeführten Projekte zu bündeln und Multiplikatoren- und Synergieeffekte zu schaffen und zu nutzen. Potenziale in den verschiedenen Verbrauchssektoren (Haushalte, Verkehr, Wirtschaft und Verwaltung) sollen aufgedeckt werden und in ein langfristig umsetzbares Handlungskonzept zur Reduzierung der THG-Emissionen münden. Mit dem Klimaschutzkonzept erhält die Stadt Erfstadt ein Werkzeug, die Energie- und Klimaarbeit sowie die zukünftige Klimastrategie konzeptionell, vorbildlich und nachhaltig zu gestalten. Gleichzeitig soll das Klimaschutzkonzept Motivation für die Einwohner:innen der Stadt sein, selbst tätig zu werden und weitere Akteur:innen zum Mitmachen zu animieren. Nur über die Zusammenarbeit aller kann es gelingen, die gesteckten Ziele zu erreichen.

Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt).

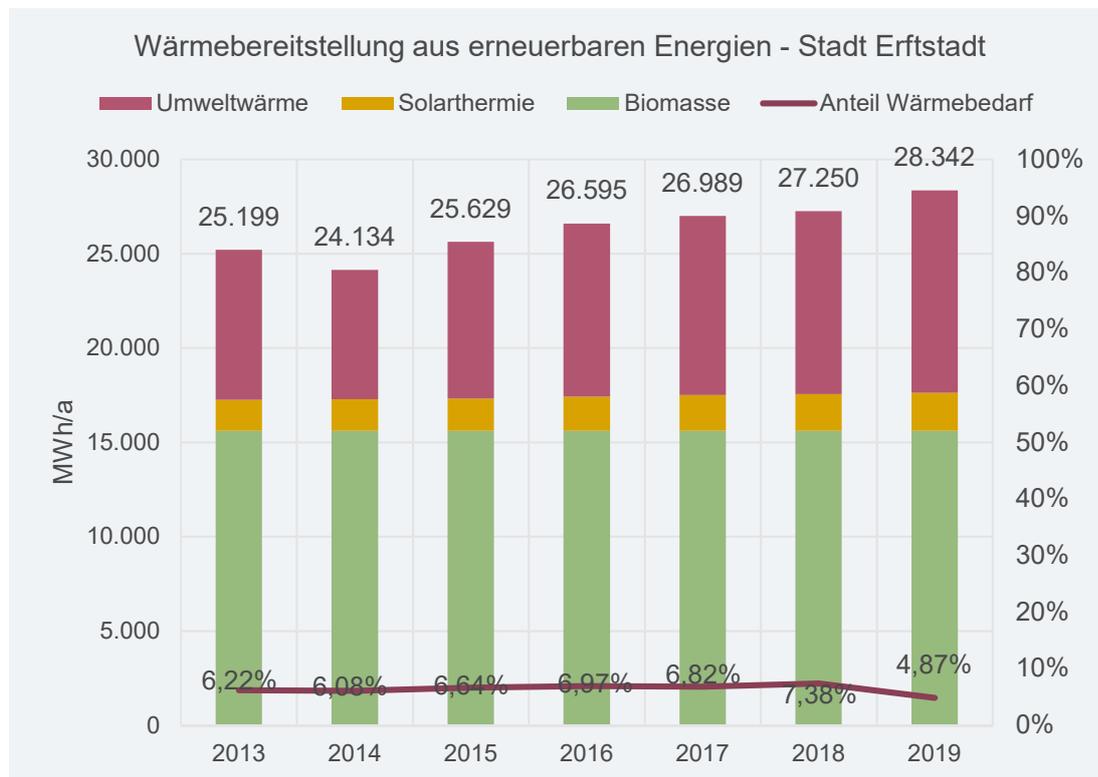


Abbildung 2-19: Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien nach Energieträgern in der Stadt Erfstadt

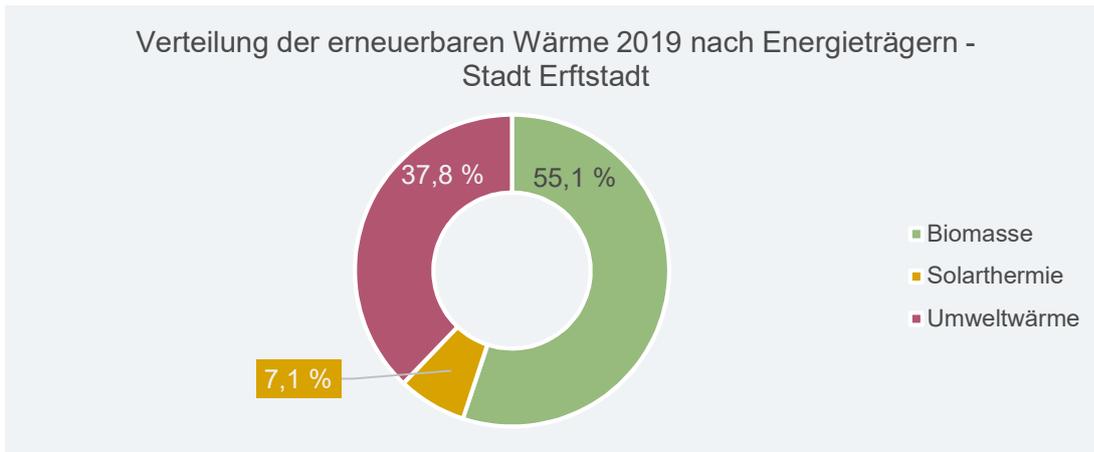


Abbildung 2-20: Verteilung der erneuerbaren Wärme nach Energieträgern in der Stadt Erfstadt

2.5.3 Nachrichtlich: Anrechnung des lokal erzeugten Stromes

Innerhalb der BSKO-Systematik ist eine Anrechnung des lokal erzeugten Stromes nicht möglich. Allerdings besteht die Möglichkeit diesen vor Ort erzeugten Strom mithilfe vorgegebener Emissionsfaktoren gegenzurechnen und in einer sogenannten „nachrichtlichen Darstellung“ mit anzugeben. In der nachfolgenden Abbildung 2-21 werden die Emissionen des lokalen Strombedarfes, aufgeteilt nach Sektoren, dargestellt. Im linken Balken sind die Emissionen entsprechend dem Bundesstrommix zu entnehmen, während im rechten Balken die lokal erzeugte Strommenge mit angerechnet wurde. Es lässt sich erkennen, dass die Emissionen beim lokalen Strommix um etwa 18 % niedriger liegen.

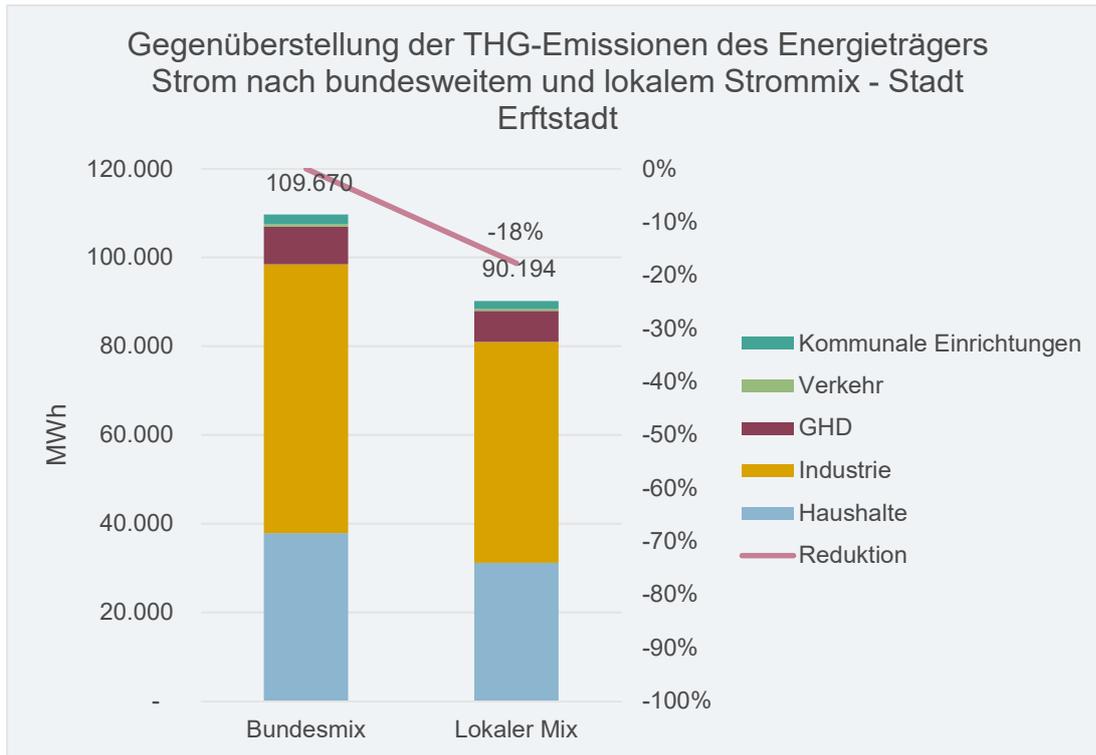


Abbildung 2-21: Vergleich der THG-Emissionen des Energieträgers Strom nach lokalem Mix der Stadt Erfstadt und bundesweitem Strommix

2.6 Nachrichtlich: Aufteilung des Straßenverkehrs nach Verkehrsströmen

Die Abbildung 2-3 verdeutlicht, dass der Verkehrssektor mit 46,9 % (710.626 MWh) den größten Anteil am Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt im Jahr 2019 ausmacht. Aus diesem Grund wird im Folgenden eine detaillierte Darstellung der Verkehrsströme vorgenommen.

Für die Ermittlung des Endenergiebedarfes im Straßenverkehr in diesem Kapitel wurden neben den vorhandenen Daten aus dem Klimaschutzplaner, bereitgestellt durch das ifeu, auch das integrierte Mobilitätskonzept (2022) in Betracht gezogenen (büro stadVerkehr Planungsgesellschaft mbH & Co. KG, 2022). Dabei wurden die Verkehrsdaten, die MIV und Güterverkehr beinhalten, in Binnen-, Quell-, Ziel- und Transitverkehr aufgeteilt und dann den Straßenkategorien inner- und außerorts sowie Autobahn zugeordnet

Definition:

- Binnenverkehr: Verkehrsströmung die innerhalb des betrachteten Gebiets stattfindet;
- Quellverkehr: Verkehrsströmung der im betrachteten Gebiet startet und außerhalb endet;
- Zielverkehr: Verkehrsströmung der außerhalb beginnt und im betrachteten Gebiet (Erfstadt) endet;
- Transitverkehr: Verkehrsströmung, die im betrachteten Gebiet hindurchführt, sowie außerhalb beginnt und endet.

Abbildung 2-22 verdeutlicht die Betrachtung der Verkehrsströme.

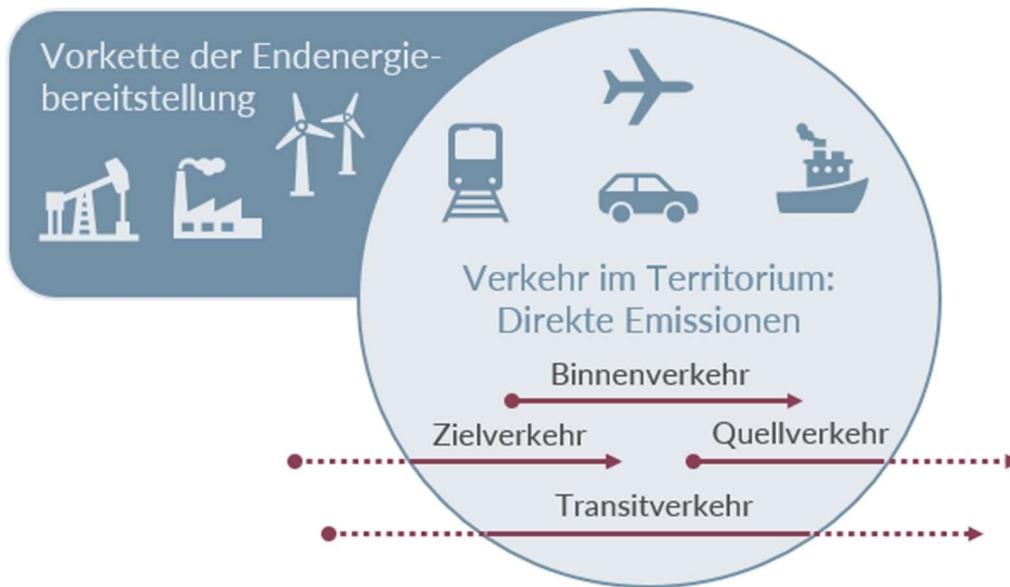


Abbildung 2-22: Darstellung der Verkehrsströme in Anlehnung an (ifeu, 2019)

2.6.1 Endenergiebedarf

In Abbildung 2-23 ist eine Aufteilung des Straßenverkehrs (MIV und Güterverkehr) in die Straßenkategorien „Innerorts“, „Außerorts“ und „Autobahn“ vorgenommen worden. Die Berechnungen basieren auf dem Mobilitätskonzept für die Stadt Erfstadt (büro stadVerkehr Planungsgesellschaft mbH & Co. KG, 2022) sowie spezifischen Berechnungsfaktoren entnommen aus dem Klimaschutz-Planer (Klimabündnis e.V., 2022).

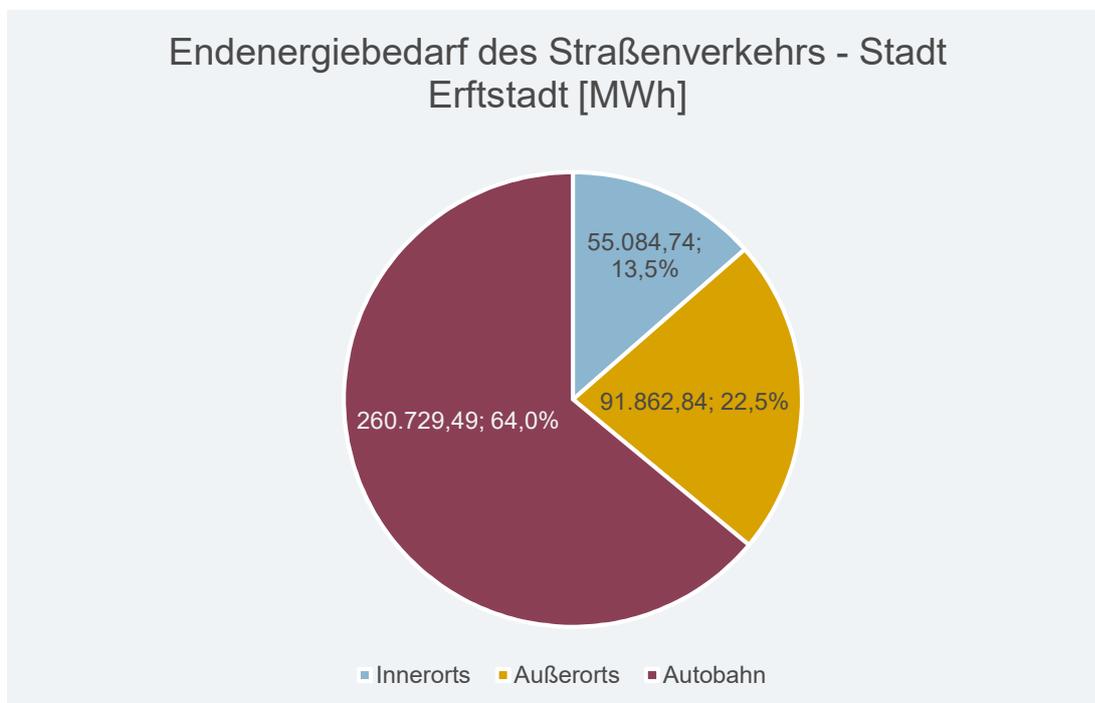


Abbildung 2-23: Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs (eigene Darstellung)

In der Abbildung 2-23 ist zu erkennen, dass insbesondere der Autobahnverkehr mit einem Endenergieverbrauch von 260.729,5 MWh (64 %) den größten Anteil ausmacht. Ohne den Anteil der Autobahn liegt der Endenergieverbrauch des Verkehrs bei 146.947,6 MWh.

Da der Autobahnverkehr als kaum kommunal beeinflussbar gilt (vgl. Kapitel 2.1.2), wird in Abbildung 2-24 noch einmal der Endenergiebedarf des Jahres 2019 dargestellt, allerdings ist der Anteil Autobahn herausgerechnet worden.

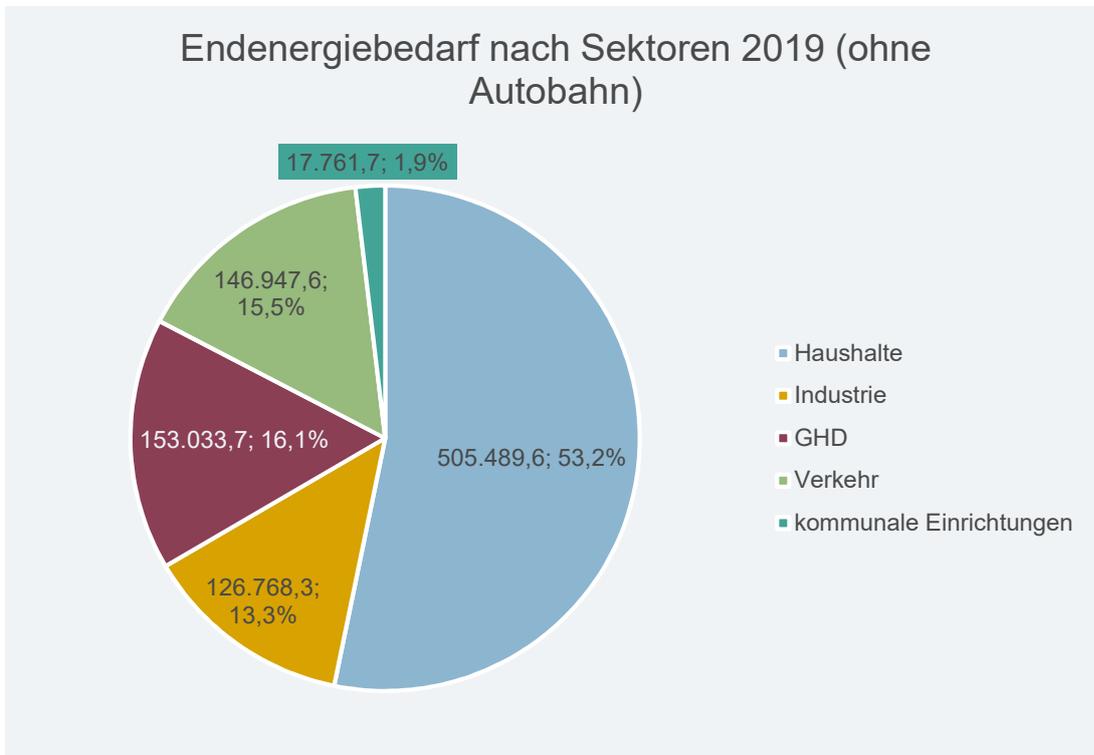


Abbildung 2-24: Endenergiebedarf nach Sektoren 2019 (ohne Autobahn)

Der Anteil des Verkehrs hat sich von etwa 46,9 % auf 15,5 % reduziert. Die Anteile der Sektoren Haushalte, GHD und Industrie haben sich dadurch deutlich vergrößert. Die Haushalte haben nach dieser Aufteilung einen Anteil von 53,2 %, GHD einen Anteil von 16,1 % und Industrie einen Anteil von 13,3 %. Der Sektor kommunale Einrichtungen hat nun einen Anteil von 1,9 %.

2.6.2 THG-Emissionen

In Abbildung 2-25 sind die THG-Emissionen des Straßenverkehrs, aufgeteilt nach den Straßenkategorien „innerorts“, „außerorts“ und „Autobahn“ dargestellt. Autobahn hat mit einem Anteil von 64,0 % den größten Anteil an den THG-Emissionen. „Außerorts“ und „Innerorts“ haben jeweils Anteile von 22,5 % bzw. 13,5 %.

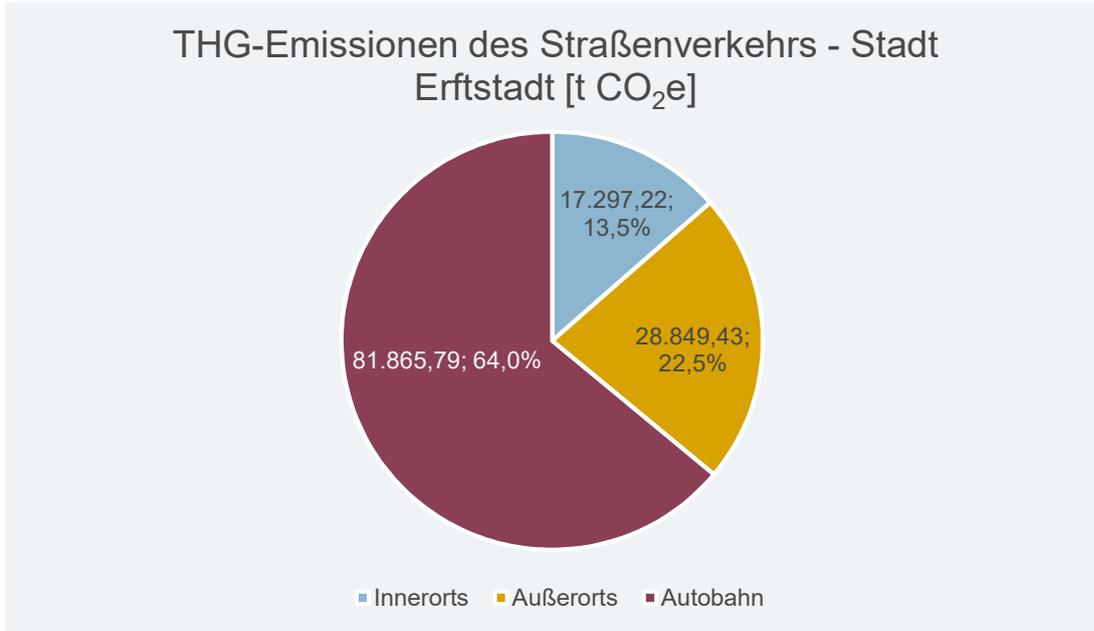


Abbildung 2-25: THG-Emissionen des Straßenverkehrs – Stadt Erfstadt [t CO₂e]

Wie bereits in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt, gilt der Verkehr der Autobahn als „kaum kommunal beeinflussbar“. Aus diesem Grund wird dieser in der nachfolgenden Abbildung, welche die gesamten THG-Emissionen der Stadt Erfstadt darstellt, herausgerechnet. Durch den Abzug des Autobahnverkehrs verschiebt sich die prozentuale Verteilung. Statt 46,0 % (vgl. Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) hat der Verkehr nun 15,0 %. Den größten Anteil hat nun der Sektor Haushalte mit einem Anteil von 49,9 % (153.641 t CO₂e). Auch die Anteile der Sektoren Industrie (19,7 %), GHD (13,8 %) und kommunale Einrichtungen (1,7 %) haben sich nun vergrößert.

