

5 Endenergie-/ Primärenergie- und Treibhausgasbilanz

Die Erstellung einer Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanz für das Untersuchungsgebiet Frankfurt Sossenheim stellt aus zweierlei Gründen ein wichtiges Instrument innerhalb der Konzeption dar.

Zum einen wird mittels der Bilanz verdeutlicht, auf welche Verbrauchssektoren sich die Energieverbräuche im Quartier verteilen und welche Energieträger diese umfassen (Darstellung des Status Quo). Zum anderen kann die Bilanz als Monitoring-Instrument im Zuge einer späteren Erfolgskontrolle nach Umsetzung des Konzepts fungieren.

Die in diesem Konzept erstellte Bilanzierung bezieht sich nicht ausschließlich auf das Treibhausgas CO₂, sondern betrachtet zudem weitere klimarelevante Treibhausgase, wie z. B. Methan (CH₄) oder Lachgas (N₂O). Um die verschiedenen Treibhausgase hinsichtlich ihrer Klimaschädlichkeit⁷ vergleichbar zu machen, werden diese in CO₂-Äquivalente (CO₂eq)⁸ umgerechnet. Das Treibhausgas CO₂ ist mit 87 % der durch den Menschen verursachten Treibhausgas-Emissionen in Deutschland das mit Abstand klimarelevanteste Gas. In diesem Bericht wird daher von THG-Emissionen oder CO₂eq gesprochen.

Grundlage für die Berechnung der THG-Emissionen ist zudem die Betrachtung von Life-Cycle-Assessment-Faktoren (LCA-Faktoren). Das heißt, dass die zur Produktion und Verteilung eines Energieträgers notwendige fossile Energie (z. B. zur Erzeugung von Strom) zu der Endenergienutzung (wie am Hausanschluss abgelesen) addiert wird. Neben den Emissionen des Brennstoffverbrauchs von Kraft- und Heizwerken werden auch „graue“ Emissionen aus den Produktionsvorstufen (= Vorketten, z. B. Hilfsenergie, Materialaufwand, Transport) in die THG-Bilanzierung miteinbezogen.

Für den Verkehrssektor liegen keine quartiersspezifischen Daten vor, sodass auf Zulassungsdaten des Kraftfahrtbundesamtes sowie soziodemografische Daten zurückgegriffen wurde. Somit kann ein Faktor für die Anzahl der Fahrzeuge pro Einwohner*in berechnet werden und auf die Anzahl der Einwohner*innen im Quartier übertragen werden. Dieser Wert wird mit der durchschnittlichen Fahrleistung nach Kraftstoffarten und Energiebedarfen hochgerechnet. Da es sich um ein stark

⁷ Methan ist z. B. 21-mal so schädlich wie CO₂ (1 kg Methan entspricht deshalb 21 kg CO₂-Äquivalent. 1 kg Lachgas entspricht sogar 300 kg CO₂-Äquivalent)

⁸ Sämtliche in diesem Bericht aufgeführten Treibhausgasemissionen stellen die Summe aus CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalenten (CO₂eq) dar

verdichtetes Quartier mit einem hohen Anteil Mehrfamilienhäuser handelt, ist davon auszugehen, dass der Faktor reduziert werden kann. Daher wurde hier die Annahme getroffen, die Anzahl der Fahrzeuge im Quartier um 30 % zu verringern. Aufgrund der Datenlage handelt es sich somit im Sektor Verkehr um eine Annäherung, welche die Verhältnisse im Quartier möglichst genau abbilden soll.

5.1 Endenergie

Auf Basis der bereitgestellten Verbrauchswerte und der berechneten Verbräuche für die nichtleitungsgebundenen Energieträger kann eine Endenergiebilanz erstellt werden. Für die Verteilung der nichtleitungsgebundenen Energieträger, zu denen keine genauen Informationen vorliegen, wurde die Verteilung aus der gesamtstädtischen THG-Bilanz gewählt.

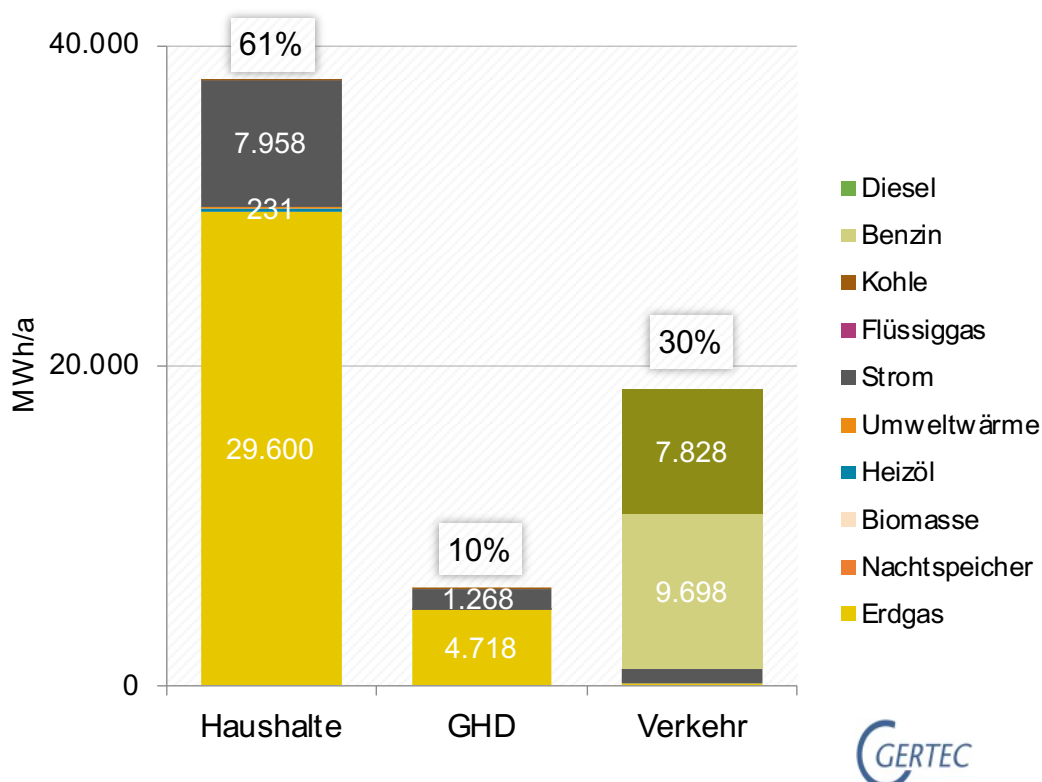


Abbildung 41: Endenergiebilanz für das Quartier Frankfurt Sossenheim-Ost (Stadt Frankfurt, mainova, Syna, eigene Darstellung)

Die Verteilung zwischen Haushalten (61 %) und Sektor Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) (10 %) ist aufgrund der ausgeprägten Wohnnutzung des Quartiers in Sossenheim-Ost nicht überraschend. Aufgrund der hohen Erdgasabdeckung und Nutzung stellt der Energieträger Erdgas mit insgesamt 34.320 MWh/a (ca. 78 %) den höchsten Anteil am Endenergieverbrauch der Gebäude

dar. Nur einzelne Gebäude setzen Heizöl als Energieträger ein, sodass dieser Anteil bei 1 % liegt. Der Stromverbrauch beträgt 9.230 MWh/a (21 %). Auf den Verkehrssektor entfällt ein Endenergieanteil von 30 %.

5.2 Primärenergie

Auf Seiten der Primärenergie ergibt sich ein ähnliches Bild, wobei deutlich wird, dass aufgrund des höheren Primärenergiefaktors für Strom der Anteil dieses Energieträgers zunimmt. Die übrige Verteilung zwischen den Energieträgern ist analog zum Endenergiebedarf zu bewerten. Eine Ausnahme stellen die erneuerbaren Energien mit einem sehr geringen Primärenergiefaktor dar.

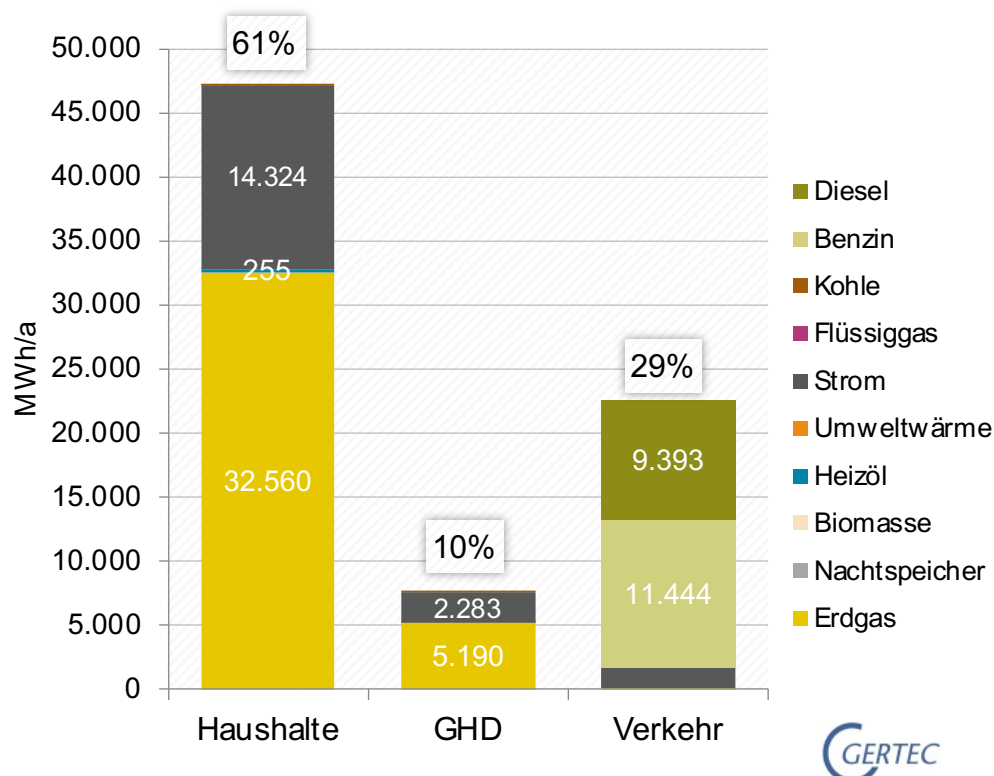


Abbildung 42: Primärenergiebedarf für das Quartier Frankfurt Sossenheim-Ost (Stadt Frankfurt, mainova, Syna, eigene Darstellung)

5.3 Treibhausgase

In einem nächsten Schritt lassen sich anhand von Emissionsfaktoren (inklusive LCA-Faktoren) - zur Ermittlung von Treibhausgasemissionen - die zuvor beschriebenen Endenergienutzungen in THG-Emissionen umrechnen. Hierbei wurden die vom Institut

für Energie- und Umweltforschung (ifeu) im Rahmen des Bilanzierungs-Standard Kommunal (BISKO) ermittelten Emissionsfaktoren verwendet.