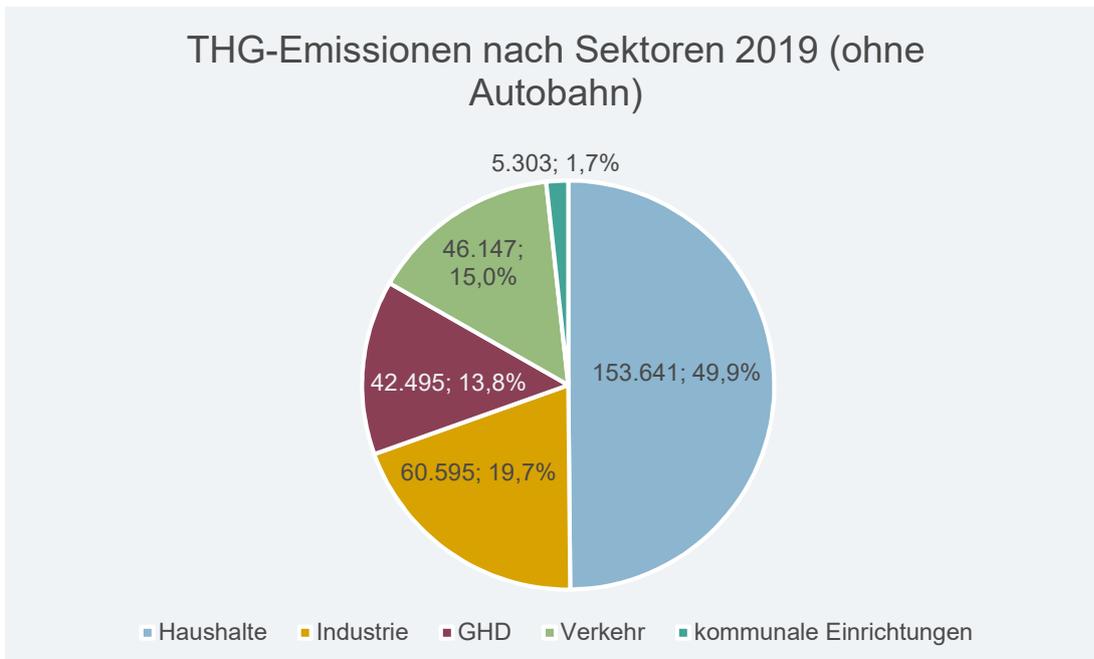


Abbildung 2-26: THG-Emissionen nach Sektoren 2019 (ohne Autobahn)

2.7 Indikatoren

Die nachfolgende Benchmark zeigt eine genauere Einordnung der Bilanzergebnisse anhand spezifischer Indikatoren (Anteil erneuerbarer Energien, Energieverbrauch GHD etc.) für das Jahr 2019. Ein Vergleich der Stadt Erfstadt mit den Bundesdurchschnittswerten wird ebenfalls abgebildet. Die nachfolgende Abbildung vergleicht die unterschiedlichen Indikatoren anhand eines Punktesystems. Abhängig von den ermittelten Werten werden den einzelnen Indikatoren Punkte zugeteilt und damit einer Bewertung unterzogen. Die Skalierung erfolgt von 0 - 10 Punkten, wobei 0 die schlechteste und 10 die beste Bewertung darstellt.

Werden die in der Grafik dargestellten Parameter als Werte dargestellt, so entsteht nachfolgende Tabelle. Die „Einheit“ bezieht sich dabei auf den „Wert“. Alle anderen Angaben sind Zahlenwerte, welche ohne Einheit gültig sind.

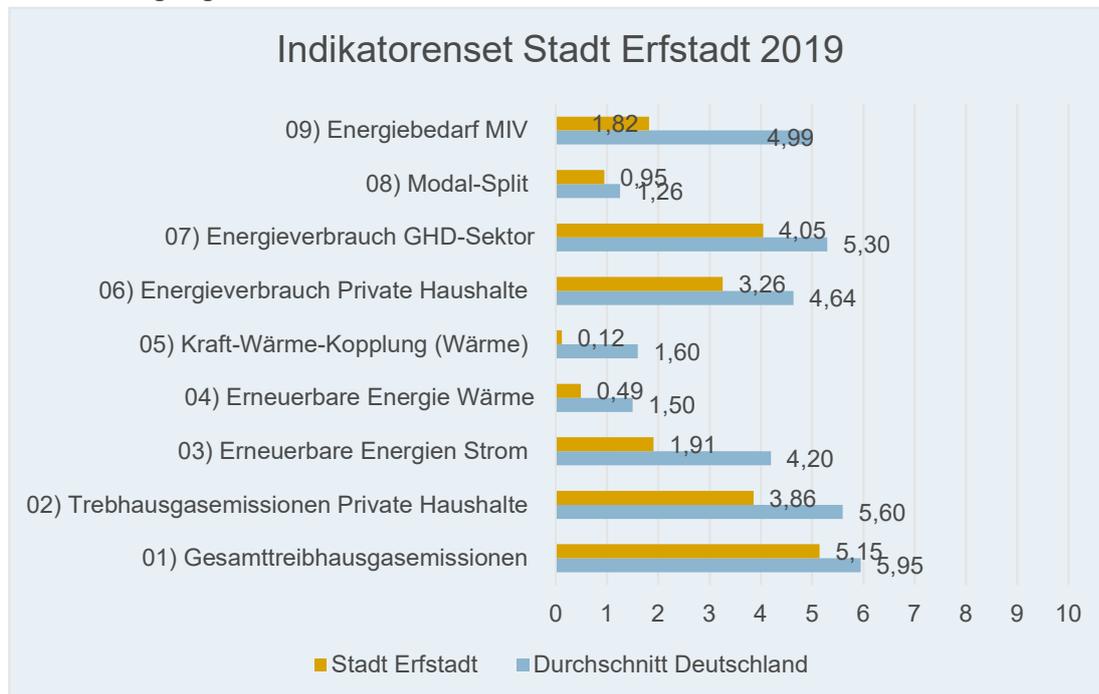


Abbildung 2-27: Punktbewertung des Indikatorensets für die Stadt Erfstadt

Tabelle 2-3: Indikatorenset – Auszug aus dem Klimaschutzplaner

Indikatorenname	Wert	Punkte	Durchschnittspunkte Deutschland	Einheit
01) Gesamtreibhausgasemissionen	9,71	5,15	5,95	t/EW
02) Treibhausgasemissionen Private Haushalte	3,07	3,86	5,60	t/EW
03) Erneuerbare Energien Strom	19,08	1,91	4,20	%
04) Erneuerbare Energien Wärme	4,94	0,49	1,50	%
05) Kraft-Wärme-Kopplung (Wärme)	0,61	0,12	1,60	%
06) Energieverbrauch Private Haushalte	10.107,77	3,26	4,64	kWh/EW

07) Energieverbrauch GHD-Sektor	17.844,42	4,05	5,30	kWh/Besch.
08) Modal-Split	9,53	0,95	1,26	%
09) Energiebedarf MIV	8.175,33	1,82	4,99	kWh/EW

Die Ergebnisse der Benchmark werden nachfolgend für die einzelnen Indikatoren kurz beschrieben. Die Angaben beziehen sich auf das Bilanzjahr 2019.

CO₂e-Emissionen pro Einwohner (Bundestrommix)

In der Stadt Erfstadt betragen die emittierten CO₂e-Emissionen rund 9,71 Tonnen pro Einwohner (t/EW) im Bilanzjahr 2019. Der Bundesdurchschnitt entspricht einer CO₂e-Emission von 8,1 t/EW. Damit liegt die Stadt Erfstadt mit einem Wert von 5,15 Punkten unter dem Bundesdurchschnitt mit 5,95.

CO₂e-Emissionen pro Einwohner bezogen auf den Sektor Private Haushalte

Im Sektor Private Haushalte liegen die CO₂e-Emissionen bei rund 3,07 Tonnen pro Einwohner (t/EW) im Bilanzjahr 2019. Der Bundesdurchschnitt entspricht einer CO₂e-Emission von 2,2 t/EW. Bei der entsprechenden Indikatorenbewertung erhält die Stadt Erfstadt 3,86 Punkte. Damit liegt sie unter dem Bundesdurchschnitt von 5,60 Punkten.

Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch

In der Stadt Erfstadt nehmen die erneuerbaren Energien mit rund 19 % am Stromverbrauch eine unterdurchschnittliche Stellung ein. 43.554 Megawattstunden Strom pro Jahr werden aus erneuerbaren Energieträgern produziert. Der prozentuale Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch beträgt im Bundesdurchschnitt 42,0 %. Die Stadt Erfstadt erhält in dieser Bewertung 1,91 Punkte. Damit liegt sie weit unter dem Bundesdurchschnitt von 4,20 Punkten.

Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch

Beim Wärmeverbrauch werden 4,94 % durch erneuerbare Energien gedeckt. Der prozentuale Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch beträgt im Bundesdurchschnitt 15,0 %. Nach dem Punktesystem erzielt die Stadt Erfstadt 0,49 Punkte in der Bewertung und liegt demzufolge weit unter dem Durchschnittswert des Bundes (1,50 Punkte).

Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung am Wärmeverbrauch

Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung am Wärmeverbrauch in der Stadt Erfstadt liegt bei 0,61 %. Im Bundesdurchschnitt liegt der Wert bei 16 %. Damit liegt die Stadt Erfstadt weit unter dem bundesweiten Schnitt. Innerhalb des Punktesystems erhält die Stadt Erfstadt 0,12 Punkte, wobei der Bundesdurchschnitt bei 1,60 Punkten liegt.

Energieverbrauch im Sektor Private Haushalte pro Einwohner

Der Energieverbrauch in den privaten Haushalten beträgt in der Stadt Erfstadt 10.107,77 Kilowattstunden pro Einwohner (kWh/EW). Der Bundesdurchschnitt entspricht einem Energieverbrauch von 8.043,00 kWh/EW. Die Stadt Erfstadt wird im Indikatorenset in dieser Kategorie mit 3,26 Punkten bewertet. Im Vergleich liegt Erfstadt hier unter dem Bundesdurchschnitt, der eine Bewertung von 4,64 Punkten erhält.

Energieverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten

Der Energieverbrauch im Sektor GHD beträgt in der Stadt Erfstadt 17.844,42 Kilowattstunden pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten (kWh / Besch.) und ist damit höher als der Bundesdurchschnitt (14.113,00 kWh / Besch.). Der Energieverbrauch des Gewerbes wird in der Stadt Erfstadt mit 4,05 Punkten schlechter bewertet als der Bundesdurchschnitt (5,30 Punkte).

Modal Split

Der prozentuale Anteil des Modal Splits am Umweltverbund (Anteil der Verkehrsmittel/-arten Fahrrad, zu Fuß, Linienbus, Stadt-, Straßen- und U-Bahn, Schienenpersonennahverkehr am Gesamtverbrauch des Verkehrssektors) liegt in der Stadt Erfstadt bei 9,53 % im Bilanzjahr 2019. Im Bundesdurchschnitt liegt der Anteil bei 12,60 %. Damit liegt die Stadt knapp unter dem Bundesdurchschnitt. Der dem Punktesystem entsprechende Wert für den Modal Splits beträgt in Erfstadt 0,95 Punkte im Bilanzjahr. Der Bundesdurchschnitt erhält in dieser Kategorie 1,26 Punkte. Die hier hinterlegten Daten beziehen sich wie in Kapitel 2.2 bereits erwähnt auf die Berechnungen des ifeu.

Da in Erfstadt ein Mobilitätskonzept vorliegt, bei welchem der Modal Split ebenfalls untersucht wurde, wird hier erwähnt, dass der Wert laut dem Konzept bei 36 % liegt (büro stadVerkehr Planungsgesellschaft mbH & Co. KG, 2022).

Energieverbrauch im Sektor Individualverkehr pro Einwohner

Im Sektor Individualverkehr beträgt der Energieverbrauch 8.175,33 Kilowattstunden pro Einwohner (kWh / EW) in der Stadt Erfstadt. Hier liegt der Energieverbrauch in Erfstadt unter dem Durchschnittsverbrauch im Bund (5.012,00 kWh / EW). Entsprechend liegt die Stadt bei der Bewertung mit 1,82 Punkten weit unter dem Durchschnittswert des Bundes (4,99 Punkte).

Fazit Indikatorenset

Die Darstellung des Indikatorenset zeigt, dass sich die Stadt Erfstadt insgesamt im Vergleich unterdurchschnittlich dasteht. Alle dargestellten neun Kategorien liegen unter dem Bundesdurchschnitt. Dabei fällt insbesondere der Wärmebedarf durch Kraft-Wärme-Kopplung (mit 0,12 Punkten) und die Produktion von Wärme durch Erneuerbaren Energien (mit 0,49 Punkten) auf.

2.8 Zusammenfassung der Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz

Der Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt beträgt im Bilanzjahr 2019 rund 1.512.949 MWh. Der Verkehrssektor weist mit 47 % den größten Anteil am Endenergiebedarf auf (in der nachrichtlichen Darstellung ohne den Anteil der Autobahn hat der Sektor Haushalte den größten Anteil). Darauf folgt der Sektor Haushalte mit einem Anteil von 34 %. Der Industriesektor weist einen Anteil von 10 % und der Sektor GHD einen Anteil von 8 % auf, während die kommunalen Einrichtungen lediglich 1 % des Endenergiebedarfs ausmachen.

Die Aufschlüsselung des Energieträgereinsatzes für den stationären Bereich (umfasst die Sektoren Wirtschaft, Haushalte und kommunale Einrichtungen) zeigt, dass der größte Anteil des Endenergiebedarfs im Jahr 2019 mit rund 39 % auf den Einsatz von Erdgas zurückzuführen ist. Strom hat im Bilanzjahr 2019 einen Anteil von 27 %, Heizöl macht rund 28 % und Benzin 13 % des Endenergiebedarfs aus.

Der Endenergiebedarf des Verkehrssektors beläuft sich im Bilanzjahr 2019 auf rund 710.626 MWh. Der Binnenverkehr weist mit 39 % den größten Anteil auf, gefolgt vom Ziel- und Quellverkehr mit 36 % bzw. mit 26 %. Bei der Auswertung der Energieträger wird deutlich, dass insbesondere die Energieträger Diesel mit 65 % den größten Anteil aufweist, gefolgt von Benzin mit 29 %.

Die aus dem Endenergiebedarf der Stadt Erfstadt resultierenden Emissionen summieren sich im Bilanzjahr 2019 auf 485.419 tCO₂e. Die Anteile der Sektoren korrespondieren in etwa mit ihren Anteilen am Endenergiebedarf. Der Verkehrssektor (46 %) ist deutlich vor dem Sektor Haushalte (32 %) der größte Emittent. Werden die THG-Emissionen auf die Einwohner:innen bezogen, ergibt sich ein Wert von rund 9,71 t/a. Damit liegt die Stadt Erfstadt im Jahr 2019 im unteren Bereich des bundesweiten Durchschnitts, der je nach Methodik und Quelle zwischen 7,9 und 11,0 t/a pro Einwohner:in variiert.

Die Stromproduktion aus regenerativen Energien auf dem Stadtgebiet macht im Jahr 2019, bezogen auf den gesamten Strombedarf der Stadt Erfstadt, einen Anteil von 19 % aus. Die Klär, Deponien- und Grubengas sowie Windenergie dabei mit 38 % bzw. 37 % die größten Anteile an der regenerativen Stromproduktion.

3 Potenzialanalyse der Stadt Erfstadt

Aufbauend auf den Ergebnissen der Energie- und THG-Bilanz werden in diesem Kapitel die Potenziale zur Senkung der THG-Emissionen der Stadt Erfstadt dargestellt.

Die Potenzialanalyse bezieht sich auf den Ist-Zustand der Stadt und betrachtet künftige veränderte Rahmenbedingungen, wie z.B. Wirtschaftswachstum, Neubaugebiete oder Veränderung der Einwohnerzahl. Die Potenziale ermitteln unter anderem die Verkehrssituation vor Ort, den Sanierungsgrad sowie auch die technische Ausstattung.

Grundsätzlich kann bei der Potenzialanalyse in vier Potenzialebenen unterschieden werden (Link, et al., 2018):

- **theoretisches Potenzial:** es umfasst das gesamte physikalisch umsetzbare Energieangebot einer Energiequelle innerhalb eines Gebietes zu einem bestimmten Zeitpunkt. Bei der Sonnenenergie wäre dies die gesamte Strahlungsenergie ohne Berücksichtigung von nutzungsbedingten Einschränkungen.
- **technisches Potenzial** umfasst den Teil des theoretischen Potenzials der unter bestimmten technischen Rahmenbedingungen mit heute oder absehbarer Zeit verfügbarer Anlagentechnik nutzbar ist.
- **wirtschaftliches Potenzial** beinhaltet den Teil des technischen Potenzials, der unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen realisiert werden kann. Das bedeutet, dass sich die Investition in energieeffizienten Technologien bzw. erneuerbaren Energien innerhalb einer bestimmten Lebensdauer unter Berücksichtigung eines definierten Zinssatzes amortisieren muss.
- **maximal umsetzbare Emissionsreduktionspotenzial:** Dieses Potenzial ist in der Regel kleiner als das wirtschaftliche Potenzial kann aber auch größer als das wirtschaftliche Potenzial sein.

Im nachfolgenden werden die technischen Potenziale dargestellt.

Die Potenzialanalyse bildet die Grundlage für die darauffolgende Szenarientwicklung. Sie unterstützt die Stadt Erfstadt auf ihrem Weg zur Treibhausgasneutralität, indem mögliche energetische Entwicklungen der Stadt berechnet werden. Dabei werden die Potenziale für Energieeinsparung sowie -effizienz in den Sektoren private Haushalte, Wirtschaft (Zusammenfassung aus GHD und Industrie) und Verkehr dargestellt und zum Teil bereits in Szenarien herangezogen⁴:

- Im **Trendszenario** wird das Vorgehen beschrieben, wenn keine bzw. gering klimaschutzfördernde Maßnahmen umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden hier nur in geringem Umfang gehoben. Im Verkehrssektor greifen jedoch bis 2040 die Marktanzreizprogramme für Elektromobilität und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor ab. Die übrigen Sektoren erreichen auch bis 2040 keine hohen Einsparungen des Energieverbrauches, da Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung und Nutzerverhalten nur eingeschränkt greifen. Effizienzpotenziale werden auch aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt.

⁴ Bei den verwendeten Zahlen für das Ausgangsjahr handelt es sich um witterungskorrigierte Werte. Diese können nicht eins zu eins mit den Werten aus der Energie- und THG-Bilanz verglichen werden, da dort, konform zur BSKO-Systematik, alle Werte ohne Witterungskorrektur angegeben sind. Für die Betrachtung der Potenziale und Szenarien wird dagegen eine Witterungskorrektur berücksichtigt, um etwa den Einfluss besonders milder sowie besonders kalter Temperaturen, die ggf. im Bilanzjahr vorgelegen haben, auszuschließen.

- Im **Klimaschutzszenario** hingegen werden vermehrt klimaschutzfördernde Maßnahmen mit einbezogen. Hier wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung, Effizienztechnologien und Nutzerverhalten erfolgreich umgesetzt werden und eine hohe Wirkung zeigen. Effizienzpotenziale können, aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit, verstärkt umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden in hohem Umfang gehoben. Im Verkehrssektor greifen auch hier bis 2040 die Marktanzreizprogramme für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab. Zusätzlich wird das Nutzerverhalten positiv beeinflusst, wodurch die Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs sinkt und der Anteil der Nahmobilität am Verkehrssektor steigt. Und auch Erneuerbare-Energien-Anlagen, vor allem Photovoltaik-Anlagen, werden mit hohen Zubauraten errichtet. Die Annahmen des Klimaschutzszenarios setzen dabei zum Teil Technologiesprünge und rechtliche Änderungen voraus.

Des Weiteren werden innerhalb der Potenzialanalyse die Potenziale im Ausbau der erneuerbaren Energien dargestellt.

Grundlage dieser Annahmen sind bundesweite Studien, die Prognosen für die Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr treffen. Sie stellen das aktuell Nötige, aber auch Machbare zur Erreichung der THG-Neutralität dar. Die Studien der Potenzialanalyse werden nachfolgend in einer Übersicht dargestellt und an den verwendeten Stellen jeweils nochmal genannt:

Sektor Private Haushalte

- **Mehr Demokratie e.V., BürgerBegehren Klimaschutz (2020):** Handbuch Klimaschutz, Wie Deutschland das 1,5-Grad-Ziel einhalten kann.
- **Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):** Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.