Energieträger	Emissionsfaktor (g CO ₂ eq/kWh)	Energieträger	Emissionsfaktor (g CO ₂ eq/kWh)
Erdgas	247	Wärmepumpen	170
Nachtspeicher	438	Strom	438
Biomasse	25	Benzin	314
Heizöl	318	Diesel	325
Nahwärme	260		

Tabelle 12: Energieträger und Emissionsfaktoren (ifeu, eigene Darstellung)

Vergleichbar zu den Endenergie- und Primärenergienutzungen entfällt mit 59 % der Großteil der THG-Emissionen auf den Sektor der privaten Haushalte. Auf den Sektor GHD entfallen 9 % und auf den Verkehrssektor 32%.

Auffällig ist, dass emissionsseitig der Energieträger Strom deutlicher ins Gewicht fällt, als hinsichtlich der Endenergie- oder Primärenergienutzung naheliegend erscheint.

Dies resultiert aufgrund des derzeit (noch) hohen Emissionsfaktors von Strom. Insgesamt summieren sich die THG-Emissionen durch Strom-, Wärme und Treibstoffnutzung im Quartier auf ca. 18.615 t CO₂eq/a.

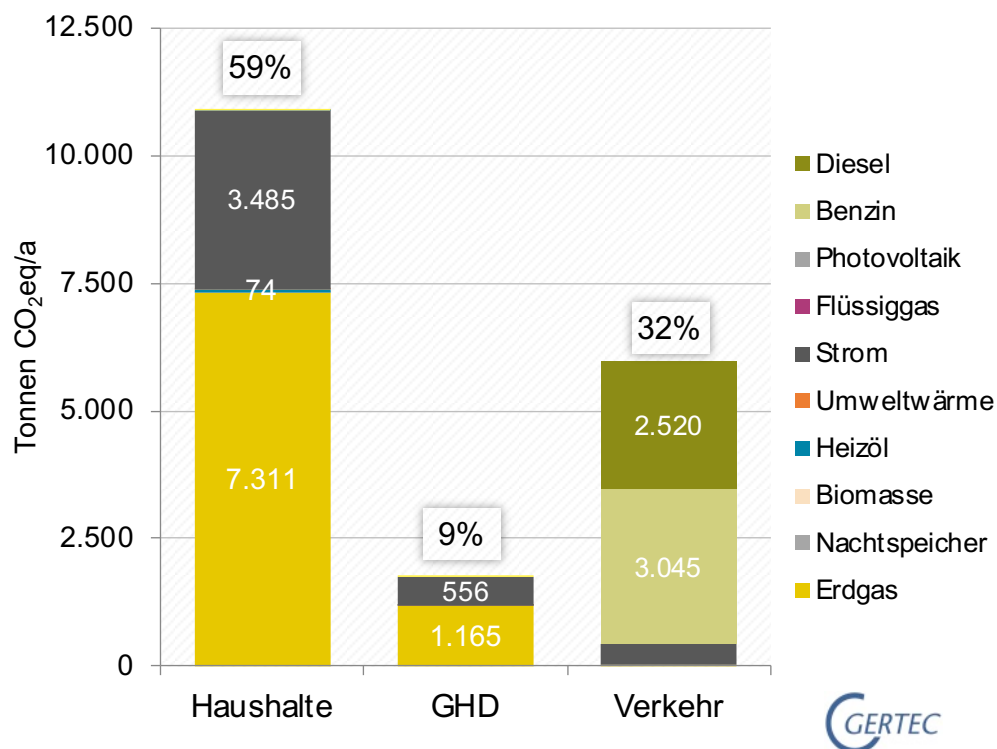


Abbildung 43: THG-Bilanz für das Quartier Frankfurt Sossenheim-Ost (Stadt Frankfurt, mainova, Syna, eigene Darstellung)

5.4 Energiekosten

Mit einem überschlägigen Durchschnittspreis (vgl. Tabelle) für die häufigsten Energieträger können im Gebäudesektor die aufzubringenden Energiekosten bestimmt werden. Es ist bei den Durchschnittskosten auf die dynamische Lage am Energiemarkt hinzuweisen.

Energieträger	Erdgas	Heizöl	Biomasse	Strom	Wärmepumpenstrom
€/MWh [brutto]	130	145	160	340	85

Tabelle 13: Durchschnittspreise für Wärmeenergieträger (Stand 9/22)

Aus der Multiplikation mit dem für die Endenergiebilanz bestimmten Verbrauch lassen sich die Energiekosten für das Quartier quantifizieren. Anhand von Abbildung wird deutlich, dass auf den Kostenanteil für Erdgas 56 % entfallen. Der kostenintensive Energieträger Strom weist einen Anteil von 43 % auf. Insgesamt wird aus der Abbildung deutlich, dass insbesondere die Reduzierung des Stromverbrauchs, oder auch die Eigenerzeugung von Strom, für die Bewohner im Quartier auch einen ökonomischen Vorteil nach sich ziehen könnte.

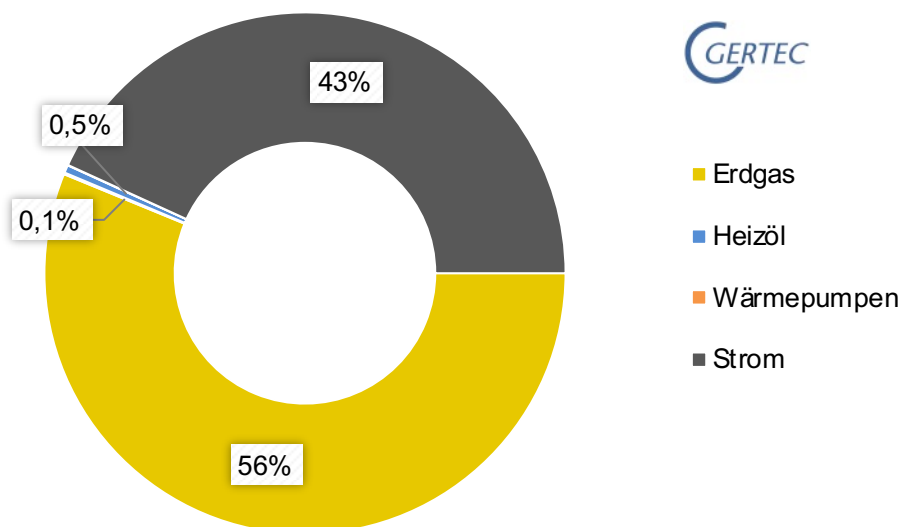


Abbildung 43: Verteilung der Energiekosten für den Gebäudesektor im Quartier Frankfurt Sossenheim-Ost (eigene Darstellung)

5.5 Ziele

Eingangs wurde bereits auf die Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt eingegangen. In diesem Kapitel werden die gesamtstädtischen Ziele auf das Quartier Frankfurt Sossenheim-Ost übertragen.

Die Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt wurden im Mai 2022 verschärft. Ziel ist die Klimaneutralität der Stadt Frankfurt im Jahr 2035. Die vormalige Betrachtung umfasste die Zielerreichung einer Endenergieeinsparung um 50 % und einer THG-Minderung um 95 % bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Jahr 1990. Im Zuge der Erreichung der Klimaneutralität ist die Betrachtung der THG-Emissionen maßgeblich. Dabei wird in dieser Betrachtung eine Emissionsminderung von ebenfalls 95 % angestrebt. Die übrigen 5 % müssen zur Zielerreichung kompensiert werden. Dabei ist insbesondere die Bindung von THG zu nennen, was beispielsweise durch Aufforstung und Anpflanzung erreicht werden kann. Eine Einsparung um 95 % bedeutet eine absolute Einsparung von ca. 19.130 t CO₂eq/a.

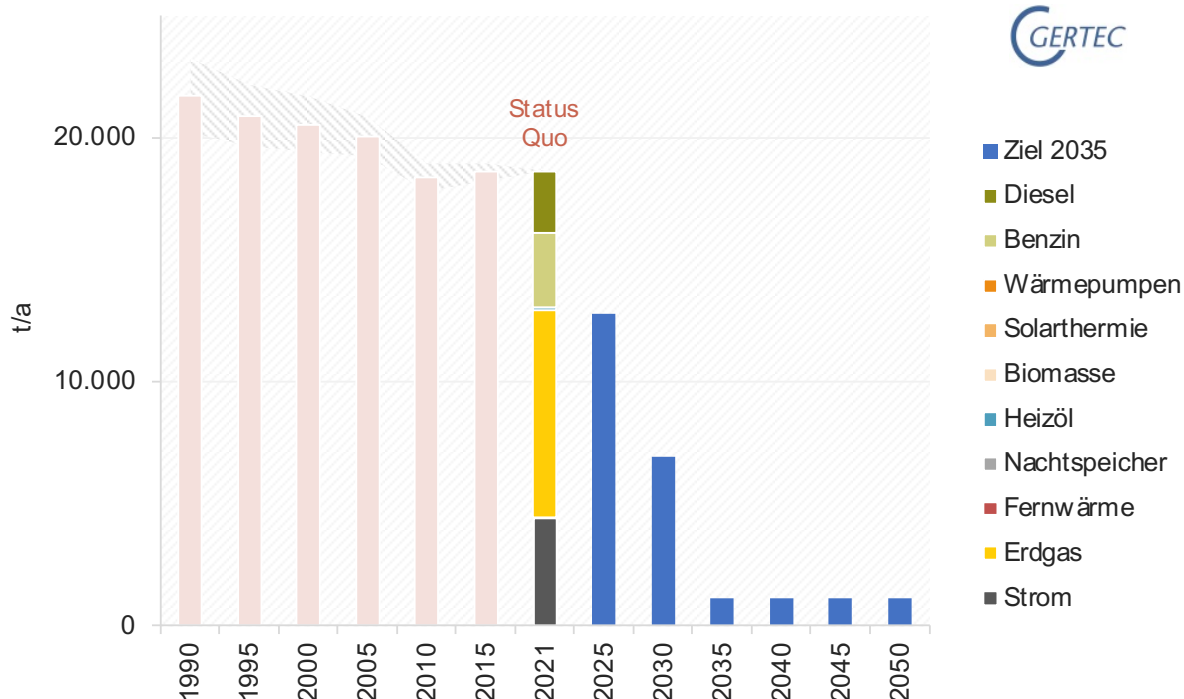


Abbildung 44: Übertragung des Klimaschutzziels der Stadt Frankfurt bis 2050 auf den Stadtteil Frankfurt Sossenheim-Ost (mainova, Stadt Frankfurt, eigene Darstellung)