Sektor Wirtschaft (Zusammenfassung von Industrie und GHD)

- **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (2021):** Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD, Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB).
- **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, Technische Universität München, IREES GmbH Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (2015):** Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- **Solar-Institut Jülich der FH Aachen in Koop. mit Wuppertal Institut und DLR (2016):** Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung, Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz, Aachen 2016.

Sektor Verkehr

- **Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI (2015):** Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- **Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):** Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.

Die Potenzialanalyse wird nach dem folgenden Schema durchgeführt:

- Abschätzung der technischen Einsparpotenziale für die jeweiligen Sektoren nach Trend- und Klimaschutzszenario bis zum Zieljahr
- Ermittlung der technischen Potenziale erneuerbarer Energien zur Substitution von Energieverbräuchen
- In den **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die ermittelten Einsparpotenziale sowie die Potenziale zum Ausbau der Erneuerbaren Energien zusammengebracht und dienen als Basis für die Erreichung der THG-Minderungspfade

Damit bietet die Potenzialanalyse wichtige Ansatzpunkte zur Entwicklung von Maßnahmen.

Folgend werden die Einsparpotenziale der Stadt Erftstadt in den Bereichen private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr sowie Erneuerbare Energien betrachtet und analysiert.

3.1 Private Haushalte

Gemäß der in Kapitel 0 dargestellten Energie- und THG-Bilanz der Stadt Erftstadt entfallen auf den Sektor der privaten Haushalte 505.490 MWh Endenergiebedarf. Während rund 14,8 % der Endenergie auf den Strombedarf der privaten Haushalte zurückzuführen sind, nimmt der Wärmebedarf mit rund

85,2 % einen wesentlichen Anteil am Endenergiebedarf ein und weist somit ein erhebliches THG-Einsparpotenzial auf.

Ausgangslage für die Potenzialanalyse stellt neben der Bilanz und den genannten Studien auch Daten des Zensus2011. In der nachfolgende Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 sind die verwendeten Daten der Stadt Erfstadt dargestellt.

Besonders auffällig ist die hohe Anzahl an Gebäuden der Altersklasse 1949 – 1978. Gerade diese Altersklasse hat mit einem Endenergiebedarf von 205 kWh/m² einen hohen Wärmebedarf (vgl. Tabelle 3-3: Wärmebedarf nach Altersklassen Tabelle 3-3). Auch die Anzahl der Wohnungen in dieser Altersklasse spiegelt die Gebäudestruktur wider.

Tabelle 3-2 zeigt deutlich, dass die Ein- und Zweipersonenhaushalte in Erfstadt überwiegen.

Der Tabelle 3-3 kann entnommen werden, dass die gebäudestarken Altersklassen von vor 1919 bis 1980 den höchsten Wärmebedarf aufweisen und dementsprechend eine energetische Sanierung zu besonders hohen Energieeinsparungen führen würde.

Tabelle 3-1: Gebäude mit Wohnraum und Wohnungen in Gebäuden mit Wohnraum nach Baujahr (Statistisches Bundesamt, 2022)

Gebäude mit Wohnraum nach Baujahr		Wohnungen in Gebäuden mit Wohnraum nach Baujahr	
Altersklasse	Anzahl	Altersklasse	Anzahl
Insgesamt	15258	Insgesamt	22598
Vor 1919	966	Vor 1919	1290
1919 - 1948	1200	1919 - 1948	1420
1949 - 1978	7624	1949 - 1978	11457
1979 - 1986	1621	1979 - 1986	2245
1987 - 1990	599	1987 - 1990	846
1991 - 1995	974	1991 - 1995	1803
1996 - 2000	1154	1996 - 2000	1995
2001 - 2004	498	2001 - 2004	743
2005 - 2008	355	2005 - 2008	468
2009 und später	263	2009 und später	331

Tabelle 3-2: Wohnungen nach Größe des Haushalts

Wohnungen nach Größe des Haushalts	
Größe	Anzahl
Insgesamt	21507
darunter:	
1 Person	6323
2 Personen	8029
3 Personen	3519
4 Personen	2586
5 Personen	747
6 und mehr Personen	299

Tabelle 3-3: Wärmebedarf nach Altersklassen (Mehr Demokratie e.V., 2020)

Wärmebedarf nach Altersklassen	
Altersklasse	[kWh/m ² a]
vor 1919	225
1919 - 1949	230
1950 - 1979	205
1980 - 1989	165
1990 - 1999	125
2000 - 2009	78
ab 2009	50

Wärmebedarf

Durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands können der Endenergiebedarf und damit die THG-Emissionen im Bereich der privaten Haushalte erheblich reduziert werden. Von zentraler Bedeutung sind dabei zum einen die Verbesserung der Effizienz der Gebäudehüllen sowie die Umstellung der Wärmeversorgung hin zu erneuerbaren Energieträgern, wie etwa Wärmepumpen und Solarthermie (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021).

In der nachfolgenden Abbildung sind fünf unterschiedliche Sanierungsszenarien und der jeweilige Anteil sanierter Gebäude im Zieljahr 2040 abgebildet:

- **Trendzenario:** Hier wird eine lineare Sanierungsrate von 0,8 % p. a. angenommen. Diese schreibt somit den aktuellen Trend fort (Mehr Demokratie e.V., 2020).
- **Klimaschutzzenario:** Hier wird von einer kontinuierlich steigenden Sanierungsrate ausgegangen. Beginnend bei 11 % (entspricht dem Stand der heute bereits sanierten Gebäude (Mehr Demokratie e.V., 2020)) werden bis 2040 alle Gebäude saniert. Dafür ist eine Steigerung der Sanierungsrate von heute 0,8 % auf bis zu 6,0 % bis 2040 nötig.

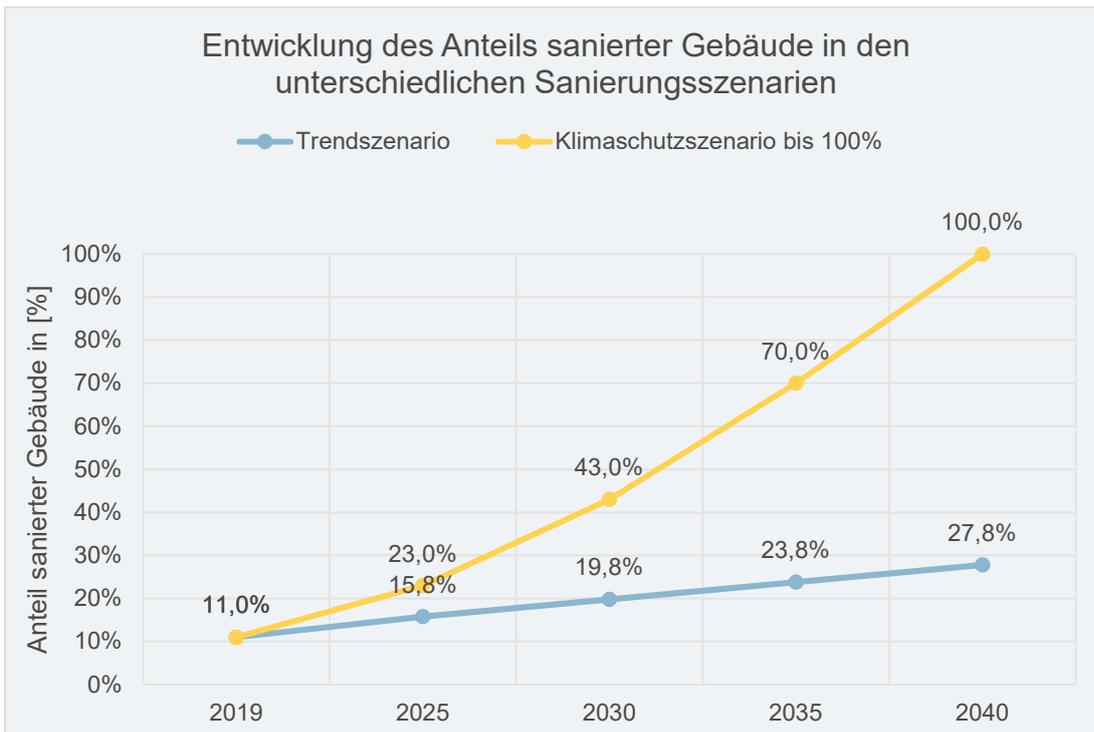


Abbildung 3-1: Entwicklung des Anteils sanierter Gebäude in den unterschiedlichen Sanierungsszenarien (Eigene Darstellung)

Wie der vorangestellten Abbildung zu entnehmen, können auf Grundlage der Annahmen und Studien im Trendszenario bis zum Zieljahr 2040 lediglich 27,8 % der Gebäude saniert werden. Um zu veranschaulichen, welche drastische Leistung erforderlich sind, die Treibhausgasneutralität zu erreichen, wurde im Klimaschutzszenario eine Vollsanierung (100 %) der Gebäude vorgenommen. Die Sanierungsrate startet bei 11 %, da zum Bilanzjahr bereits 11% der Gebäude saniert sind (Mehr Demokratie e.V., 2020).

Neben der Sanierungsrate spielt zudem die Sanierungstiefe eine entscheidende Rolle. Für die Szenarien wurden dabei folgende Annahmen aus dem Handbuch Klimaschutz übernommen:

- Trendszenario: Sanierungstiefe nach GEG-Standard (50 kWh/m²)
- Klimaschutzszenario: Sanierungstiefe nach EH-55 Standard (21 kWh/m²) zwischen 2020 und 2030 sowie EH-40 Standard (16 kWh/m²) nach 2030

Strombedarf

Grundlage für die Berechnung des Strombedarfes sind die Berechnungen der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“. Hier wird von einem Strombedarf von 127 TWh deutschlandweit im Jahr 2018 und 119 TWh im Jahr 2040 ausgegangen (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021). Mithilfe dieser Basiswerte wurde ein prozentualer Absenkpfad in 5-Jahres-Schritten berechnet. Damit nimmt der Strombedarf nach eigenen Berechnungen von 3.112 kWh pro Haushalt im Jahr 2020 um 10,2 % bis 2040 ab, sodass dieser einen Wert von 2.787 kWh erreicht (3.088 kWh im Jahr 2030). Berücksichtigt sind hierbei etwa eine Effizienzsteigerung von Elektrogeräten und der Beleuchtung (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021). Die Strombedarfe der Wärmepumpen sowie durch die Elektromobilität sind in den Sektoren Wärme (vgl. Kapitel 4.1) und Verkehr (vgl. Kapitel 4.2) enthalten.

Einfluss des Nutzer:innenverhaltens (Suffizienz)⁵

Im Besonderen das Nutzerverhalten (Suffizienz) nimmt einen wesentlichen Einfluss auf das Endenergieeinsparpotenzial im Bereich der privaten Haushalte. Die Effizienzsteigerung der Geräte kann durch die Ausstattungsraten und das Nutzerverhalten begrenzt werden. Eine rein technische Betrachtung führt stets zu einer starken Verminderung des Haushaltsstrombedarfs.

In der Realität zeigt sich, dass besonders effiziente Geräte zu sogenannten Rebound-Effekten führen. Das bedeutet, dass mögliche Stromeinsparungen durch neue Geräte, beispielsweise durch die stärkere Nutzung dieser oder durch die Anschaffung von Zweitgeräten (Beispiel: der alte Kühlschrank wandert in den Keller und wird dort weiterhin genutzt), begrenzt oder sogar vermindert werden (Sonnberger, 2014). Andererseits kann auch das Gegenteil eintreten, wobei energieintensive Geräte weniger genutzt werden. Des Weiteren ist es bei einigen Geräten auch schlichtweg nicht möglich, große Effizienzsteigerungen zu erzielen. Deshalb ist der Strombedarf in der Zielvision für 2040 nicht um ein Vielfaches geringer als in der Ausgangslage.

Um Einfluss auf das Nutzerverhalten zu nehmen, kann die Kommune etwa Aufklärungsarbeit leisten und die Einwohner:innen für Reboundeffekte sensibilisieren.

Endenergiebedarf

Für die Stadt Erftstadt wird nach Abstimmung für die weitere Berechnung des Klimaschutzszenarios die Sanierungsrate bis 100 % gewählt, sodass sich der ursprüngliche Wärmebedarf in Höhe von

⁵ Suffizienz steht für das „richtige Maß“ im Verbraucherverhalten der Nutzenden und kann auf alle Lebensbereiche übertragen werden.

478.773 MWh auf 336.979 MWh im Jahr 2030 bzw. auf 106.689 MWh im Jahr 2040 reduziert. Der ursprüngliche Strombedarf in Höhe von 74.938 reduziert sich bis in Jahr 2040 auf 67.289 MWh. Einen vollständigen Überblick über die möglichen Entwicklungen des Endenergiebedarfs gibt die nachfolgende Abbildung, welche den Endenergiebedarf (Wärme und Strom) darstellt:

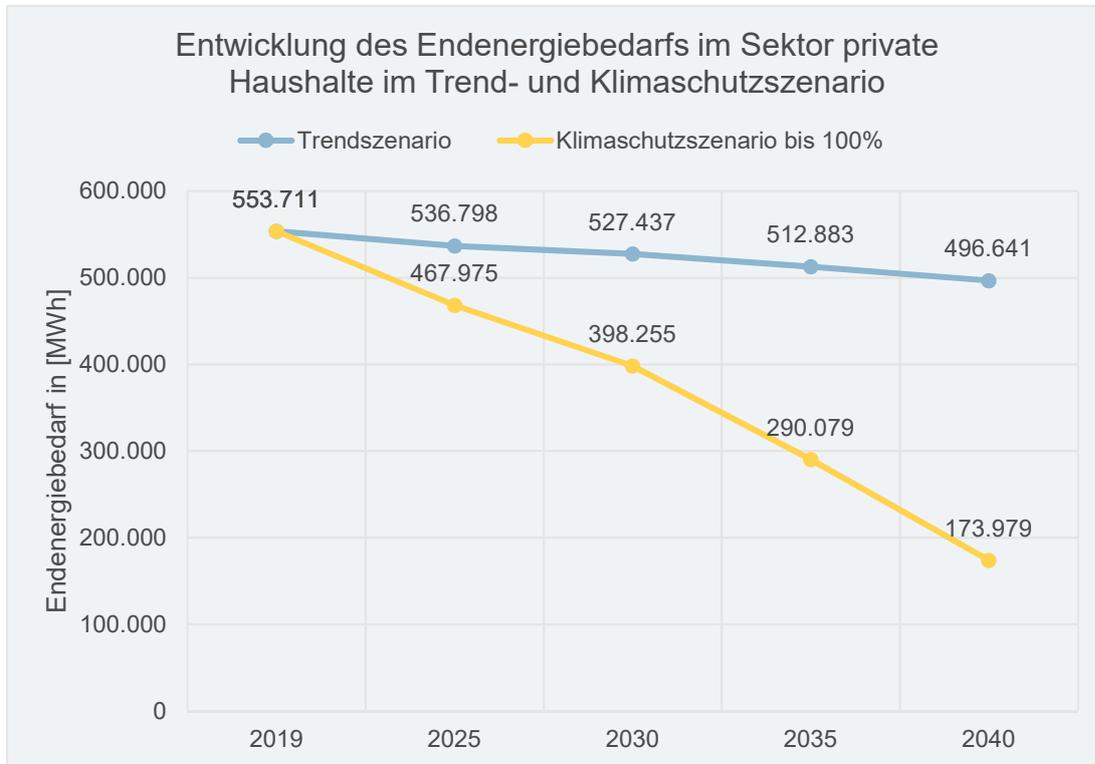


Abbildung 3-2: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Sektor private Haushalte im Trend- und Klimaschutzszenario (Eigene Darstellung)

Einflussbereich der Kommune

Um die Potenziale zu heben, muss die Sanierungsquote stark gesteigert werden. Da hier kein direkter Zugriff durch die Stadt Erfstadt möglich ist, müssen die EigentümerInnen zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit sowie über die Ansprache von AkteurInnen (HandwerkerInnen, BeraterInnen, Wohnungsgesellschaften). Einen weiteren Ansatzpunkt stellt die finanzielle Förderung von privaten Sanierungsvorhaben dar. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die Bafa) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

3.2 Wirtschaft

Die Energie- und THG-Bilanz der Stadt Erfstadt hat ergeben, dass ca. 18,5 % (279.802 MWh) des gesamten Endenergiebedarfs auf den Sektor Wirtschaft (Zusammenfassung aus GHD und Industrie) entfallen.

Im industriellen Bereich liegen die Einsparpotenziale vor allem im effizienteren Umgang mit Prozesswärme (Brennstoffe) und mechanischer Energie (Strom). Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) wird dagegen ein großer Teil der Energie zur Bereitstellung von Raumwärme sowie zur Beleuchtung und Kommunikation eingesetzt. Abbildung 3-3 zeigt die unterschiedlichen Einsparpotenziale nach Querschnittstechnologien.

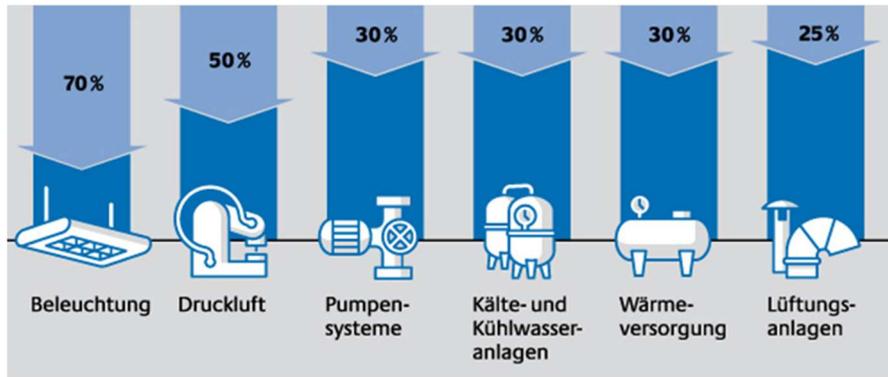


Abbildung 3-3: Energieeinsparpotenziale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014)

Für die Ermittlung der Einsparpotenziale von Industrie und GHD wird auf das Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung (Solar Institut Jülich der FH Aachen in Kooperation mit Wuppertal Institut und DLR, 2016)⁶, die Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, 2021) sowie auf den Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (IREES, 2015) zurückgegriffen.

Diese weist in den zwei verschiedenen Szenarien (Trend- und Klimaschutz) Potenziale für die Entwicklung des Energiebedarfs in Industrie sowie GHD aus. Für die Berechnung werden folgende Größen verwendet:

- **Spezifischer Effizienzindex:** Entwicklung der Energieeffizienz der entsprechenden Technologie bzw. der Effizienzpotenziale im spezifischen Einsatzbereich.
- **Nutzungsintensitätsindex:** Intensität des Einsatzes einer bestimmten Technologie bzw. eines bestimmten Einsatzbereiches. Hier spiegelt sich in starkem Maße auch das Nutzer:innenverhalten oder die technische Entwicklung hin zu bestimmten Anwendungen wider.
- **Resultierender Energiebedarfsindex:** Aus der Multiplikation von spezifischem Effizienzindex und Nutzungsintensitätsindex ergibt sich der Energiebedarfsindex. Mit Hilfe dieses Wertes lassen sich nun Energiebedarfe für zukünftige Anwendungen berechnen. Dies geschieht, indem der heutige Energiebedarf mit dem resultierenden Energiebedarfsindex für 2045 multipliziert wird.

Nachfolgend werden die der Entwicklung der Bedarfe zugrundeliegenden Werte in der Tabelle 3-4 dargestellt.

In der nachfolgenden Tabelle ist zu erkennen, dass die Studie sich auf das Basisjahr 2010 bezieht. Der Resultierende Energiebedarfsindex wurde für das Bilanzjahr 2019 hochgerechnet und dann bis zu den Zieljahr 2040 in den unterschiedlichen Szenarien fortgeführt.

Es wird ersichtlich, dass bis auf den Anwendungsbereich Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) alle Energiebedarfe abnehmen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für IKT eine stark steigende Nutzungsintensität prognostiziert wird.

Tabelle 3-4: Grundlegenden Daten und resultierender Energiebedarfsindex für Trend- und Klimaschuttszenario

Bezugsjahr:	2010	2040	2040
	Basisjahr	Trend 2040	Klimaschutz 2040

⁶ Für weitere Nebenrechnungen wurden zudem die Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, 2021) sowie der Schlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (IREES, 2015) genutzt.

Prozesswärme	100%	90%	90%
Mech. Energie	100%	81%	74%
IKT	100%	101%	101%
Kälteerzeuger	100%	83%	78%
Klimakälte	100%	83%	78%
Beleuchtung	100%	71%	71%
Warmwasser	100%	96%	90%
Raumwärme	100%	74%	66%

Die Potenziale können auch nach Anwendungsbereichen und Energieträgern (Strom oder Brennstoff) aufgeteilt dargestellt werden. Die nachfolgende Abbildung 3-4 zeigt die Strom- und Brennstoffbedarfe nach Anwendungsbereichen für das Jahr 2019 und das Jahr 2040 in den drei Szenarien.