Die Erreichung dieser Ziele ist äußerst ambitioniert und liegt nicht im ausschließlichen Einflussbereich des Quartiers sowie der Stadt Frankfurt. Die Stadt Frankfurt ist bei der Erreichung dieser Ziele von übergeordneten Ebenen und Entwicklungen abhängig, aber zudem vom Umsetzungswillen der Akteure vor Ort. Ebenso ist darauf einzugehen, dass die Zahl der Bevölkerung in Frankfurt in den vergangenen Jahren massiv zugenommen hat und auch zukünftig eine Zunahme der Anzahl der Frankfurter Bevölkerung zu erwarten ist. Diese Zunahme der Bevölkerungszahl ist eine zusätzliche Herausforderung bei der Erreichung der Klimaschutzziele.

5.6 Szenario (bis zum Jahr 2050)

Um die Wirkung der Maßnahmen auf den Endenergieverbrauch sowie die THG-Emissionen bestimmen zu können, ist in der Szenarienerstellung das Treffen von Anmerkungen notwendig. Anzumerken ist jedoch, dass es insgesamt keine Prognose darstellt, sondern lediglich einen möglichen Entwicklungspfad auf Grundlage der im Quartier herausgestellten Rahmenbedingungen beschreibt. Im Rahmen der Szenarien werden gutachterliche Einschätzung über die möglichen Einsparungen an Endenergie

und THG durch die Umsetzung des Maßnahmenkatalogs dargestellt. Dabei werden ambitioniert-realistische Umsetzungsraten und -tiefen genutzt, welche sich auch in ihrem zeitlichen Verlauf ändern können und stark von technischen, wirtschaftlichen wie auch politischen Vorgaben abhängig sind.

Es ist hervorzuheben, dass das Szenario die Wirkung des Maßnahmenkatalogs als Grundlage nutzt. Dabei fließen nur die quantifizierbaren Maßnahmen in die Entwicklung ein. Viele Maßnahmen können nicht quantifiziert werden, jedoch können diese Maßnahmen weitere Maßnahmen unterstützen oder Verhaltensweisen ändern, sodass auch diese Maßnahmen zur Reduzierung beitragen, jedoch nicht in das Szenario einfließen.

Die THG-Emissionseinsparungen, die durch die Umsetzung der Maßnahmen ausgelöst werden können, zeigt die nachfolgende Abbildung auf. Zudem ist der Wechsel zu erneuerbaren Energieträgern von großer Bedeutung, um die Emissionen im Quartier zu senken.

Zur Bestimmung der Einsparungen ist das Treffen von Annahmen notwendig. Somit kann abgeschätzt werden, wie wirksam eine Maßnahme ist. Insbesondere kommen Umsetzungsraten (wie viel Prozent der in Frage kommenden Gebäude setzen die Maßnahme um⁹) und ebenso Umsetzungstiefen (wie weit wird das Potenzial ausgenutzt wird) zum Einsatz.

Tabelle 14: Annahmen zur Maßnahmenquantifizierung

Nr.	Maßnahmentitel	Quantifizierungsannahmen
1	Optimierung des Heizsystems	Einsparung durch Optimierung: 5% des Energiebedarfs, 30% der Gebäude haben bereits eine Optimierung durchgeführt bzw. ist nicht möglich, Umsetzungsquote: 3,5 %/a (\cong 23 Gebäude) bis 4,0 %/a (\cong 26 Gebäude)
2	Dämmung in Eigenregie	EFH und RH, die vor Baualtersklasse H errichtet wurden, Einsparung von 5 % durch Dämmung, 30 % haben bereits Dämmung umgesetzt. Umsetzungsquote von 3,5 %/a (9 \cong Gebäude) bis 4 %/a (10 \cong Gebäude)

⁹ Die Umsetzungsrate ist nicht mit der Sanierungsrate zu verwechseln. Der Begriff der Sanierungsrate ist nicht klar definiert und kann auf verschiedene Indikatoren abzielen, bei der nicht nur die Anzahl der sanierten Gebäude betrachtet werden, sondern auch die Sanierungstiefe, welche oftmals als Vollsaniierungsäquivalente berechnet werden. An dieser Stelle steht die Anzahl der Gebäude im Fokus die für die beschriebene Maßnahme in Frage kommen und diese umsetzen können. Es wird der Begriff der Umsetzungsquote genutzt, um eine Abgrenzung zur Sanierungsquote zu haben und Verwirrungen zu vermeiden. Die Umsetzungsquote liegt dabei höher als die Sanierungsquote, da sich die Umsetzungsquote auf einen Teilbereich der Gebäude bezieht und nicht wie die Sanierungsquote auf den gesamten Gebäudebestand.

3	Sanierung private MFH und Wohnungseigentümergemeinschaften	MFH die vor Baualtersklasse F errichtet wurden und keinem Wohnungsunternehmen zugeordnet werden können, Umsetzungsquote von 3,0 %/a (\cong 2 Gebäude) bis 3,5%/a (\cong 4 Gebäude), Ausnutzung von Modernisierungspaket 2: 50 % (2022) bis zu 65 % (2045)
4a	Sanierung private EFH/RH bis 1968	EFH und RH, die vor der Baualtersklasse G errichtet wurden, Umsetzungsquote von: 3 %/a (\cong 3 Gebäude) bis 4,5 %/a (\cong 5 Gebäude), Ausnutzung von Modernisierungspaket 2: 25 % (2022) bis zu 70 % (2045)
4b	Sanierung private EFH/RH ab 1968	EFH und RH, die vor der Baualtersklasse K und nach F errichtet wurden, Umsetzungsquote von: 3 %/a (\cong 3 Gebäude) bis 4,5 %/a (\cong 7 Gebäude), Ausnutzung von Modernisierungspaket 2: 50 % (2022) bis zu 65 % (2045)
5	Sanierung kommunale Gebäude	Kommunale Gebäude (ausgenommen Neubau) sparen ca. 25% Wärmeenergie und 45% Strom, Umsetzung von einem kommunalen Gebäude jährlich
6	Wärmepumpen	Alle Gebäude, Reduzierung um 30 % der Gebäude, da Randbedingungen den Einsatz nicht ermöglichen, Umsetzungsquote von 1,5 %/a (\cong 10 Anlagen/a) bis 2,0 %/a (\cong 13 Anlagen/a)
7	Abwärmennutzung Rechenzentren	Alle Gebäude; Reduzierung um 5%, da Anschluss nicht möglich und Anschlussquote von 65%, Umsetzungsquote von 5 %/a (2027), 15 %/a (2028/9), 20 %/a (2030), 15 %/a (2031), 10 %/a, 5 %/a (2033-2036)
8	Mikro-Nahwärmenetze	EFH und RH der Baualtersklassen F-J, Reduzierung um 20%, da Maßnahmen bereits umgesetzt wurden, Umsetzungsquote ab 2024 bis 2025 von 2%/a (\cong 2 Gebäude), danach von 4 %/a (\cong 4 Gebäude)
9	PV-Ausbauinitiative (insb. Altstadt Beachtung Denkmalschutz)	Reduzierung geeigneter Dachflächen aufgrund von Statik um 15 % (EFH/RH) und 25 % (MFH/NWG), Nutzung PV 80% der Dachflächen, durchschnittliche Anlagengröße (kWp): 9 (EFH)/ 7 (RH)/ 14 (MFH)/ 67 (NWG), Umsetzungsquote 2,5 %/a (\cong 10 Anlagen/a) bis 3 %/a (\cong 14 Anlagen/a)
10	Solarthermie Ausbauintiative (insb. Altstadt Beachtung Denkmalschutz)	Nutzung Solarthermie 20% der Dachflächen, geeignete Dachflächen: 5m ² Modulfläche, Ertrag 400 kWh/m ² , Umsetzungsquote 2 % (\cong 2 Anlagen/a)