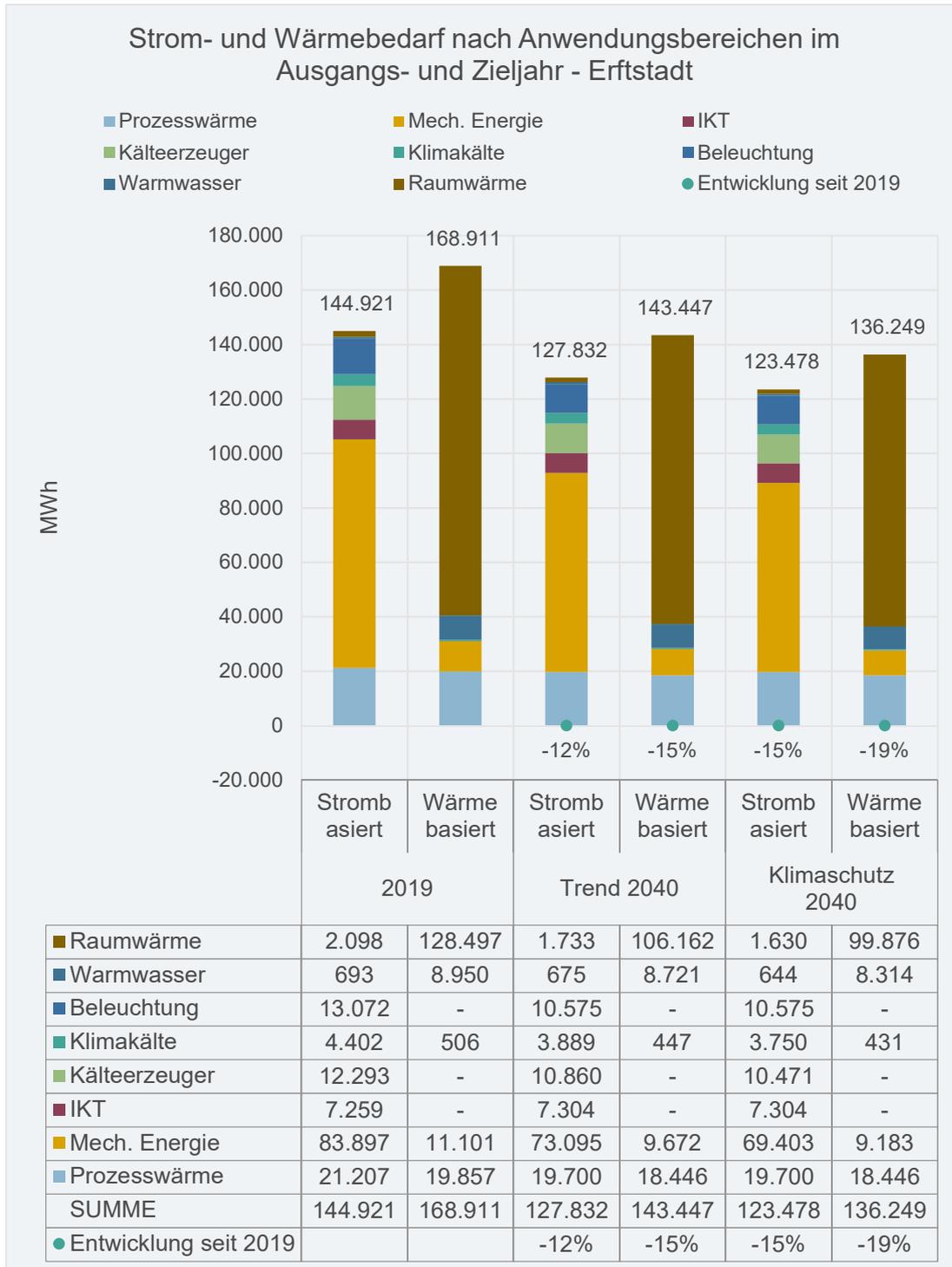


Abbildung 3-4: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen im Ausgangs- und Zieljahr – Stadt Erfstadt (Eigene Berechnung)

Es wird ersichtlich, dass in der Stadt Erfstadt, auch im Wirtschaftssektor, vor allem Einsparpotenziale im Bereich der Raumwärme liegen. So können im Klimaschutzszenario 2040 rund 28.621 MWh Raumwärmebedarf eingespart werden. Über alle Anwendungsbereiche hinweg können insgesamt bis zu 21.449 MWh bzw. rund 15 % Strom eingespart werden. Hierbei zeigen sich mit 14.494 MWh möglicher Reduktion vor allem Einsparpotenziale im Bereich der mechanischen Energie. Dies vor allem durch den

Einsatz effizienterer Technologien. Der Endenergiebedarf ist im Klimaschutzszenario nicht um ein Vielfaches geringer, da die meisten Einsparpotenziale auch in einem zukünftigen Trendszenario technisch ausschöpfbar sind.

Endenergiebedarf der Wirtschaft

Die oben dargestellten Parameter werden nachfolgend auf die Jahre 2019 bis 2040 in 5-Jahres-Schritten hochgerechnet. Die nachfolgende Abbildung 3-5 zeigt die addierten Ergebnisse der Berechnungen für GHD und Industrie und damit für den gesamten Wirtschaftssektor. Dabei wird erkenntlich, dass im Klimaschutzszenario bis zu 17 % Endenergie eingespart werden können. Das Trendszenario führt zu einer Einsparung des Endenergiebedarfs von 14 %. Die Einsparungen Klimaschutzszenario sind nicht um ein Vielfaches höher, da auch im Trendszenario die meisten Effizienzpotenziale technisch umsetzbar sind. Dies betrifft vor allem die Bereiche Beleuchtung, mech. Energie, IKT, Klimakälte, Kälteerzeuger und Prozesswärme.

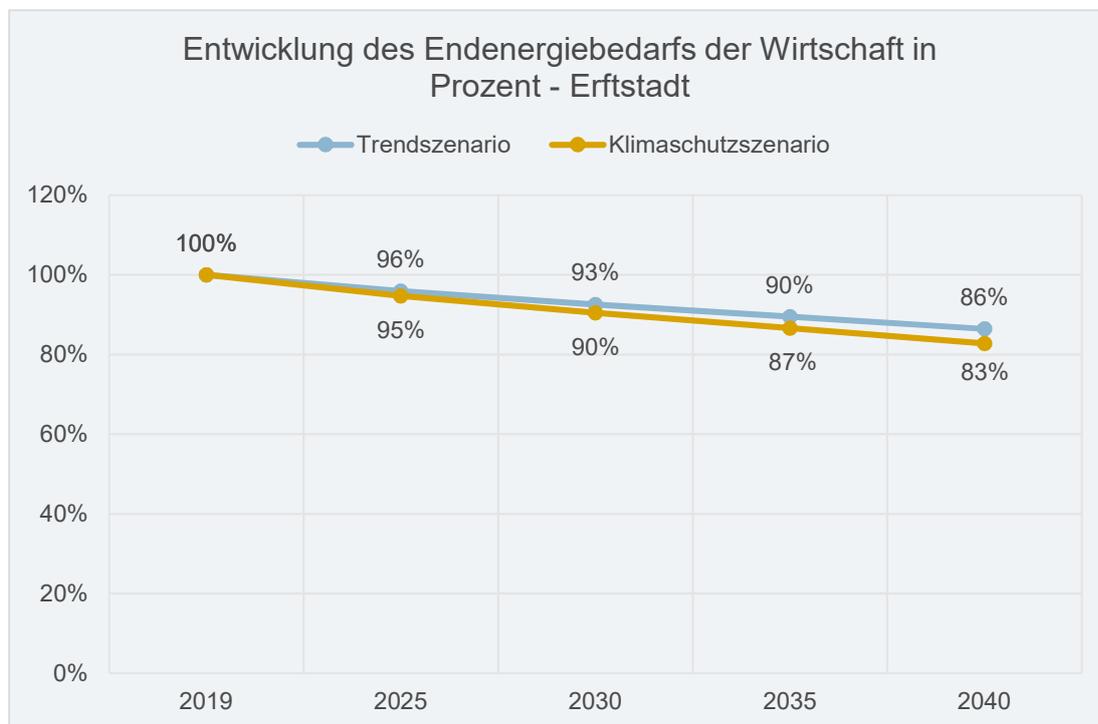


Abbildung 3-5: Entwicklung des Endenergiebedarfs der Wirtschaft – Stadt Erfstadt

Einflussbereich der Kommune

Um insbesondere das Potenzial der Räumwärme zu heben, sollte die Sanierungsquote gesteigert werden. Da auch hier kein direkter Zugriff durch die Verwaltung der Stadt Erfstadt möglich ist, müssen die Unternehmen zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit sowie Ansprache von Akteuren. Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die finanzielle Förderung von Sanierungsvorhaben. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die Bafa) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

Über gesetzgeberische Aktivitäten ließen sich zudem Standards für Energieeffizienz anheben. Auch hier sind Land, Bund oder EU aufgefordert, aktiv zu werden.

Ein zusätzlicher Anreiz zu energieeffizienter Technologie und rationellem Energieeinsatz können künftige Preissteigerungen im Energiesektor sein. Dies wird jedoch entweder über die Erhebung zusätzlicher bzw. Anhebung von bestehenden Energiesteuern erreicht oder über Angebot und Nachfrage bestimmt.

3.3 Verkehr

Der Sektor Verkehr hat mit einem Anteil von 46,9 % am Endenergieverbrauch einen erheblichen Einfluss auf die THG-Emissionen der Stadt Erftstadt. Da in diesem Sektor der Anteil erneuerbarer Energien bzw. alternativer Antriebe nach wie vor sehr gering ist, bietet dieser langfristig hohe Einsparpotenziale. Bis zum Zieljahr 2040 ist davon auszugehen, dass ein Technologiewechsel auf alternative Antriebskonzepte (z. B. E-Motoren und Brennstoffzellen) aber auch eine Verkehrsverlagerung Richtung Umweltverbund stattfinden wird. In Verbindung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien im Stromsektor (entweder auf Stadtgebiet gewonnen oder von außerhalb zugekauft) kann dadurch langfristig von einem hohen THG-Einsparpotenzial ausgegangen werden.

Aufbauend auf den Studien „Klimaschutzszenario 2050“ (Öko-Institut / Fraunhofer ISI, 2015) und „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021) wurden die Entwicklungen der Fahrleistung sowie die Entwicklungen der Zusammensetzung der Verkehrsmittel für zwei unterschiedliche Szenarien hochgerechnet. Dabei wurden vorhandene Daten, wie z. B. zurückgelegte Fahrzeugkilometer und der Endenergieverbrauch verwendet. Die Daten entstammen teilweise aus den im Klimaschutz-Planer hinterlegten Werten des ifeu und teilweise aus dem Mobilitätskonzept der Stadt Erftstadt.

Basis für das *Trendszenario* sind Werte aus dem „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ der Studie „Klimaschutzszenario 2050“ (Öko-Institut / Fraunhofer ISI, 2015). Das *Klimaschutzszenario* basiert auf der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021) und stellt eine maximale Potenzialausschöpfung dar.

Entwicklung der Fahrleistungen

Nachfolgend sind die Fahrleistungen für das Trend- und das Klimaschutzszenario bis 2040 berechnet worden. Daran schließen sich die Ergebnisse der Endenergiebedarfs- und Potenzialberechnungen für den Sektor Verkehr an.

Vorab wichtig zu nennen ist, dass im Klimaschutzszenario für das Zieljahr 2040 die Zielwerte zur Absenkung der Verkehrsnachfrage aus dem Jahr 2050 auf das Jahr 2040 übertragen wurden. Dies betrifft die Verkehrsmitteln PKW, Schienenverkehr, öffentlicher Straßenverkehr sowie Güterverkehr auf Straße und Schiene. Dies wurde getan, um die Größe der nötigen Ambitionen im Verkehrsbereich darzustellen.

Wie der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen, zeigt sich für das Trendszenario bis 2040 insgesamt eine leichte Zunahme der Fahrleistungen. Besonders fallen dabei die Verkehrsmittel leichte Nutzfahrzeuge (LNF) und Lastkraftwagen (LKW) ins Auge. Aber auch der motorisierte Individualverkehr (MIV) nimmt leicht zu. Bei den Bussen ist mit einer leichten Abnahme der Fahrleistung zu rechnen.

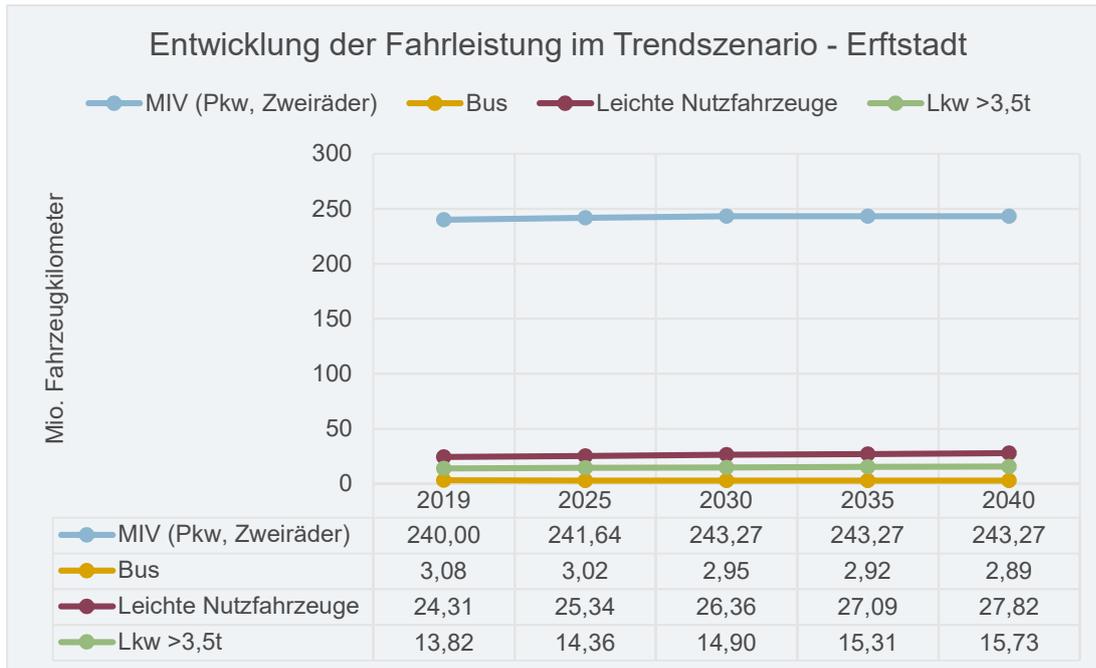


Abbildung 3-6: Entwicklung der Fahrleistungen im Trendszenario – Stadt Erfstadt (Eigene Berechnung)

Die Entwicklungen der Fahrleistungen im Klimaschutzscenario zeigen bis 2040 eine Abnahme der gesamten Fahrleistung um rund 23 %. Der MIV sinkt um rund 31 %. Diese Absenkung ist laut (Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut, 2021) nur möglich, wenn ein Umstieg auf den ÖPNV, das Rad sowie den Fußverkehr geschieht. Weitere Möglichkeiten stellt die vermehrte Nutzung von Ridesharing oder Ridepooling statt dem eigenen PKW. Dadurch verdoppelt sich in etwa die Fahrleistung der Busse. Für die verbleibenden Verkehrsmittel wird eine leichte Zunahme prognostiziert (vgl. Abbildung 3-7).

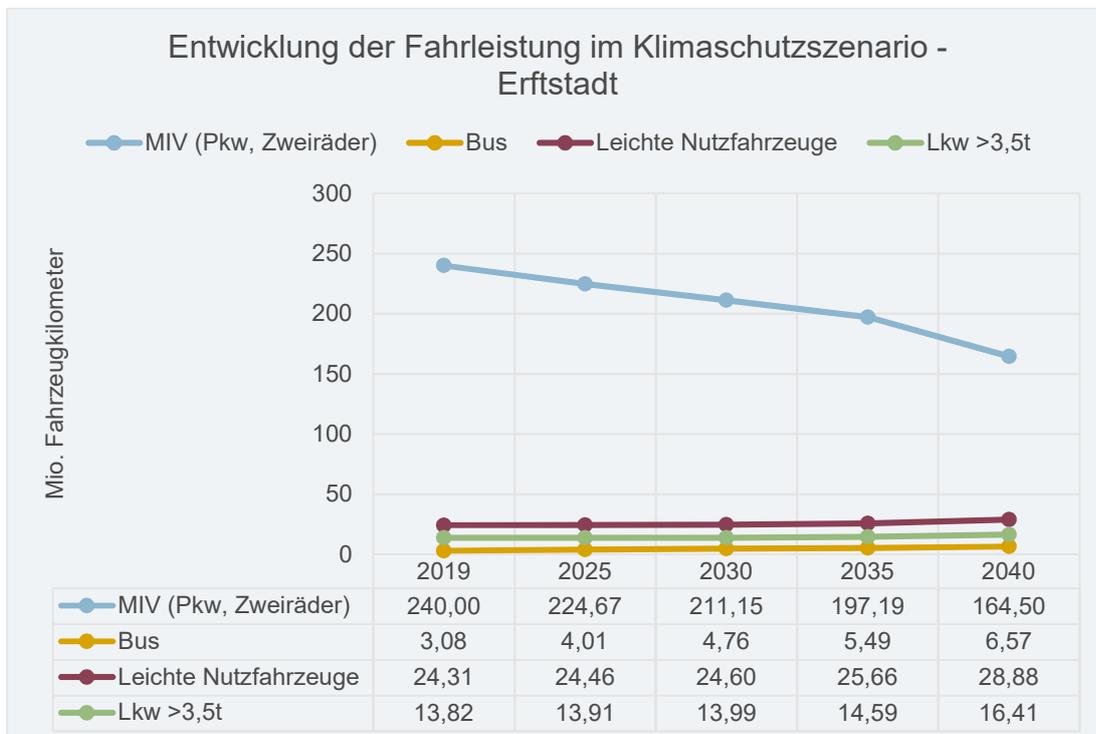


Abbildung 3-7: Entwicklung der Fahrleistungen im Klimaschutzscenario - Stadt Erfstadt (Eigene Berechnung)

Um die Entwicklungen der Fahrleistungen in beiden Szenarien bis zu den Zieljahr 2040 als Wert darzustellen, sind diese in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 3-5: Prozentuale Veränderung der Fahrleistung bis zum jeweiligen Zieljahr (Angaben in Mio. Fz-km)

	2019	Trend 2040	Klimaschutz 2040
MIV	240,00	+1%	-31%
Bus	3,08	-6%	+113%
LNF	24,31	+14%	+19%
Lkw	13,82	+14%	+19%
Summe	281,22	+3%	-23%

Wie der nachfolgenden Abbildung 3-8 zu entnehmen, verschiebt sich neben der Veränderung der Gesamtfahrleistung im Verkehrssektor auch der Anteil der Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben zugunsten von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb. Auch in diesem Teil der Potenzialanalyse wurden im Klimaschutzszenario die Zielwerte des Jahres 2050 auf das Jahr 2040 übertragen, um die Dringlichkeit eines Technologiewechsels darzustellen. Im Klimaschutzszenario ist zu erkennen, dass bereits vor 2035 die Fahrleistung der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben die Fahrleistung der konventionell betriebenen Fahrzeuge übertrifft. Für das Trendszenario gilt dies nicht. Hier dominieren weiterhin deutlich die konventionellen Antriebe, wobei auch hier der Anteil der alternativen Antriebe aufgrund sich andeutender Marktdynamiken steigen wird – allerdings nur moderat.

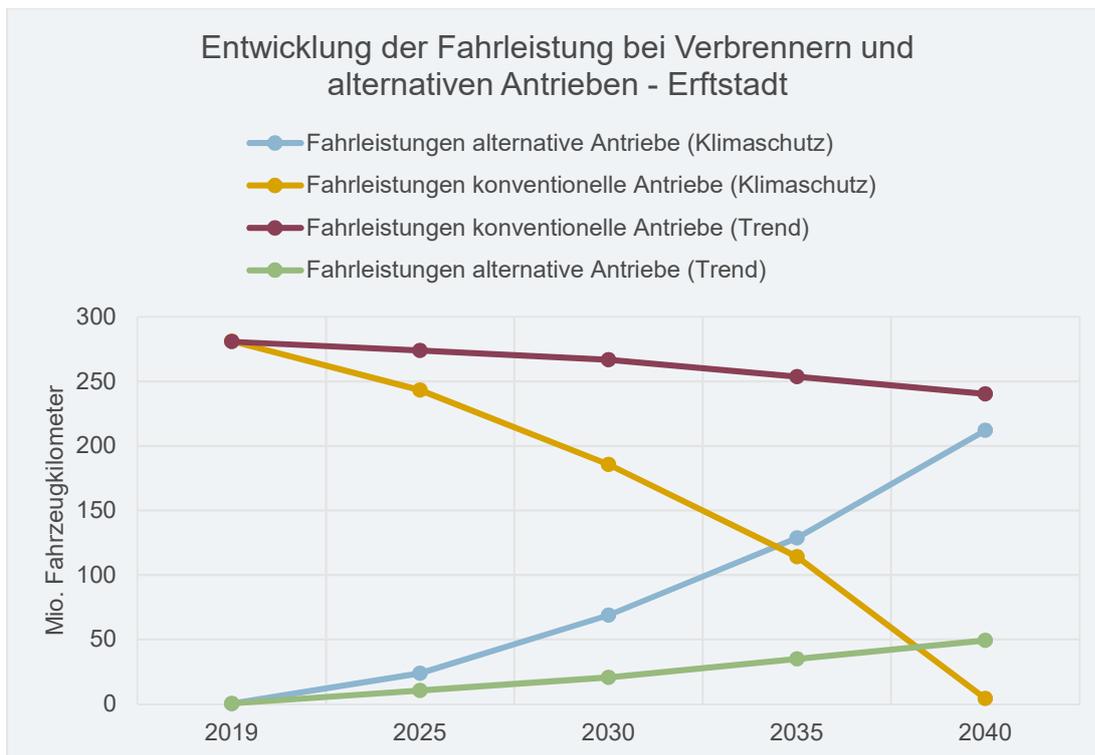


Abbildung 3-8: Entwicklung der Fahrleistung bei fossilen und alternativen Antrieben – Stadt Erfstadt (Eigene Berechnung)

Entwicklung des Endenergiebedarfs

Auf Grundlage der dargestellten Fahrleistungen werden in der nachfolgenden Abbildung die Endenergiebedarfe bzw. Endenergieeinsparpotenziale für beide Szenarien berechnet. Die Endenergiebedarfe für den Sektor Verkehr sind bis 2040 im Trendszenario auf 74 % und im Klimaschutzszenario auf 32 %

zurückgegangen. Damit liegen die Einsparpotenziale bis 2040 im Trendszenario bei 26 % und im Klimaschutzszenario bei 68 %.

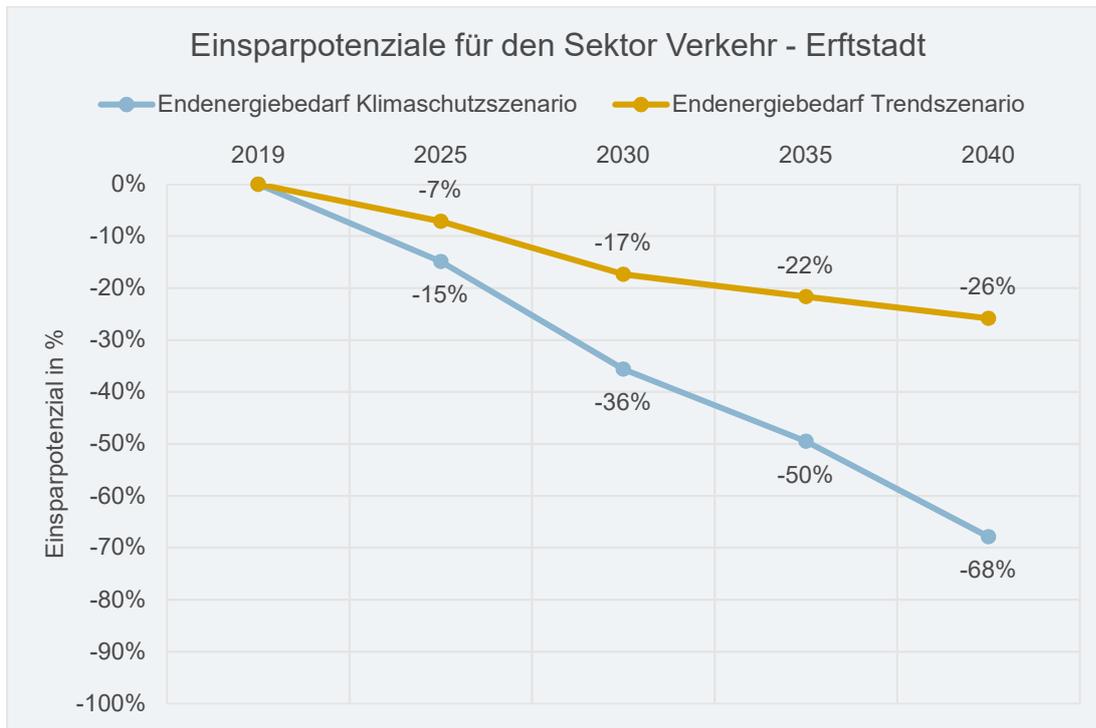


Abbildung 3-9: Einsparpotenziale für den Sektor Verkehr – Stadt Erfstadt (Eigene Berechnung)

Einflussbereich der Kommune

Die Stadt Erfstadt kann neben der Öffentlichkeitsarbeit zur Nutzung des ÖPNV und eine höhere Auslastung von Pendlerfahrzeugen sowie der Schaffung planerischer und struktureller Rahmenbedingungen zur Umgestaltung des inner- und außerörtlichen Verkehrs, kaum direkten Einfluss auf die Entwicklungen in diesem Sektor nehmen. Im Rahmen dieser Analyse wird daher im Straßenverkehr lediglich der Anteil ohne Autobahn betrachtet.

3.4 Erneuerbare Energien

Nachfolgend werden die berechneten Potenziale für erneuerbare Energien dargestellt. Um die technischen Potenziale im Sektor Erneuerbare Energien zu ermitteln, wurde auf die Potenzialstudie Erneuerbare Energien des LANUV zurückgegriffen.

Die ermittelten Potenziale werden in den nachfolgenden Unterabschnitten je Energieträger genannt.

3.4.1 Windenergie

Aktuell befinden sich 15 Windenergieanlagen auf dem Stadtgebiet von Erfstadt. Diese wurden in den Jahren 2002 bis 2006 in Betrieb genommen und weisen eine Leistung von 0,6 MW und 2 MW auf (LANUV, 2022). Im Bilanzjahr 2019 haben diese 15 Windenergieanlagen einen Stromertrag von 16.150 MWh erzeugt.



Abbildung 3-10: Windenergieanlagen Stadt Erfstadt – Auszug Energieatlas NRW (LANUV, 2022)

Gemäß der durchgeführten Potenzialanalyse Windenergie NRW (LANUV, 2022) bestehen in der Stadt Erfstadt große Windenergiepotenziale – insgesamt bis zu 32 Neuanlagen mit je einer Nennleistung von 5,3 MW. Für die Stadt Erfstadt wird eine Potenzialfläche in Größe von 1030 ha, eine installierbare Leistung von 170 MW sowie ein Nettoertrag von **524.000 MWh/a** ausgewiesen (LANUV, 2022).

3.4.2 Sonnenenergie

Die Stromerzeugung durch Sonnenenergie in der Stadt Erfstadt beläuft sich im Bilanzjahr 2019 auf 10.918 MWh Strom. Des Weiteren wurde im Jahr 2019 ein Wärmeertrag von rund 2.012 MWh durch Solarthermie gewonnen. Nachfolgend wird das Potenzial der Sonnenenergie unterteilt in Dachflächen- und Freiflächenphotovoltaik, Agri-PV sowie Solarthermie.

Dachflächenphotovoltaik

Gemäß der durch das LANUV durchgeführten „Potenzialstudie Solarenergie NRW“ (LANUV, 2018) gibt es in der Stadt Erfstadt geeignete Dachflächen mit:

- einer installierbaren Modulfläche von 1.314.000 m²,
- einer installierbaren Leistung von 220 MWp und

- einem möglichen Stromertrag von **190.000 MWh/a**.

Freiflächenphotovoltaik

Zumeist stehen Freiflächenphotovoltaikanlagen in Konkurrenz zu landwirtschaftlich genutzten Flächen. Doch auch beispielsweise die Randstreifen entlang der Autobahnen und Schienenwege bieten hohe Potenziale für Freiflächenphotovoltaik. Zudem sind diese im EEG 2021 vom Gesetzgeber als förderungswürdige Standorte für PV-Freiflächenanlagen festgelegt. Dabei können große Freiflächenanlagen seit dem EEG 2021 zukünftig eine Leistung von bis zu 20 MWp besitzen (vorher 10 MWp). Hierzu wurde etwa auch der Korridor erweitert. Während bislang 110 m Randstreifen an Autobahn- und Eisenbahnrändern galten, können nun 200 m genutzt werden (dabei muss jedoch ein Streifen von 15 m freigehalten werden).

Die Flächen entlang der Autobahnen und Schienenwege eignen sich vor allem deshalb, da das Landschaftsbild bereits vorbelastet ist, es kaum Nutzungskonkurrenz gibt und die Flächen häufig geböscht sind, sodass die Module in einem günstigen Neigungswinkel stehen und daher mit weniger Abstand zueinander aufgestellt werden können als auf ebenen Flächen. Prinzipiell sind folgende Flächen unproblematisch als Potenzialflächen für Solarfreiflächenanlagen geeignet:

- 200 m Randstreifen von Autobahnen oder Bundesstraßen (beidseitig, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn), welche als Acker- oder Grünland ausgewiesen sind.
- 200 m Randstreifen von Bahntrassen (beidseitig), welche als Acker- oder Grünland ausgewiesen sind.

Siedlungs- und Waldflächen sowie folgende Schutzgebiete werden als ungeeignet für die Solar-freiflächen bewertet: Naturschutzgebiete, Biotop, Naturdenkmale, FFH-Gebiete, Wasserschutzgebiete (Zone I + II), Überschwemmungsgebiete und Vogelschutzgebiete.

Gemäß der durch das LANUV durchgeführten „Potenzialstudie Solarenergie NRW“ beträgt die installierbare Modulfläche in der Stadt Erfstadt 3.107.050 m²; dies entspricht einer installierbaren Leistung von 529 MWp sowie einem möglichen jährlichen Stromertrag von **477.000 MWh/a** (LANUV, 2022)⁷.

Gemäß dem stadtweiten Konzept zur Umsetzung von Freiflächensolaranlagen (Stadt Erfstadt, 2018) wurden 2018 folgende Kriterien für die Nutzung von Freiflächen-Photovoltaik festgelegt.

- Die Standorte beschränken sich auf einen Korridor von max. 240m Breite zu im Stadtgebiet vorhandenen Bundesautobahnen
- Sicht- und Lärmschutzbereiche der Bundesautobahn dürfen nicht beeinträchtigt werden, Sonderfälle wie die Nutzung des Lärmschutzwalls oder einer Lärmschutzwand als Träger für Photovoltaikmodule sind möglich
- Die Tiefe des Anlagenbereichs wird auf 200m beschränkt
- Die Gesamtlänge des Anlagenbereichs darf 1000m nicht überschreiten
- Die Gesamtanlagenfläche im Stadtgebiet wird auf 60 ha begrenzt
- Die Anlagengrundfläche muss weiterhin landwirtschaftlich (z.B. durch Beweidung) nutzbar sein; die Aufständehöhe hat sich an dieser Zielsetzung zu orientieren
- Sonstige öffentliche oder private Belange dürfen nicht beeinträchtigt werden

Mit einer Einschränkung der potenziellen Fläche auf 60 ha (600.000 m²) würde sich die mögliche Leistung von 529 MWp auf 102 MWp reduzieren. Auch der mögliche Ertrag, durch die Ausschöpfung des vollen Potenzials würde sich dadurch von 477.000 MWh/a auf etwa 92.200 MWh/a reduzieren.

⁷ Da die letzte Untersuchung des PV-Freiflächen-Potenzials im Jahr 2020 stattgefunden hat, wurden hier die zuvor gültigen 110 m² Randstreifen als Berechnungsgrundlage genutzt.

Diese Regelung gilt äquivalent für das im nachfolgenden Kapitel aufgeführte Potenzial der „Agri-PV“.

Agri-PV

Neben herkömmlichen Freiflächenphotovoltaikanlagen auf den Randstreifen von Autobahnen und Schienenwegen können auch Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen installiert werden. Diese so genannte Agri-Photovoltaik bezeichnet ein Verfahren zur gleichzeitigen Nutzung von Flächen für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion und die Solarstromproduktion. Damit steigert Agri-PV die Flächeneffizienz und ermöglicht den Ausbau der PV-Leistung bei gleichzeitigem Erhalt fruchtbarer Acker- oder Weideflächen für die Landwirtschaft. Vor diesem Hintergrund ist der Ruf nach einer politischen Förderung dieser Form der Stromerzeugung gewachsen. Als Reaktion haben Bundestag und Bundesrat mit der Novelle des EEG im Dezember 2020 erstmals eine reguläre Förderung für Agri-Photovoltaik auf den Weg gebracht. Im Zuge der sogenannten Innovationsausschreibungen wird ab 2022 die Förderung von 150 MW/a in Form einer EEG-Marktpremie für „besondere“ Solaranlagen (Agri-Photovoltaik-Projekte und Photovoltaikanlagen auf Gewässern und Parkplätzen) gewährleisten (Fraunhofer ISE, 2022).

Agri-PV-Systeme lassen sich als bodennahe (landwirtschaftlicher Betrieb zwischen den PV-Modulen) und hoch aufgeständerte Anlagen (mindestens 2,1 m Höhe, landwirtschaftlicher Betrieb unter den PV-Modulen) realisieren. Der Flächenbedarf von hoch aufgeständerten Agri-PV-Systemen liegt im Normalfall 20-40 % über dem von herkömmlichen Freiflächenanlagen (15 m²/kWp, (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2019)). Daraus ergibt sich ein gemittelter Flächenfaktor von 1,3 (s. Tabelle 3-6). Der Flächenbedarf von bodennahen Agri-PV-Systemen ist etwa drei Mal so hoch wie bei Freiflächenphotovoltaik, was einen Flächenfaktor von 3,0 ergibt (s. Tabelle 3-6) (Fraunhofer ISE, 2022).

Im Bilanzjahr 2019 beträgt die Größe der landwirtschaftlichen Flächen in Erftstadt 80.520.000 m². Bei einem spezifischen Ertrag von 1033,6 kWh/kWp (Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, Institut für Technologie- und Betriebsmanagement, 2018) ergeben sich die in der aufgeführten Maximalpotenziale.

Tabelle 3-6: Potenziale Agri-PV für die Stadt Erftstadt (Eigene Berechnung)

Agri-PV-Anlagenart	Fläche [m ²]	Flächenfaktor	Stromertrag [MWh/a]
Bodennah	80.520.000	3,0	1.849.455
Hoch aufgeständert		1,3	4.267.973

Es ist zu beachten, dass die landwirtschaftlichen Flächen nicht im direkten Einflussbereich der Stadtverwaltung. Die Errichtung der PV-Module muss deshalb immer einzelfallspezifisch gemeinsam mit den Landwirtinnen und Landwirten geplant und umgesetzt werden.

In der Potenzialanalyse wurden die Potenziale der „Hoch aufgeständerten Anlagen“ in Betracht gezogen. Davon als nutzbares Potenzial bewertet werden allerdings nur ein Anteil von 5 % bzw. 4.026.000 m². Mit dieser Fläche könnte sich ein Stromertrag von **213.399 MWh/a** decken lassen.

Solarthermie

Neben der Stromerzeugung ist die Sonnenenergie auch für die Warmwasserbereitung durch Solarthermie geeignet. Ein 4-Personen-Haushalt benötigt etwa 4-6 m² Kollektorfläche zur Deckung des Warmwasserbedarfes außerhalb der Heizperiode (Mai bis September). Insgesamt können so über das Jahr gesehen rund 60 % des Warmwasserbedarfes durch Solaranlagen abgedeckt werden.

In sogenannten Kombi-Solaranlagen kann darüber hinaus, neben der Warmwasserbereitung, auch Energie zum Heizen der Wohnfläche genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine ausreichend große Dachfläche, da die Kollektorfläche ungefähr doppelt so groß sein muss, wie bei reinen Solaranlagen für die Warmwasserbereitung. Dies führt zu einer Flächenkonkurrenz mit Photovoltaikanlagen. Ein Speicher im Keller sorgt durch seine Pufferwirkung dafür, dass die Solarwärme auch nutzbar ist, wenn die Sonne nicht scheint. Im Vergleich zu Anlagen, die lediglich der Warmwasserbereitung dienen, ist das Speichervolumen bei Kombi-Anlagen zwei- bis drei-mal so groß. Zudem ist der Speicher im Gegensatz zu einfachen Anlagen zum überwiegenden Teil mit Heizungswasser gefüllt.

Durch Kombi-Solaranlagen lassen sich rund 25 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs decken. Eine zusätzliche herkömmliche Heizung ist in jedem Fall erforderlich. Die Kombination von Solaranlagen mit einem herkömmlichen Heizungssystem ist vom Fachmann durchzuführen, da Solaranlagen, bestehende Heizung und Wärmeenergiebedarf aufeinander abgestimmt sein müssen, um eine optimale Effizienz zu erzielen.

Für die Stadt Erfstadt weist das LANUV eine installierbare Kollektorfläche von 1.100.000 m² und eine theoretisch maximal erzeugbare Wärmemenge in Höhe von 570.000 MWh/a aus, wovon etwa 12.000 MWh als nutzbare Wärmemenge für die Warmwasseraufbereitung ausgewiesen werden.

3.4.3 Biomasse

Unter den erneuerbaren Energien ist die Biomasse die Technologie, die am flexibelsten eingesetzt werden kann. Im Gegensatz zu Wind und Sonne kann die Biomasse „gelagert“ bzw. gespeichert werden und folglich als Puffer eingesetzt werden, wenn Sonne und Wind zu wenig Energie liefern. Dabei kann Biomasse sowohl bei der Strom- als auch bei der Wärmeerzeugung zum Einsatz kommen.

Biomasse ist allerdings mit Abstand die flächenintensivste unter den erneuerbaren Energien. Die Energieerträge aus verschiedenen Substraten variieren dabei zum Teil stark, z. B.:

- 5 MWh/(ha a) aus extensivem Grünland,
- 20 MWh/(ha a) aus Zuckerrüben,
- 60 MWh/(ha a) aus Silomais.

Zudem gibt es viele kritische Stimmen zur Nutzung von Biomasse als Energielieferant. Hier ist beispielsweise die „Teller oder Tank“-Debatte zu nennen, in der häufig kritisiert wird, dass Biomasse nicht primär zur energetischen Nutzung angebaut, sondern eher auf Reststoffe zurückgegriffen werden sollte. Zukünftig wird vor allem die verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse, beispielsweise zur Herstellung von Biokunststoffen, gegen den Einsatz dieser zur Energiegewinnung sprechen.

Um Flächen zu sparen, sollten vor allem auch Reststoffe genutzt werden, die in der Land- und Forstwirtschaft ohnehin anfallen, z. B. Waldrestholz, Landschaftspflegeholz, organische Abfälle und Gülle.

In der Stadt Erfstadt liegt im Bilanzjahr 2019 bereits ein Wärmebedarf von 15.604 MWh aus Biomasse vor (vgl. Kapitel 2.5.2).

Das LANUV weist auf Kreisebene Biomassepotenziale für die Bereiche Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft aus (LANUV, 2014). Unter Berücksichtigung der Flächenzahlen für Land- und Forstwirtschaft sowie der Einwohnendenzahlen konnten die Potenziale für die Stadt Erfstadt heruntergebrochen werden. Die ermittelten Potenziale werden in der nachfolgenden Tabelle 3-7 dargestellt:

Tabelle 3-7: Potenzielle Erträge aus Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft

Bereich	Potenzielle Stromerträge [MWh/a]	Potenzielle Wärmeerträge [MWh/a]
---------	----------------------------------	----------------------------------

Forstwirtschaft	132	2.703,10
Landwirtschaft	39.246	67.160
Abfallwirtschaft	10.731	21.356
Summe	50.111	91.219

Der potenzielle Stromertrag aus Biomasse beträgt für die Stadt Erftstadt demnach rund **50.111 MWh/a** und der potenzielle Wärmeertrag **91.219 MWh/a**.

3.4.4 Geothermie

Die in der Erde gespeicherte Wärme kann zur Wärmeversorgung der Gebäude genutzt werden. Grundsätzlich wird zwischen oberflächennaher Geothermie und Tiefengeothermie unterschieden:

- ▶ Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kommt zur Anwendung, um einzelne Gebäude mit Wärme zu versorgen.
- ▶ Tiefengeothermische Kraftwerke mit Bohrungen bis in 5.000 m Tiefe liefern sowohl Strom als auch Wärme.

Der große Vorteil von Geothermie gegenüber Wind- und Sonnenenergie ist die meteorologische Unabhängigkeit. Die Wärme in der Erde ist konstant vorhanden, ab 5 m Tiefe gibt es keine witterungsbedingten Temperaturveränderungen mehr. Jahreszeitenunabhängig ist es möglich 24 Stunden am Tag Strom und Wärme zu produzieren.

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie ist besonders für die partikulare, gebäudebezogene Wärmeversorgung (Niedertemperatur-Heizsysteme) geeignet. Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder Wärmepumpen werden vor allem im Rahmen von Neubau und Gebäudesanierung installiert. Ausbaupotenzial bietet sich insbesondere bei der oberflächennahen Geothermie durch den Einsatz von Erdwärmesonden oder Grundwasserwärmepumpen.

Neben Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen besteht die Möglichkeit, Erdwärmekollektoren zur Nutzung der Erdwärme einzusetzen. Erdwärmekollektoren zeichnen sich durch einen höheren Flächenbedarf als Erdwärmesonden aus, da sie horizontal im Boden unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 Metern verlegt werden. Da sie das Grundwasser nicht gefährden, können Erdwärmekollektoren eine Alternative zu möglicherweise nicht genehmigungsfähigen Erdwärmesonden darstellen.

Für die Stadt Erftstadt wird gemäß der durch das LANUV durchgeführten „Potenzialstudie Geothermie NRW“ ein technisches Potenzial von **44.000 MWh/a** als Wärmeertrag für oberflächennahe Geothermie ausgewiesen (LANUV, 2015). Die tatsächliche Ausnutzung dieser ausgewiesenen Potenziale bleibt im individuellen Fall durch die Immobilienbesitzenden zu prüfen.

Industrielle Abwärme

Das Land NRW hat in seiner Studie zur industriellen Abwärmenutzung (LANUV NRW, 2019) für die Stadt Erftstadt zwei Unternehmen mit einem Abwärmepotenzial von **42.100 MWh/a** identifiziert.

3.4.5 Zusammenfassung der Potenziale erneuerbarer Energien

Nachfolgend werden die ermittelten Potentiale erneuerbarer Energien zusammenfassend dargestellt. Diese sind differenziert nach Strom- und Wärmertrag (vgl. Tabelle 3-8).

Die Aufschlüsselung der errechneten Potentiale für regenerative Energien hat gezeigt, dass das größte Potenzial des Stromgehalts demnach im Bereich der Solarenergie liegt. Insbesondere durch die mögliche Nutzung von Freiflächenanlagen (477.000 MWh/a) und Agri-PV (ca. 266.748 MWh/a). Dementgegen liegt das größte Potential des Wärmeertrages im Bereich der Solarthermie (570.000 MWh/a).