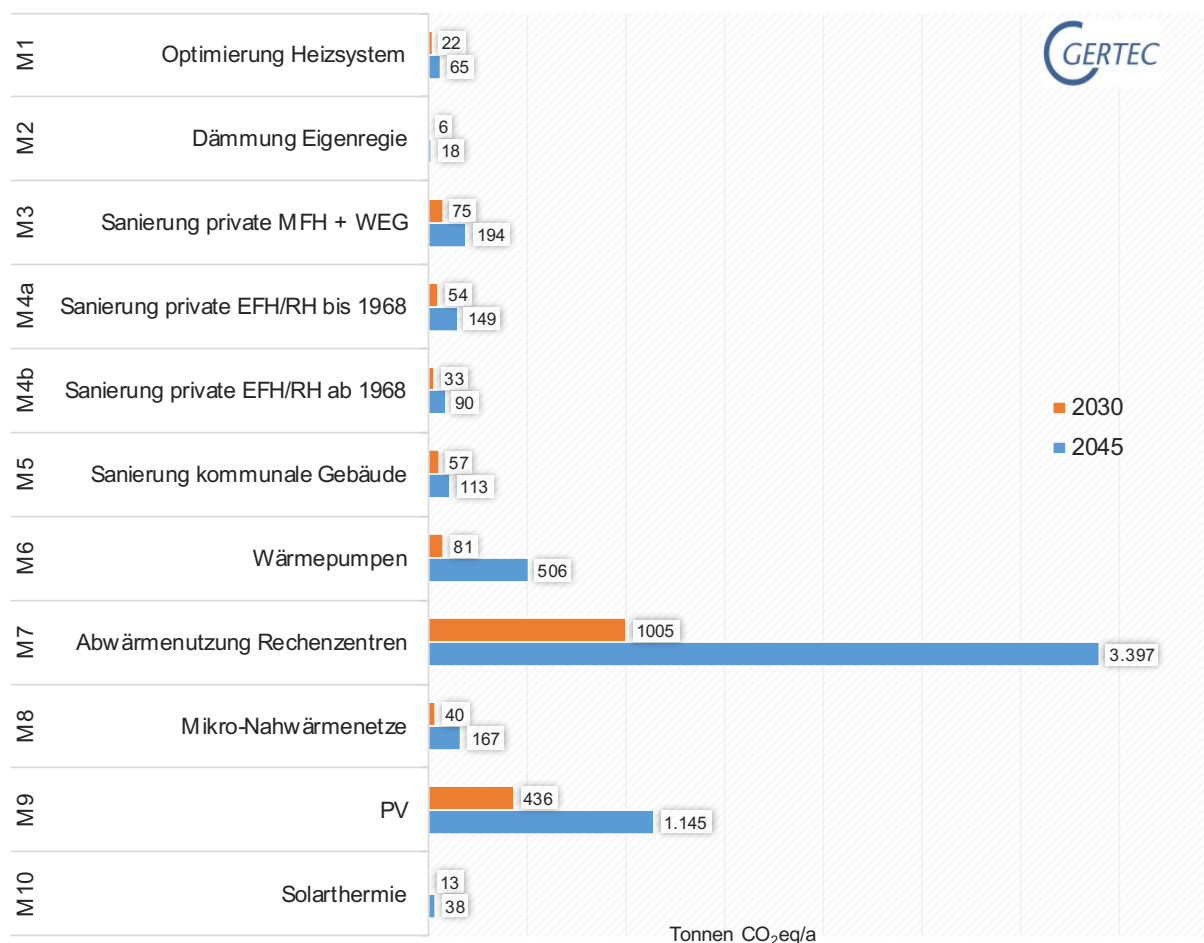


Abbildung 45: Wirkung der THG-Einsparung der quantifizierbaren Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs

Das Szenario für das Quartier Sossenheim-Ost zeigt, dass die Einsparpotenziale begrenzt sind. Aufgrund des eingeschränkten Handlungsbereichs des Konzeptes für die Liegenschaften der Wohnungsunternehmen, wurden diese aufgrund der Bedeutung für das Quartier in das Szenario eingebunden und quantifiziert. Eine große Hürde, jedoch auch Chance für das Quartier ist der Einsatz eines Wärmenetzes für die Nutzung der Abwärme aus den Rechenzentren. Dieses außerordentlich hohe Potenzial sollte für die kommenden Jahre erschlossen werden.

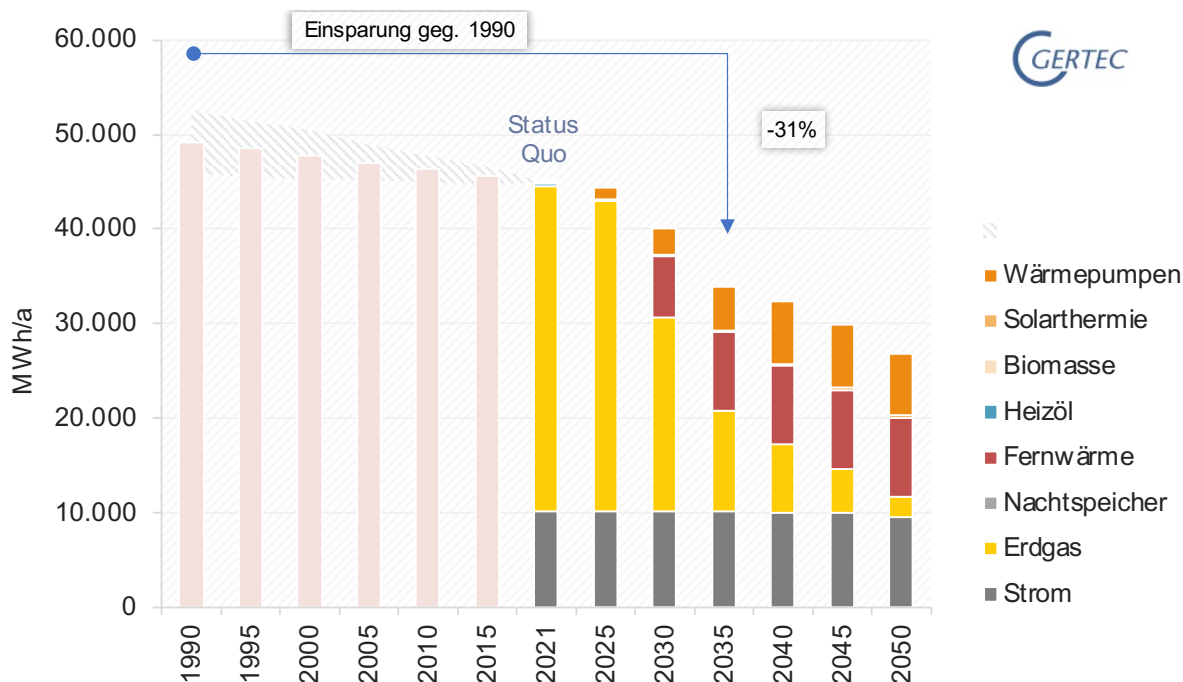


Abbildung 46: Szenario bis zum Jahr 2050 für die Entwicklung des Endenergiebedarfs in Frankfurt Sossenheim-Ost

Neben der Abbildung des zukünftigen Endenergiebedarfs wird ebenso die zukünftige Entwicklung der THG-Emissionen dargestellt. Dabei wird, auf der Endenergieeinsparung basierend, durch die Multiplikation mit Emissionsfaktoren die Einsparung der THG-Emissionen berechnet. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Emissionsfaktoren reduzieren, was insbesondere für die Energieträger Strom und demzufolge auch der Umweltwärme relevant ist. Dazu wurden die Entwicklung der Energierferenzprognose der prognos AG, EWI und GWS¹⁰ zugrunde gelegt.