Tabelle 3-8: Potenzieller Strom- und Wärmeertrag durch erneuerbare Energien

Potenzieller Stromertrag und Wärmeertrag durch erneuerbare Energien		
	Maximaler Stromertrag in MWh/a	Maximaler Wärmeertrag in MWh/a
Windenergie	524.000	-
Dachflächenphotovoltaik	190.00	-
Freiflächenphotovoltaik	477.000	-
Agri-PV	266.748	-
Solarthermie	-	570.000
Biomasse	50.110	91.219
Geothermie/Umweltwärme	-	44.500
Industrielle Abwärme	-	42.100
Gesamt	1.507.890	747.819

4 Szenarien zur Energieeinsparung und THG-Minderung

Nachfolgend werden zu den Schwerpunkten Wärme, Mobilität und Strom jeweils ein Trend- und ein Klimaschutzszenario dargestellt. Dabei werden mögliche zukünftige Entwicklungspfade für die Endenergieeinsparung und Reduktion der Treibhausgase in der Stadt Erfstadt aufgezeigt. Die Szenarien beziehen dabei die in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** berechneten Endenergieeinsparpotenziale für die Sektoren private Haushalte, Wirtschaft (Industrie und GHD) und Verkehr sowie die Potenziale zur Nutzung Erneuerbarer Energien mit ein.

Daran anschließend werden alle aufgestellten Trend- und Klimaschutzszenarien der vorangehenden Kapitel zusammengefasst als „End-Szenarien“ dargestellt, indem die verschiedenen Bereiche (Wärme, Mobilität und Strom) in Summe betrachtet werden. Dabei werden die zukünftigen Entwicklungen des Endenergiebedarfs sowie der THG-Emissionen bis zum Jahr 2040 differenziert betrachtet.

Wie bereits in der Einleitung zur Potentialanalyse kurz beschrieben, werden in der vorliegenden Ausarbeitung zwei unterschiedliche Szenarien betrachtet: Das Trend- und das Klimaschutzszenario (vgl. Kapitel 3) Nachfolgende werden die Annahmen und Charakteristiken dieser beiden Szenarien etwas detaillierter erläutert.

Im **Trendszenario** wird das Vorgehen beschrieben, wenn keine bzw. gering klimaschutzfördernde Maßnahmen umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden hier nur in geringem Umfang gehoben. Im Verkehrssektor greifen jedoch bis 2040 die Marktanzreizprogramme für Elektromobilität und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor ab. Die übrigen Sektoren erreichen auch bis 2040 keine hohen Einsparungen des Energieverbrauches, da Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung und Nutzerverhalten nur eingeschränkt greifen. Effizienzpotenziale werden auch aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt.

Im **Klimaschutzszenario** hingegen werden vermehrt klimaschutzfördernde Maßnahmen mit einbezogen. Hier wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung, Effizienztechnologien und Nutzerverhalten erfolgreich umgesetzt werden und eine hohe Wirkung zeigen. Effizienzpotenziale können, aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit, verstärkt umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden in hohem Umfang gehoben. Im Verkehrssektor greifen auch hier bis 2040 die Marktanzreizprogramme für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab. Zusätzlich wird das Nutzerverhalten positiv beeinflusst, wodurch die Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs sinkt und der Anteil der Nahmobilität am Verkehrssektor steigt. Und auch Erneuerbare-Energien-Anlagen, vor allem Photovoltaik-Anlagen, werden mit hohen Zubauraten errichtet. Die Annahmen des Klimaschutzszenarios setzen dabei zum Teil Technologiesprünge und rechtliche Änderungen voraus.

4.1 Schwerpunkt: Wärme

Nachfolgend wird die Entwicklung des Wärmebedarfs in den beiden Szenarien Trend und Klimaschutz dargestellt. Die Verwendungskonzepte für die zukünftig verfügbaren Brennstoffe sind sektorenübergreifend und umfassen die Brennstoffbedarfe der Sektoren Private Haushalte, GHD und Industrie. In den beiden nachfolgenden Abbildungen ist die Entwicklung des Brennstoffbedarfs nach Energieträgern bis 2040 für das Trend- und das Klimaschutzszenario dargestellt. Für das Klimaschutzszenario werden die Sektoren private Haushalte und Wirtschaft zudem zusätzlich getrennt dargestellt, um die Ausprägung der verschiedenen Energieträger in den unterschiedlichen Sektoren aufzuzeigen.

Trendszenario

Die nachfolgende Abbildung 4-1 zeigt den zukünftigen Brennstoffbedarf der Stadt Erfstadt im Trendszenario:

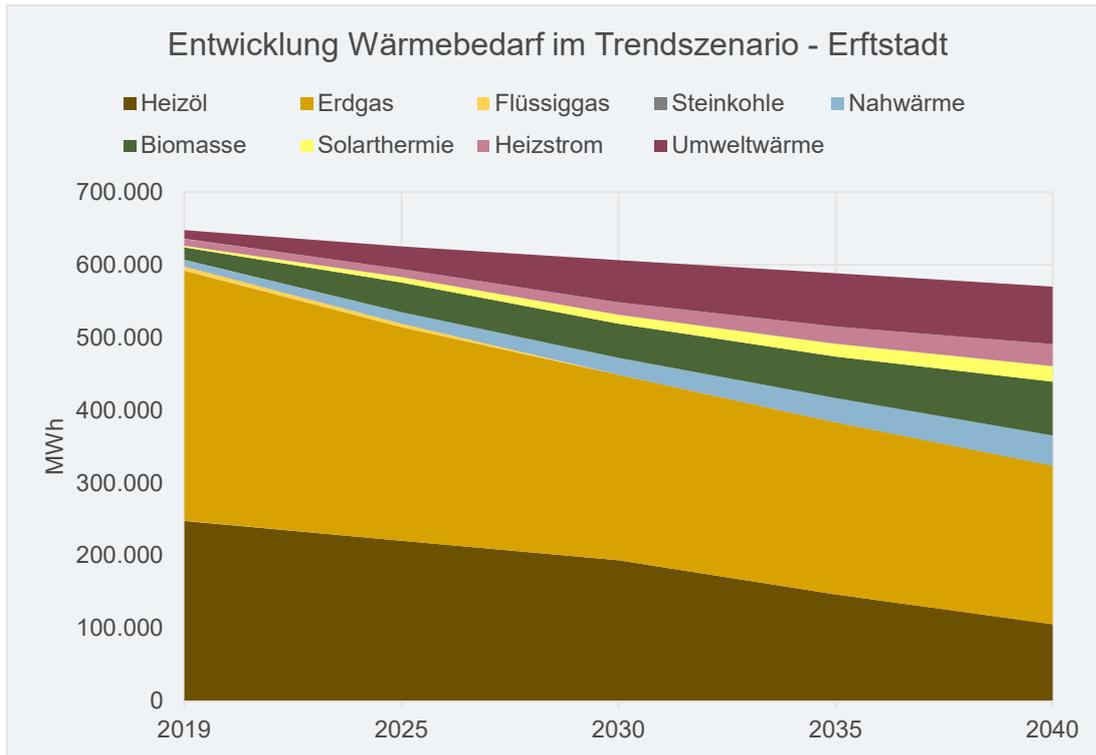


Abbildung 4-1: Entwicklung Wärmebedarf im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnung)

Wie der Abbildung 4-1 zu entnehmen, nimmt der Endenergiebedarf im Trendszenario bis zum Jahr 2040 leicht ab. Dies liegt etwa an einer angenommenen Effizienzsteigerung. Bis zum Jahr 2030 wird dabei der Energieträger Flüssiggas vollständig durch andere Energieträger substituiert. Auch die Energieträger Erdgas und Heizöl nehmen bis zum Jahr 2040 leicht ab. Im Gegenzug steigen die Anteile an erneuerbaren Energien an und so nehmen die Anteile an Biomasse, Umweltwärme sowie Sonnenkollektoren bis zum Zieljahr 2040 leicht zu. Das Trendszenario unterliegt jedoch der Annahme, dass der Energieträger Erdgas auch im Jahr 2040 den größten Anteil ausmacht. Da die Synthese von Methan aus Strom mit dem im Trendszenario hinterlegten Strommix zu einem höheren Emissionsfaktor als dem von Erdgas führt und damit keine Vorteile gegenüber dem Einsatz von Erdgas bestehen, wird kein synthetisches Methan eingesetzt⁸. Aus dem gleichen Grund steigt auch der Heizstromanteil nur gering an.

Klimaschutzszenario

Der Wärmebedarf im Klimaschutzszenario dagegen unterscheidet sich fundamental und ist in der nachfolgenden Abbildung 4-2 dargestellt. Ergänzend zur grafischen Darstellung der Wärmemix-Entwicklung im Klimaschutzszenario sind die prozentualen Anteile der Energieträger zudem in der nachstehenden Tabelle 4-1 dargestellt.

⁸ Der Emissionsfaktor von synthetischen Kraft- und Brennstoffen hängt von dem eingesetzten Strommix ab. Da etwa zwei kWh Strom für die Synthese von einer kWh Methan eingesetzt werden, hat synthetisches Methan in etwa einen Emissionsfaktor, der doppelt so hoch wie der des eingesetzten Stromes ist. Damit liegt der Emissionsfaktor bei 604 gCO₂e/kWh gegenüber 236 gCO₂e/kWh für Erdgas im Jahr 2045 im Trendszenario.

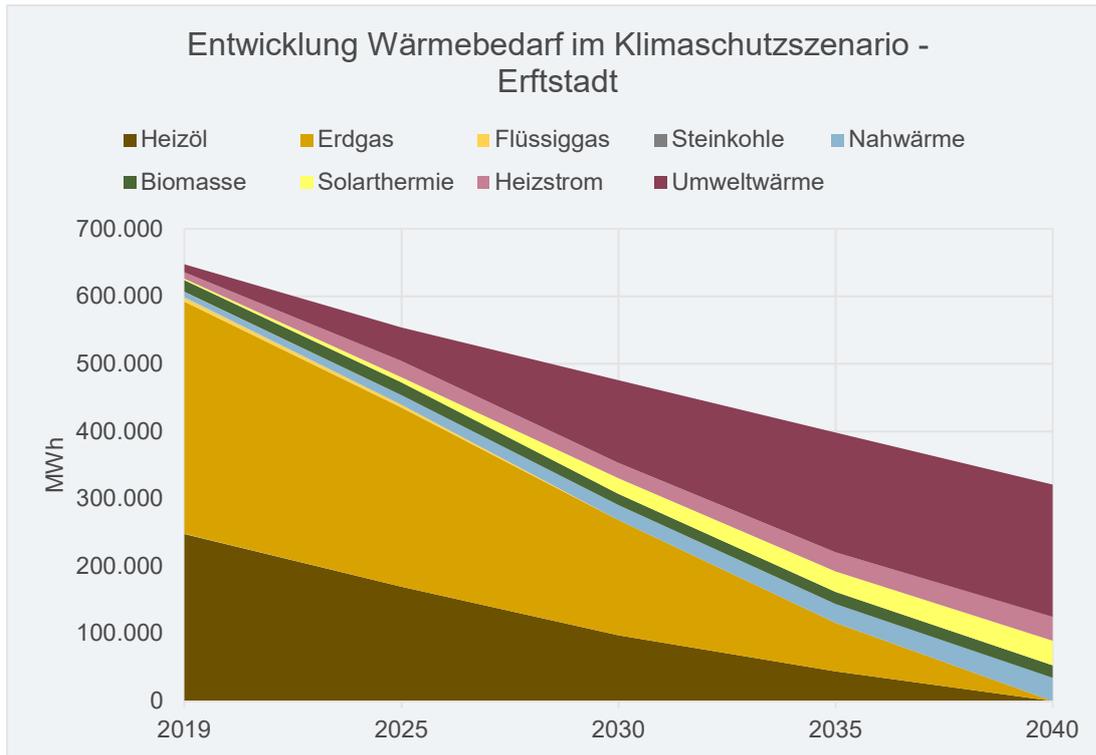


Abbildung 4-2: Zukünftiger Wärmebedarf im Klimaschutzscenario (Eigene Berechnung)

Tabelle 4-1: Prozentuale Verteilung der Energieträger im Klimaschutzscenario (Eigene Berechnung)

	2019	2025	2030	2035	2040
Heizöl El	38,3 %	30,6 %	20,5 %	11,0 %	0,0 %
Erdgas	53,2 %	48,0 %	36,0 %	18,1 %	0,00 %
Nahwärme	1,3 %	2,6 %	4,6 %	7,0 %	10,8 %
Biomasse	2,7 %	3,4 %	3,5 %	4,6 %	5,7 %
Umweltwärme	1,9 %	9,0 %	25,8 %	44,6 %	61,0 %
Solarthermie	0,3 %	1,4%	4,8 %	7,6 %	11,3 %
Steinkohle	0,1 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Flüssiggas	0,8 %	0,7 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Heizstrom / PtH	1,5 %	4,3 %	4,8 %	7,1 %	11,1 %
Gesamt	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Durch die höheren Effizienzgewinne in allen Sektoren sinkt der Wärmebedarf im Klimaschutzscenario deutlich stärker als im Trendszenario. Der Wärmebedarf sinkt im Klimaschutzscenario um rund 50 % auf 320.846 MWh im Jahr 2040. Die Energieträger Kohle und Flüssiggas werden bereits bis 2030 vollständig substituiert, während Erdgas und Heizöl bis zum Zieljahr 2040 vollständig wegfällt und durch regenerative Energieträger ersetzt wird. Wie im Kapitel 3.4.4 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** herausgestellt, besteht in der Stadt Erfstadt ein Potenzial an Erdwärme. Dieses spiegelt sich im Energieträger Umweltwärme wider. Außerdem enthalten in Umweltwärme sind die Nutzung von Luft oder Wasser als Wärmequellen. Zudem spielen die Energieträger Heizstrom / Power-to-Heat (PtH), Solarthermie (Sonnenkollektoren) und Nahwärme im Klimaschutzscenario eine wesentliche Rolle im Jahr 2040.

Wärmebedarf nach Sektoren im Klimaschutzscenario

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen eine getrennte Betrachtung des zukünftigen Brennstoffbedarfs für die Sektoren Haushalte und Wirtschaft im Klimaschutzscenario. Dabei wird der sinkende Brennstoffbedarf im Bereich der Haushalte deutlich, wie er bereits in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte**

nicht gefunden werden. dargestellt wurde. Im Wirtschaftssektor sinkt der Brennstoffbedarf aufgrund des angenommenen Wirtschaftswachstums und der Wirtschaftsstruktur (abgeleitet aus Anzahl der Betriebe und Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe sowie der Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten) nur leicht ab. Des Weiteren wird erkenntlich, dass der Energieträger Umweltwärme überwiegend im Bereich der privaten Haushalte angesiedelt ist, während die Energieträger Heizstrom und Umweltwärme (Wärmepumpen: Außenluft, Grundwasser, Erdreich, etc.) im Wesentlichen im Wirtschaftssektor genutzt werden.

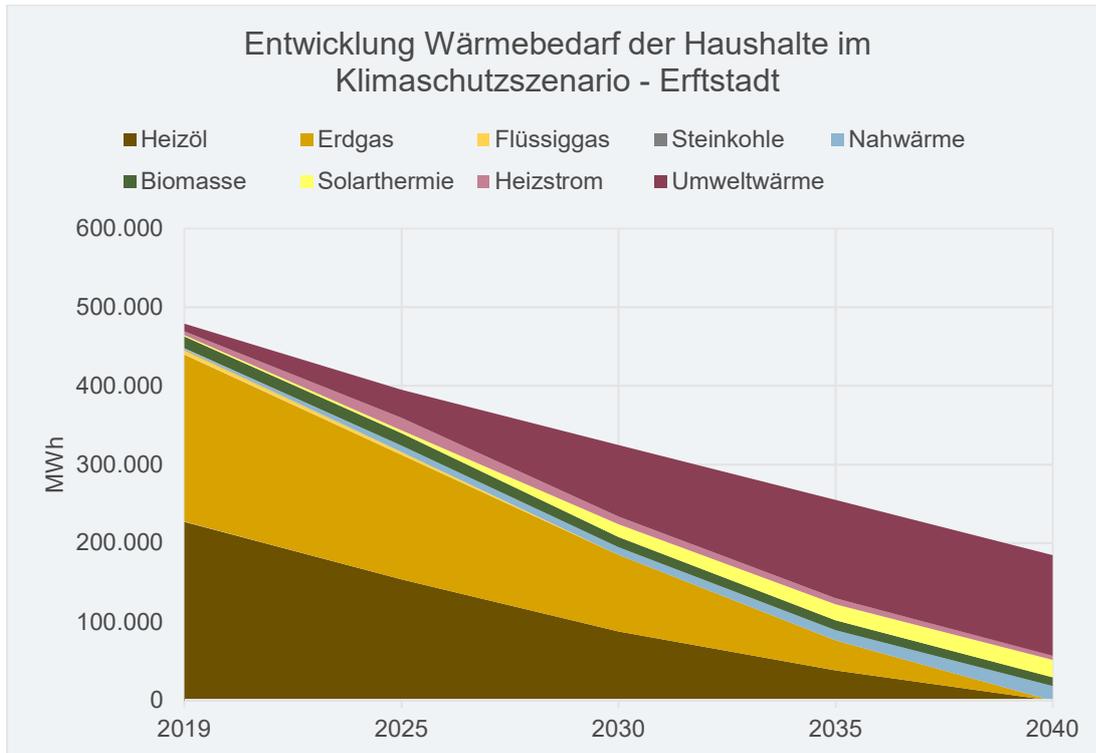


Abbildung 4-3: Entwicklung Wärmebedarf der Haushalte im Klimaschutzscenario (Eigene Darstellung)

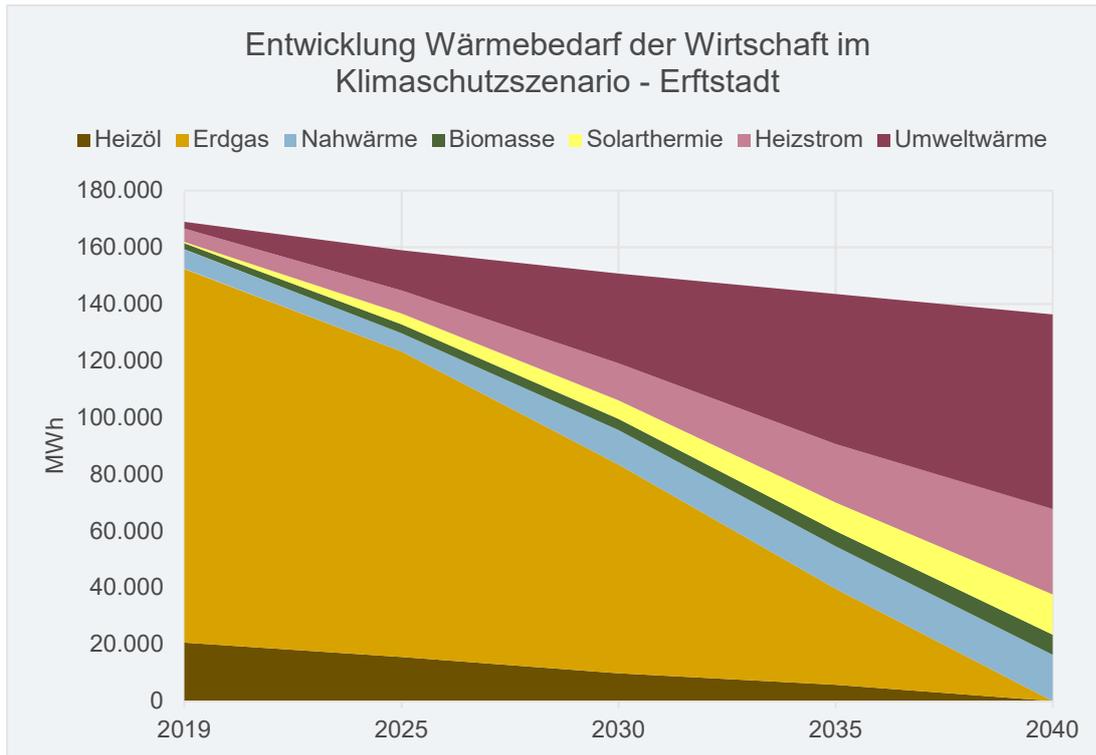


Abbildung 4-4: Entwicklung Wärmebedarf der Wirtschaft im Klimaschutzscenario (Eigene Darstellung)

4.2 Schwerpunkt: Verkehr

Aufbauend auf der Potenzialanalyse des Verkehrssektors in Kapitel 3.3 wird nachfolgend die Entwicklung des Kraftstoffbedarfs nach Energieträgern bis 2040 für das Trend- und das Klimaschutzscenario dargestellt. Die Szenarien basieren jeweils auf den Potenzialberechnungen des Straßenverkehrs ohne Autobahn und den damit verbundenen Annahmen und Studien. Zudem wird auch der Schienenverkehr der Stadt Erfstadt berücksichtigt.

Trendszenario

Die nachfolgende Abbildung 4-5 zeigt den zukünftigen Kraftstoffbedarf im Trendszenario. Wie in der Abbildung zu erkennen, nimmt der Kraftstoffbedarf im Trendszenario um etwa 35,3 % ab. Bis 2040 haben die Energieträger Diesel und Benzin weiterhin den größten Anteil am gesamten Endenergiebedarf des Verkehrssektors. Der Anteil an alternativen Antrieben steigt erst ab 2030 leicht an und beträgt im Jahr 2040 rund 7 %. Es wird davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen in erster Linie über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzerverhalten erfolgen. Des Weiteren wird angenommen, dass der bestehende Schienenverkehr in der Stadt Erfstadt im Trendszenario weiterhin über konventionelle Antriebe fortgeführt wird und somit der Energieträger Diesel zum Einsatz kommt.

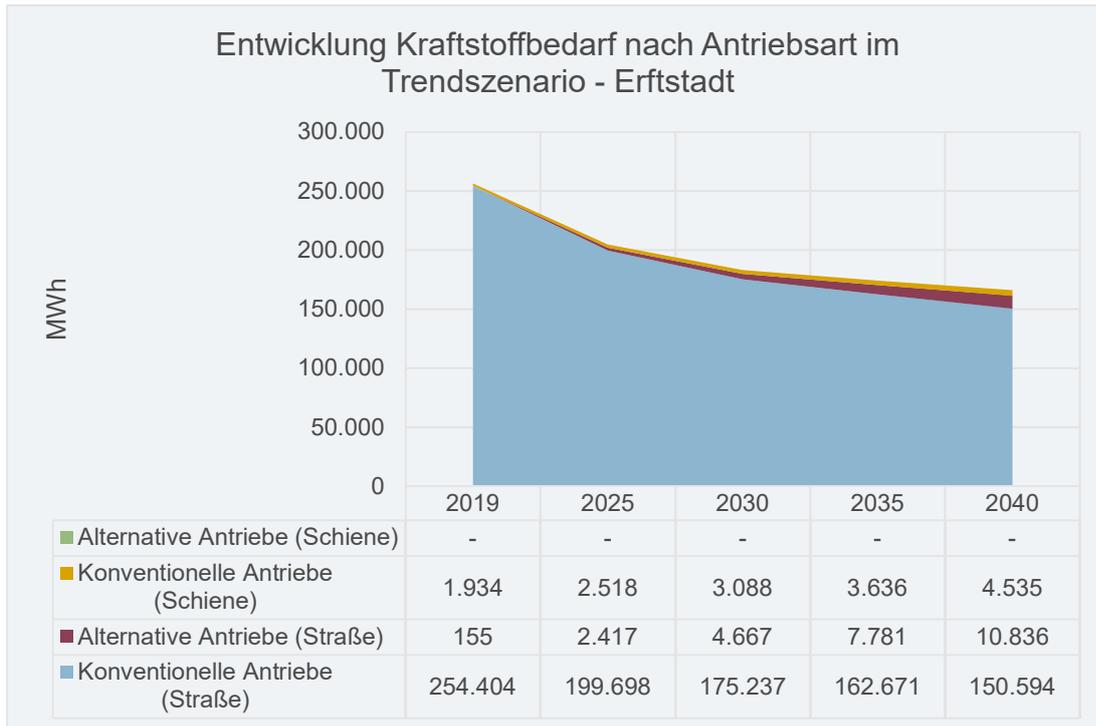


Abbildung 4-5: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Trendszenario (Eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario (vgl. nachfolgende Abbildung 4-6) nimmt der Endenergiebedarf im Verkehrssektor bis zum Jahr 2040 um ca. 71 % ab. Im Gegensatz zum Trendszenario findet hier zudem eine umfassende Umstellung auf alternative Antriebe statt – sowohl im Straßen- als auch im Schienenverkehr. Im Zieljahr 2040 machen die alternativen Antriebe im Straßenverkehr rund 90 % am Endenergiebedarf aus, während der Schienenverkehr fast vollständig elektrifiziert wird (Umstellung von Diesel auf Strom). Im Klimaschutzszenario wird also davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzerverhalten erfolgen, jedoch auch der Energieträgerwechsel hin zu erneuerbaren Antrieben eine erhebliche Rolle spielt.

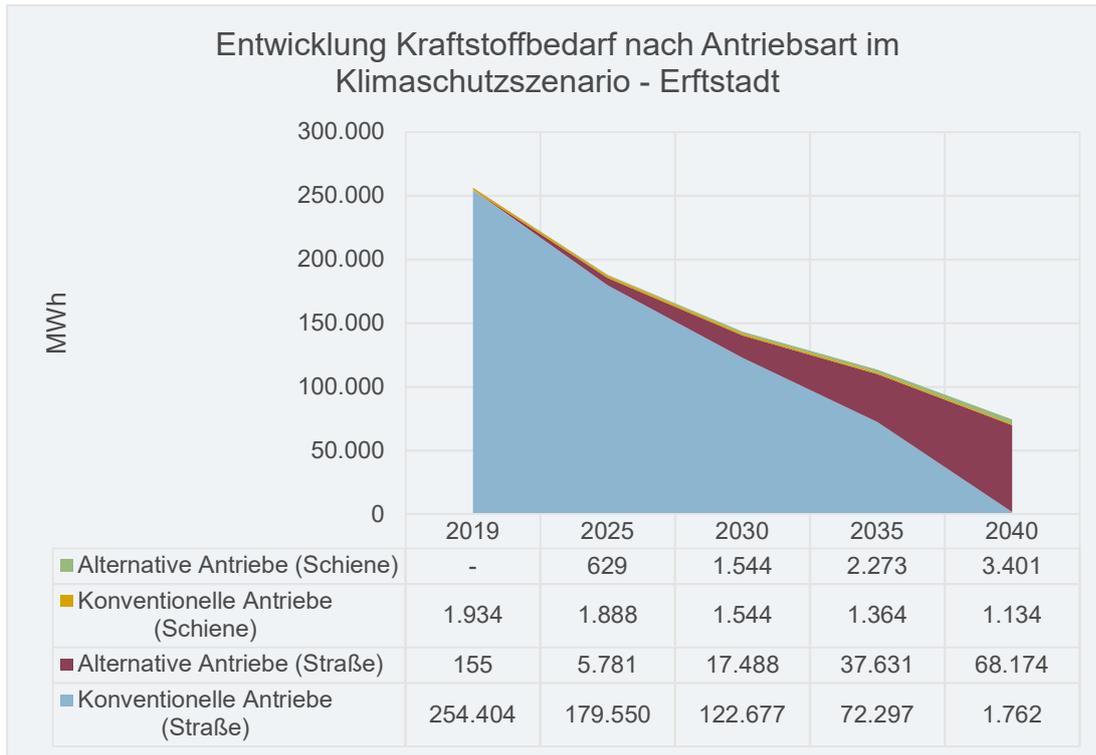


Abbildung 4-6: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Klimaschutzscenario (Eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

4.3 Schwerpunkt: Strom und erneuerbare Energien

Um zu beurteilen, ob die Stadt Erfstadt ein Überschuss- oder Importstandort wird, werden nachfolgend die ermittelten Erneuerbare Energien (EE)-Potenziale mit den Strombedarfen bis 2040 im Klimaschutzscenario abgeglichen. Dabei wird zunächst der Strombedarf der Stadt Erfstadt im Trend- und Klimaschutzscenario betrachtet und daraufhin die ermittelten EE-Potenziale dargestellt.

Der nachfolgenden Tabelle 4-2 sind die Entwicklungen des Strombedarfs in den beiden Szenarien (Trend und Klimaschutz) zu entnehmen. Während der Strombedarf im Trendszenario bis zum Jahr 2040 lediglich auf 12 % ansteigt, steigt der Strombedarf im Klimaschutzscenario 2040 auf 57 % an. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Stromsystem in Zukunft nicht nur den klassischen Strombedarf, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen muss (Stichwort Sektorenkopplung). Dies wird auch in den nachfolgenden Abbildungen deutlich, die die Entwicklung des Strombedarfs im Trend- und Klimaschutzscenario aufgeteilt nach Sektoren zeigen.

Tabelle 4-2: Entwicklung des Strombedarfes in den Szenarien (Eigene Berechnung)

Szenario	Bilanzjahr	2025	2030	2035	2040
Trend	100%	+1%	+7%	+11%	+12%
Klimaschutz 2040	100%	+10%	+24%	+40%	+57%

Trendszenario

Wie bereits in der vorangegangenen Tabelle 4-2 dargestellt sowie in der nachfolgenden Abbildung zu erkennen, steigt der Strombedarf im Trendszenario um 12 % an und beträgt im Zieljahr 2040 rund 260.996 MWh. Der Großteil des Strombedarfs ist dabei dem Sektor Wirtschaft zuzuschreiben, da auch

im Trendszenario von einer gewissen Elektrifizierung von Prozessen ausgegangen wird (Einsatz von Heizstrom).

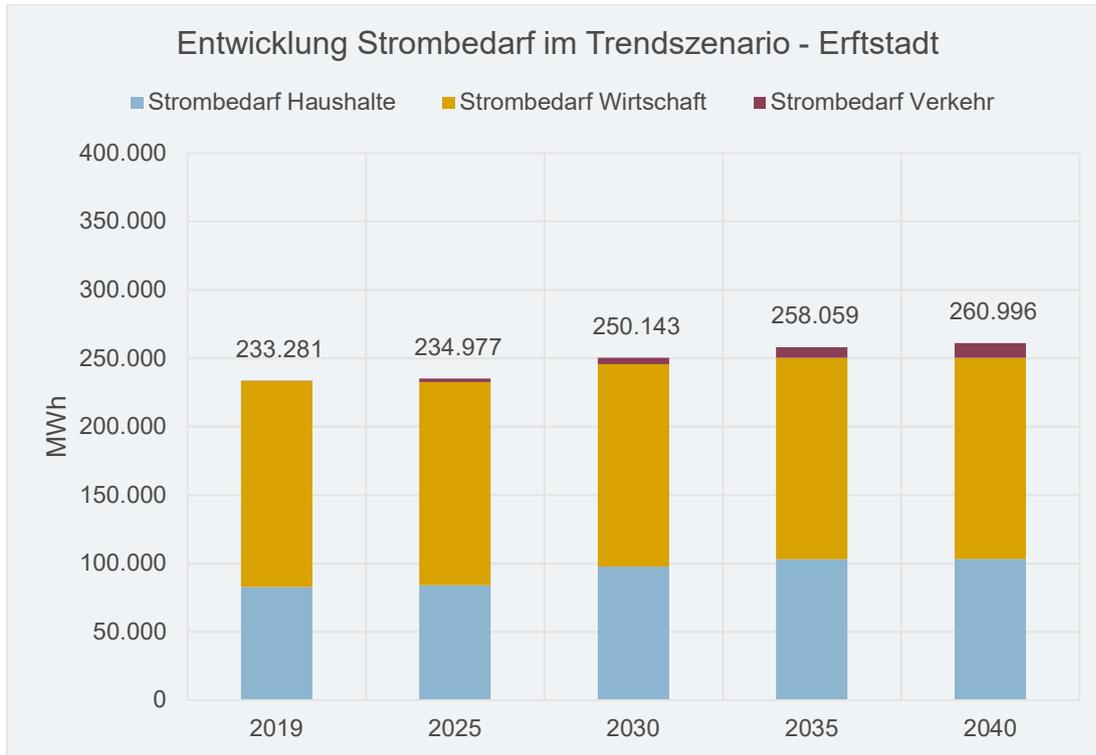


Abbildung 4-7: Entwicklung des Strombedarfs im Trendszenario (Eigene Berechnung)

Klimaschutzszenario 2040

Im Klimaschutzszenario ist die Elektrifizierung bzw. Sektorenkopplung dabei noch deutlicher zu erkennen. Wie der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen, weist der Strombedarf im Sektor der privaten Haushalte nur wenige Unterschiede zum Trendszenario aus. Der Strombedarf im Sektor Wirtschaft dagegen steigt um ein Vielfaches an, was an der bereits beschriebenen Elektrifizierung der Bereiche Wärme und Verkehr liegt. In der Wirtschaft wird – anstelle von etwa Erdgas – zukünftig vor allem Heizstrom (PtH) erwartet, dass einen wesentlichen Anstieg des Strombedarfs impliziert.

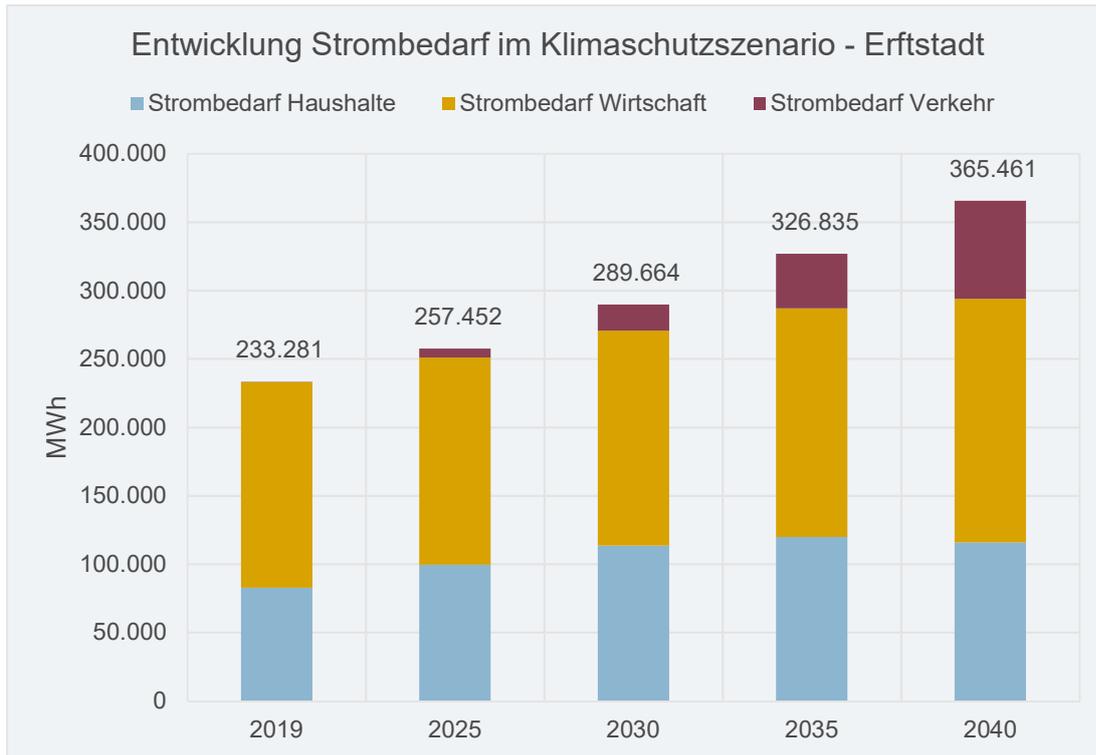


Abbildung 4-8: Entwicklung des Strombedarfs im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung)

Erneuerbare Energien

Die ermittelten EE-Potenziale beruhen auf den in Kapitel 3.4 dargestellten Inhalten. Insgesamt besitzt die Stadt Erfstadt ein erhebliches Potenzial an erneuerbaren Energien in den Bereichen Photovoltaik.

Wie beschrieben, muss in Zukunft das Stromsystem nicht nur die Fluktuationen durch den klassischen Strombedarf, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen und somit die benötigten Strombedarfe für E-Mobilität, Umweltwärme und vor allem für Power-to-X-Anwendungen liefern. Das Gesamtpotenzial des zur Deckung in den Klimaschutzszenarien prognostizierten Strombedarf der Stadt Erfstadt wird vollständig abdecken. Der Deckungsanteil beträgt im Zieljahr 2040 401 %.

Insgesamt können bei Hebung aller EE-Potenziale 1.465.375 MWh Strom im Zieljahr 2040 auf Stadtgebiet erzeugt werden. Dies entspricht einem Anteil am Maximalpotenzial von 100 %.

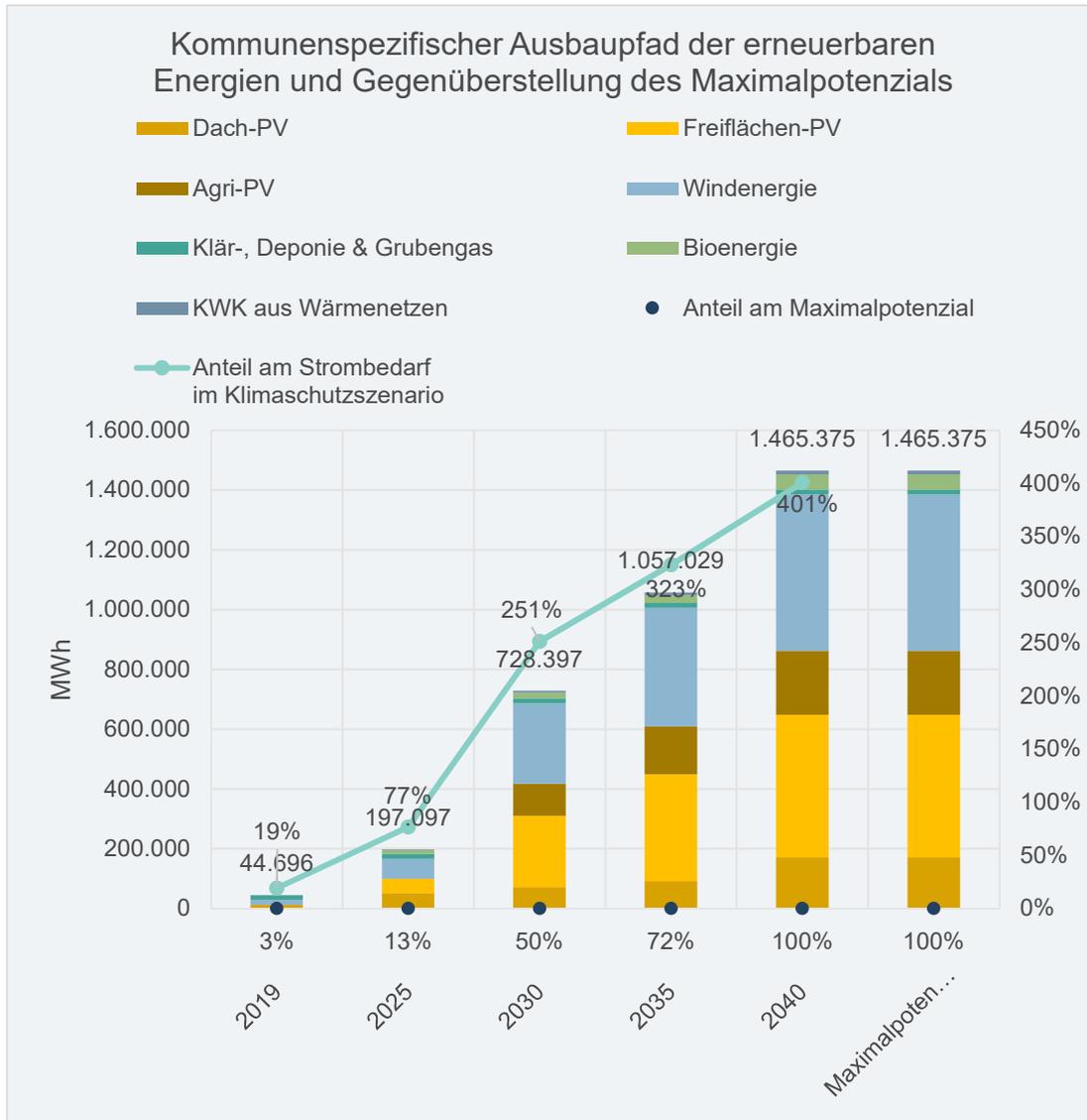


Abbildung 4-9: Kommunenspezifischer Ausbaupfad der Erneuerbaren Energien und Gegenüberstellung des Maximalpotenzials bis zum Zieljahr 2040 (Eigene Berechnung)

4.4 End-Szenarien: Endenergiebedarf gesamt

Nachfolgend werden alle vorangehenden Berechnungen in den beiden Szenarien (Trend und Klimaschutz) zusammengefasst als „End-Szenarien“ dargestellt. Dabei wird zunächst die zukünftige Entwicklung des Endenergiebedarfs nach den Sektoren private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr in 5-Jahresschritten bis zum Jahr 2040 aufgezeigt.

Endenergiebedarf im Trendszenario

In der nachfolgenden Abbildung ist die Entwicklung des Endenergiebedarfs, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Es zeigt sich, dass bis 2040 (bezogen auf das Bilanzjahr 2019) 17 % des Endenergiebedarfs eingespart werden können. Die größten Einsparungen sind dabei im Bereich Mobilität zu erzielen.

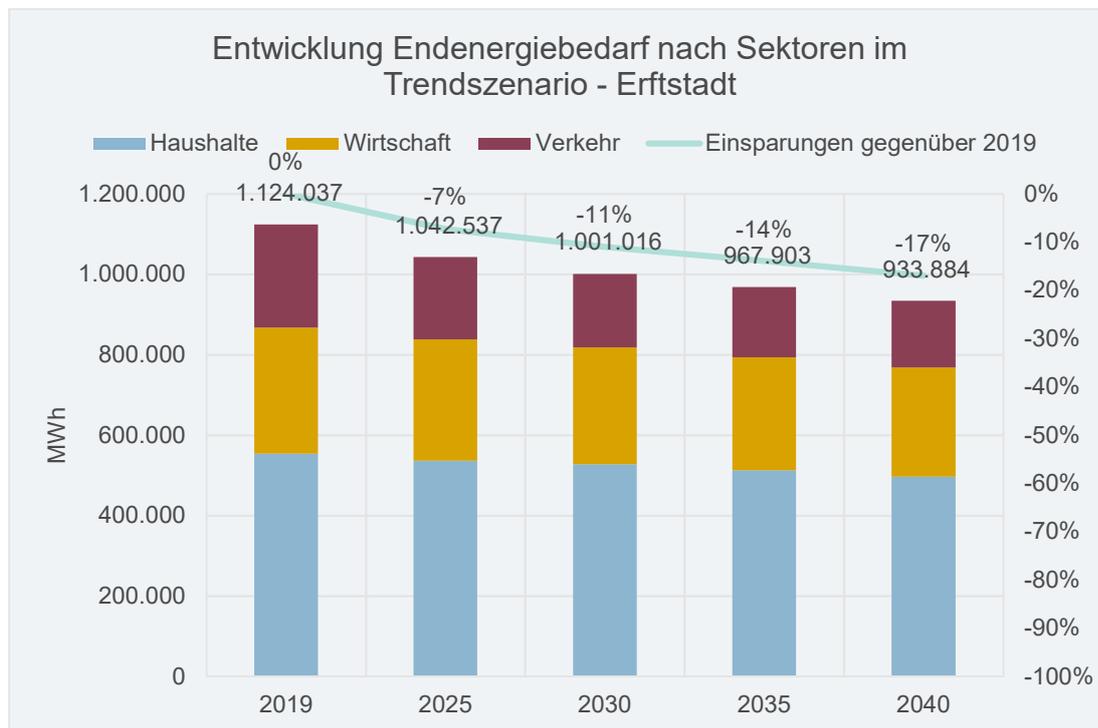


Abbildung 4-10: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Trendszenario (Eigene Berechnung)

Endenergiebedarf Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario zeigt sich, dass bis 2030 (bezogen auf das Bilanzjahr 2019) 26 % und bis zum Zieljahr 2040 48 % des Endenergiebedarfs eingespart werden können. Dabei sind die größten Einsparungen in den Bereichen Mobilität gefolgt vom Bereich Haushalte zu erzielen (vgl. Abbildung 4-11).