Es wird deutlich, dass durch die Energieeinsparung sowie durch den Wechsel des Energieträgers Emissionseinsparungen erreicht werden. Dabei ist herauszustellen, dass große Einsparungen durch die Nutzung der Abwärme aus den Rechenzentren und dem Einsatz von Wärmepumpen möglich sind. Diese beiden Formen erreichen zudem durch die Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom hohe THG-Einsparungen.

¹⁰ Prognos AG, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) 2014: Entwicklung der Energiemärkte - Energierferenzprognose. Projekt Nr. 57/12. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Online abrufbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/Migration/DE/Downloads/Publikationen/entwicklung-der-energiemaerkte-energierferenzprognose-kurzfassung.pdf?_blob=publicationFile&v=1

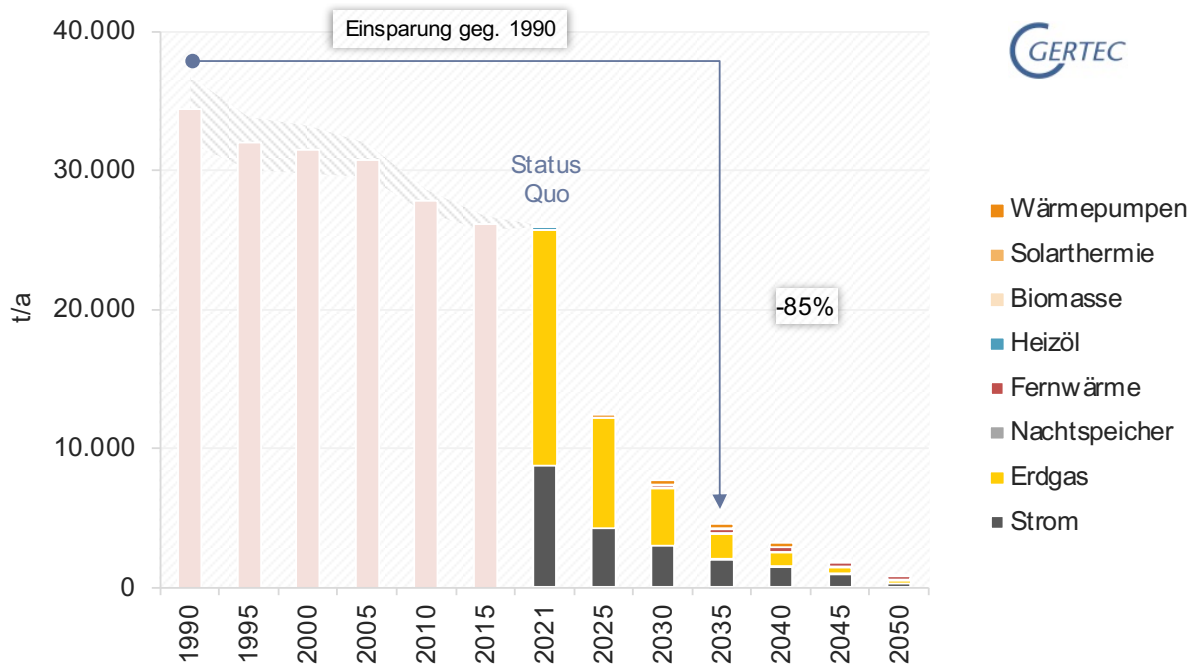


Abbildung 47: Szenario bis zum Jahr 2050 für die Entwicklung der THG-Emissionen

Auch für die Erreichung der Frankfurter Klimaschutzziele müssen Maßnahmen umgesetzt werden, welche den Energiebedarf des Gebäudebestandes deutlich senken. Dieser Bedarf sollte durch Energieversorgungssysteme gedeckt werden, die verglichen mit der derzeitig vorherrschenden Erdgasnutzung, weitaus klimafreundlicher sind. Es gilt die Akteure vor Ort anzusprechen, zu informieren und schlussendlich zu einer Umsetzung zu bewegen. Hier kann die Erstellung eines energetischen Sanierungskonzeptes und die Etablierung eines Sanierungsmanagements für Sossenheim-Ost nur ein erster Anstoß sein. Der Prozess der flächendeckenden energetischen Sanierung muss alle Akteure im Quartier erfassen. Die Stadt Frankfurt kann nur im Rahmen ihres Handlungsbereiches Projekte anstoßen, Akteure zusammenbringen oder den als Vorbild die eigenen Liegenschaften vorbildhaft modernisieren. Das Quartier hat insbesondere mit der Nutzung der Abwärme aus den Rechenzentren, sowie dem Aufbau eines Wärmenetzes im Bestand die Möglichkeit, als Vorbild für weitere Stadtteile in Frankfurt zu dienen, aber auch darüber hinaus.