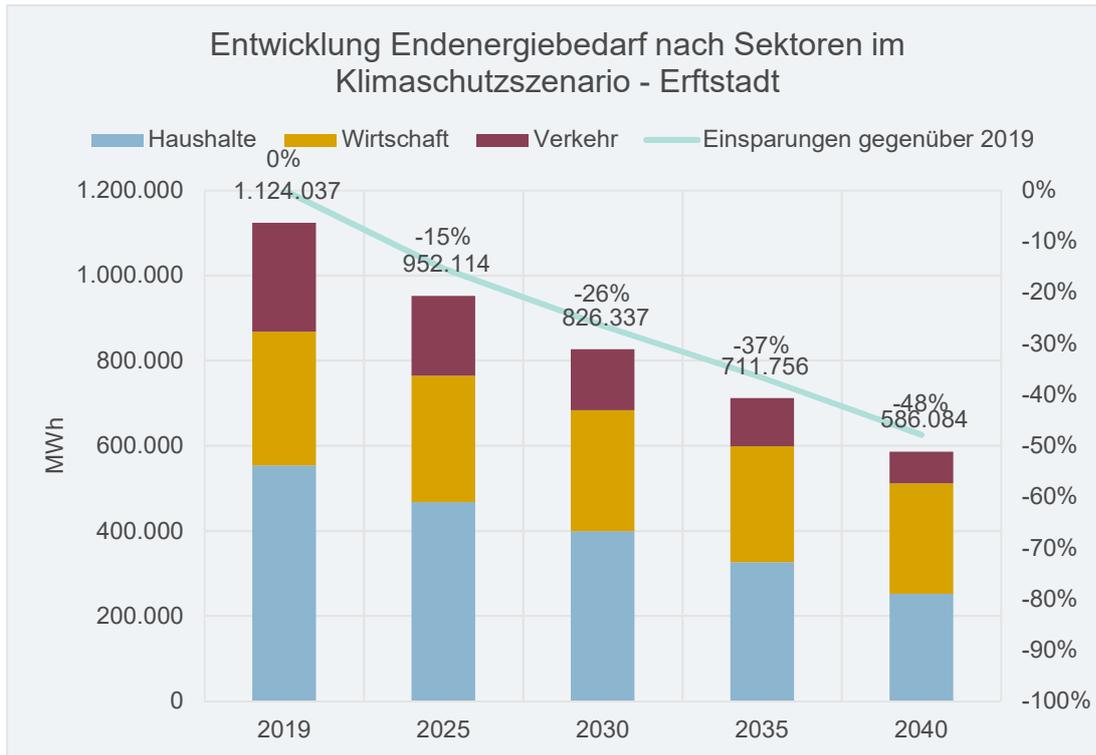


Abbildung 4-11: Entwicklung des Endenergiebedarfs im Klimaschutzszenario (Eigene Berechnung)

4.5 End-Szenarien: THG-Emissionen gesamt

Für die zukünftige Entwicklung der THG-Emissionen bis 2040 zeigen beide Szenarien die Entwicklung der THG-Emissionen nach den Energieformen Strom, Brennstoff und Verkehr in 5-Jahres-Schritten bis 2040 auf.

Trendszenario

In der nachfolgenden Abbildung 4-12 ist die Entwicklung der THG-Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Trendszenario ausgehend vom Ausgangsjahr 2019 um rund 33 % bis 2040.

Umgerechnet auf die Einwohner:innen der Stadt Erfstadt entspricht dies 5,56 t THG pro Einwohner:in und Jahr im Jahr 2030 und 4,20 t pro Einwohner:in und Jahr im Jahr 2040. Laut der Energie- und THG-Bilanz betragen die THG-Emissionen pro Einwohner:in und Jahr dagegen rund 9,71 t, sodass auch im Trendszenario mit einer Reduktion der THG-Emissionen zu rechnen ist.

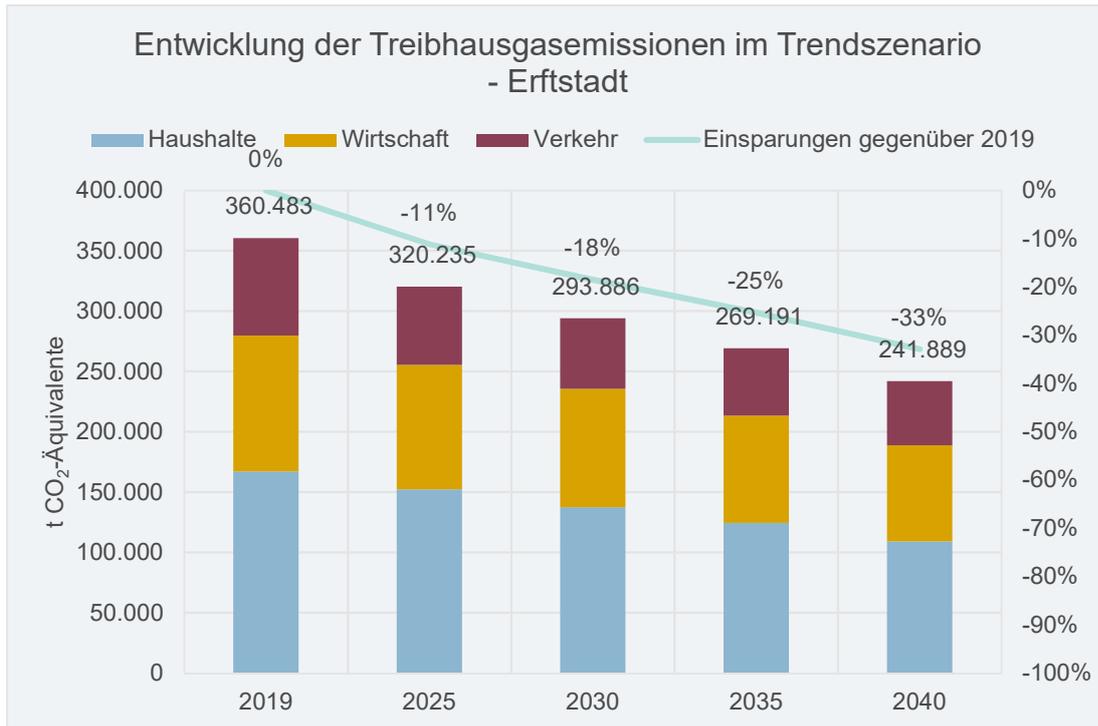


Abbildung 4-12: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Trendszenario (Eigene Berechnung)

THG-Emissionen im Klimaschutzscenario

In der nachfolgenden Abbildung 4-13 ist die Entwicklung der THG-Emissionen, ausgehend vom Basisjahr 2019, dargestellt. Die Einsparpotenziale stammen dabei aus den vorangegangenen Potenzialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Klimaschutzscenario vom Ausgangsjahr 2019 um 66 % bis 2030 und 96 % bis 2040. Das entspricht 2,28 t THG pro Einwohner:in und Jahr im Jahr 2030 und 0,24 t pro Einwohner:in und Jahr im Jahr 2040.

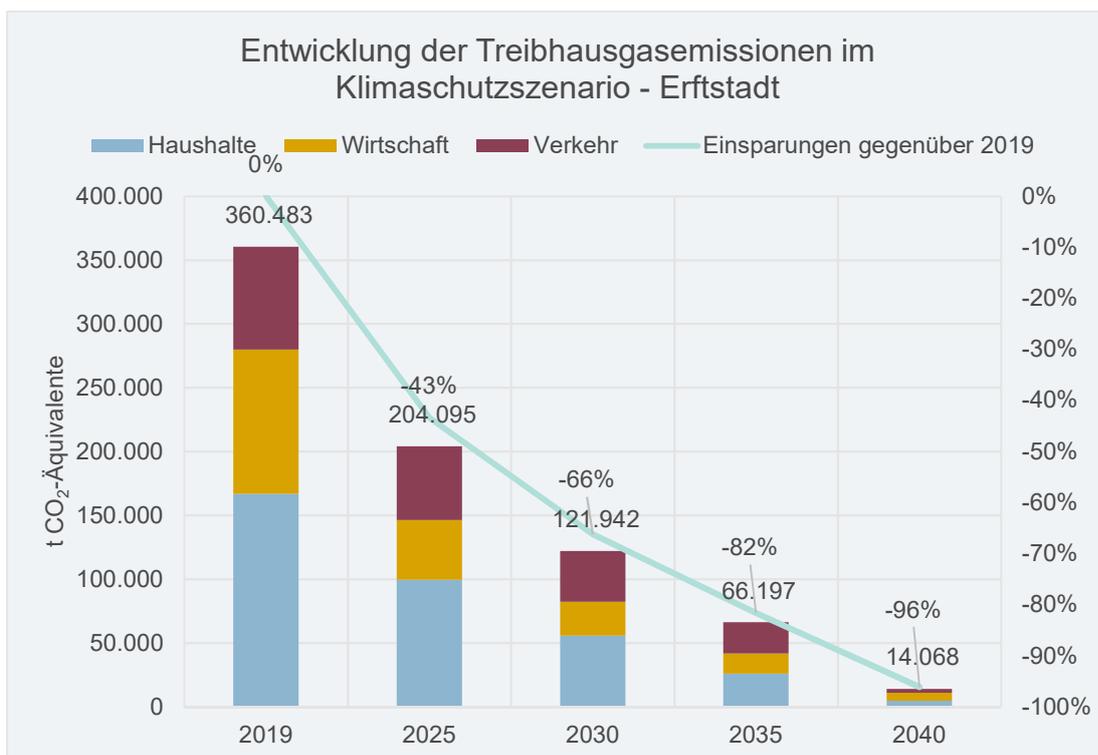


Abbildung 4-13: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Klimaschutzscenario (Eigene Berechnung)

4.6 Treibhausgasneutralität

Wie dem Kapitel 4.5 zu entnehmen ist, werden in keinem der Szenarien null Emissionen (tatsächlich null Tonnen THG-Emissionen pro Einwohner:in) erreicht. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass nicht in allen Sektoren auf fossile Energieträger verzichtet werden kann (z. B. Verkehr), aber auch darauf, dass selbst für erneuerbare Energieträger Emissionen anfallen. Dies ist auf die aus der Bilanz bekannte BSKO-Systematik zurückzuführen, welche nicht nur die direkten Emissionen, sondern auch die durch die Vorkette entstandenen Emissionen mit einbezieht. Eine bilanzielle Treibhausgasneutralität ist mit dieser Systematik also nicht möglich.⁹

Eine Treibhausgasneutralität im jeweiligen Zieljahr kann nur erreicht werden, wenn „...ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau herrscht“ (Bundesregierung, 2021). Verbleibende (energetische) Emissionen sollen also über die Senkenfunktion natürlicher Kohlenstoffspeicher wieder der Atmosphäre entzogen werden. Umsetzungsmöglichkeiten dafür sind zum einen die Vernässung von Mooren und Feuchtgebieten, aber auch eine Aufforstung und Renaturierung von Waldgebieten. Weiterhin besteht die Möglichkeit von Humusaufbau in der Landwirtschaft. Um verbleibende Treibhausgasemissionen abzubauen, müssen also natürliche Senken genutzt werden.

Klimaneutralität, als die höchste Neutralitätsform, zu erlangen, erfordert weitergehende Anstrengungen, von denen viele nicht im Handlungsbereich der Kommune liegen. Im Vergleich zur Treibhausgasneutralität bedeutet Klimaneutralität nicht nur Netto-Null-Emissionen, sondern auch, dass sämtliche Einflüsse auf das Klima zu vermeiden bzw. auszugleichen sind. Im strengen Sinne würden dazu auch Kondensstreifen, Abwärme, Albedo-Effekte, nicht energetische Emissionen aus Landnutzung und dergleichen gehören. Eine Feinsteuerung scheint hier, genauso wie eine bilanzielle Erfassung dieser Einflüsse, schier unmöglich. Zu beachten ist, dass im Alltagsgebrauch aktuell zwischen Treibhausgas- und Klimaneutralität terminologisch häufig nicht unterschieden wird. Fachlich sind darunter aber zwei verschiedene Neutralitätsformen zu verstehen, die es zu trennen gilt (Luhmann & Obergassel, 2020).

⁹ Für Erneuerbare Energieträger fallen derzeit noch Emissionen durch die Vorkette an. Es ist zu erwarten, dass sich in Zukunft die Vorkette verbessern wird, da zukünftig auch für die Produktion von Erneuerbaren Energieträgern vermehrt emissionsfreie Technologien eingesetzt werden. Die Emissionen für Erneuerbare Energieträger werden sich damit verbessern bzw. entfallen.

4.7 Zusammenfassung: Instruktionen aus den Potenzialen und Szenarien für die Erfstadt

Die nachfolgende Tabelle stellt, für die Stadt Erfstadt eine Zusammenfassung der Instruktionen aus den aufgezeigten Potenzialen und Szenarien dar. Dabei werden die Instruktionen nach den folgenden Handlungsfeldern bzw. Sektoren aufgeteilt:

- 1. Sanierung und Entwicklung Wärmemix:** Bis zum Zieljahr 2040 sind gemäß dieses Szenarios 100 % des Gebäudebestands der Stadt Erfstadt saniert, was zu Endenergieeinsparungen in Höhe von 78 % führt. (Mehr Demokratie e.V., 2020). Die Sanierungsrate steigt im Klimaschutzszenario bis zum Jahr 2040 0,8 % auf bis zu 6,0 % an. Neben der Sanierung des Gebäudebestands bedarf zudem der Wärmemix einer entsprechenden Veränderung: Im zentralen Klimaschutzszenario sind die fossilen Energieträger Steinkohle und Flüssiggas jeweils bis zum Jahr 2030 durch andere Energieträger zu substituieren. Die Energieträger Heizöl und Erdgas müssen spätestens bis zum Jahr 2040 durch erneuerbare Energieträger substituiert werden. Für die Substitution wird vor allem auf Umweltwärme (Wärmepumpen mit Nutzung von Umweltwärme, also z.B. Erdwärme oder Außenluft), Heizstrom/PtH und den Aufbau eines Fernwärmenetzes (mit bspw. BHKWs und Geothermie) gesetzt. Kleinere Mengen werden durch Bioenergie, sowie Sonnenkollektoren gedeckt.
- 2. Mobilität und Verkehr:** Im Bereich Mobilität und Verkehr wird die notwendige Minderung der Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowie der notwendige Anteil alternativer Antriebe an der Fahrleistung dargestellt. Der MIV muss um rund 31 % gesenkt werden (etwa durch Stärkung des Umweltverbunds und weitere entsprechende Maßnahmen). Der Anteil der alternativen Antriebe an der verbleibenden Fahrleistung muss rund 97 % betragen (auch hier sind entsprechende Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen).
- 3. Erneuerbare Energien:** Insgesamt besitzt die Stadt Erfstadt ein erhebliches Potenzial an erneuerbaren Energien in dem Bereich Photovoltaik. Für die Stadt Erfstadt ergibt sich ein möglicher Stromertrag von 1.465.375 MWh. Dabei ergibt sich ein Deckungsanteil von 401 % im Klimaschutzszenario 2040.

Tabelle 4-3: Zusammenfassung: Instruktionen aus den Potenzialen und Szenarien für die Stadt Erfstadt

Stadt Erfstadt	
Klimaschutzszenario 2040	
Sanierung und Entwicklung Wärmemix	
Sanierungsrate	Von 0,8 % auf bis zu 6,0 % im Jahr 2040; Energieeinsparung von rund 78 % im Bereich der Wohngebäude in 2040 (100 % saniert);
Rolle der fossilen Energieträger	Heizöl: Reduktion von 46,8 % der Verbräuche bis 2030, vollständiger Ausstieg bis spätestens 2040 Erdgas: Reduktion von 32,4 % bis 2030, vollständiger Ausstieg bis spätestens 2040 Steinkohle und Flüssiggas: Ausstieg bis 2030
Alternative zu den fossilen Energieträgern	Substitution durch: Umweltwärme, Nahwärme, Heizstrom/PtH, Solarthermie sowie zu geringen Teil Biomasse
Mobilität und Verkehr	
Minderung Fahrleistung MIV	31 %
Anteil alternativer Antriebe an der verbleibenden Fahrleistung	97 %
Erneuerbare Energien	
Maximaler Deckungsanteil am Strombedarf	Inklusive der Berücksichtigung des zukünftigen Strombedarfs ergibt sich ein Deckungsanteil von 401 % im Jahr 2040.
Wesentliche Erneuerbare Energien	PV-Freifläche, Agri-PV, PV-Dach und Windenergie; geringfügig Bioenergie; Theoretisches Potenzial: 1.465.375 MWh;

Literaturverzeichnis

- büro stadtVerkehr Planungsgesellschaft mbH & Co. KG. (2022). *Integriertes Mobilitätskonzept für die Stadt Erftstadt*. Hilden.
- Fraunhofer ISE. (2022). *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende*. Freiburg: Fraunhofer ISE.
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. (2021). *Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020*. Karlsruhe.
- Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, Institut für Technologie- und Betriebsmanagement. (2018). *Studie zum Ertrag von Photovoltaikdächanlagen 2018 in Deutschland*. Neubrücke (Nahe): Hochschule Trier.
- ifeu. (2014). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg.
- ifeu. (2019). *BISKO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu).
- ifeu. (2022). *TREMODO*. Abgerufen am 24. März 2022 von ifeu: <https://www.ifeu.de/methoden-tools/modelle/tremod/>
- IREES. (2015). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013*. Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Karlsruhe, München, Nürnberg.
- Klima-Bündnis e.V. (10 2022). *Klimaschutz-Planer.de*. Von Klimaschutz-Planer: www.klimaschutz-planer.de abgerufen
- LANUV. (2014). *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 - Biomasse-Energie, LANUV-Fachbericht 40*. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV).
- LANUV. (2015). *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 4 - Geothermie, LANUV-Fachbericht 40*. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV).
- LANUV. (2018). *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW - Solardachkataster*. Recklinghausen.
- LANUV. (2022). *Planungskarte Windenergie*. (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) Abgerufen am 24. März 2022 von Energieatlas NRW: <https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarten/wind>
- LANUV. (2022). *Potenzialstudie Windenergie NRW LANUV-Fachbericht 124*. Recklinghausen.
- LANUV. (2022). *Solarkataster*. Abgerufen am 24. März 2022 von Energieatlas NRW: https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster
- LANUV NRW. (2019). *Potenzialstudie Industrielle Abwärme*. Recklinghausen.
- Link, G., Krüger, C., Rösler, C., Bunzel, A., Nagel, A., & Sommer, B. (2018). *Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. 3 aktual. u.erw. Aufl.* Von DIFU - Deutsches Institut für Urbanistik : <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/248422> abgerufen
- Luhmann, H.-J., & Obergassel, W. (2020). *Klimaneutralität versus Treibhausgasneutralität*. Oekom Verlag.

- Mehr Demokratie e.V. (2020). *Handbuch Klimaschutz. Wie deutschland das 1,5 Grad-Ziel einhalten kann*. München: oekom Verlag.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2019). *Freiflächensolaranlagen Handlungsleitfaden*. Stuttgart.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2022). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Recent Monthly Average Mauna Loa CO2*. Abgerufen am 24. August 2021 von <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>
- Öko-Institut / Fraunhofer ISI. (2015). *Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*. Öko-Institut e.V. und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Berlin und Karlsruhe.
- Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. Berlin: Prognos; Öko-Institut; Wuppertal Institut;.
- Solar Institut Jülich der FH Aachen in Kooperation mit Wuppertal Institut und DLR. (2016). *Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung, Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz*. Aachen.
- Sonnberger, M. (2014). *Weniger provoziert Mehr. Energieeffizienz bei Gebäuden und der Rebound-Effekt*. Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau, Stuttgart.
- Stadt Erftstadt. (2018). *Stadtweites Konzept zur Umsetzung von Freiflächensolaranlagen*. Erftstadt.
- Statistisches Bundesamt. (10. 2022). *Zensus 2011*. Von <https://ergebnisse2011.zensus2022.de/datenbank/online> abgerufen
- UBA. (09. August 2021). *IPCC-Bericht: Klimawandel verläuft schneller und folgenschwerer*. Abgerufen am 16. März 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ipcc-bericht-klimawandel-verlaeuft-schneller>

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
BISKO	Bilanzierungs-Standard Kommunal
CH ₄	Summenformel für Methan
CNG	Compressed Natural Gas (Komprimiertes Erdgas)
CO ₂	Summenformel für Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
gCO _{2e} /kWh	Einheit für Gramm Kohlendioxid-Äquivalente pro Kilowattstunde
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
ifeu	Institut für Entsorgung und Umwelttechnik
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
kWh	Einheit für Kilowattstunde
kWh/a	Einheit für Kilowattstunden pro Jahr
kWh/m ²	Einheit für Kilowattstunden pro Quadratmeter
LCA	Life-Cycle-Analysis
LKW	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG	Liquified Petroleum Gas („Autogas“)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MWh	Einheit für Megawattstunde
MWh/a	Einheit für Megawattstunden pro Jahr
N ₂ O	Summenformel für Lachgas
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PtG	Power-to-Gas
PtH	Power-to-Heat (Heizstrom)
ppm	Einheit für Parts per million
SF ₆	Summenformel für Schwefelhexafluorid
t	Einheit für Tonne
tCO _{2e}	Einheit für Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente
THG	Treibhausgas
TWh	Einheit für Terawattstunde