Klimaneutrales Erlangen

Wo stehen wir und was liegt vor uns?

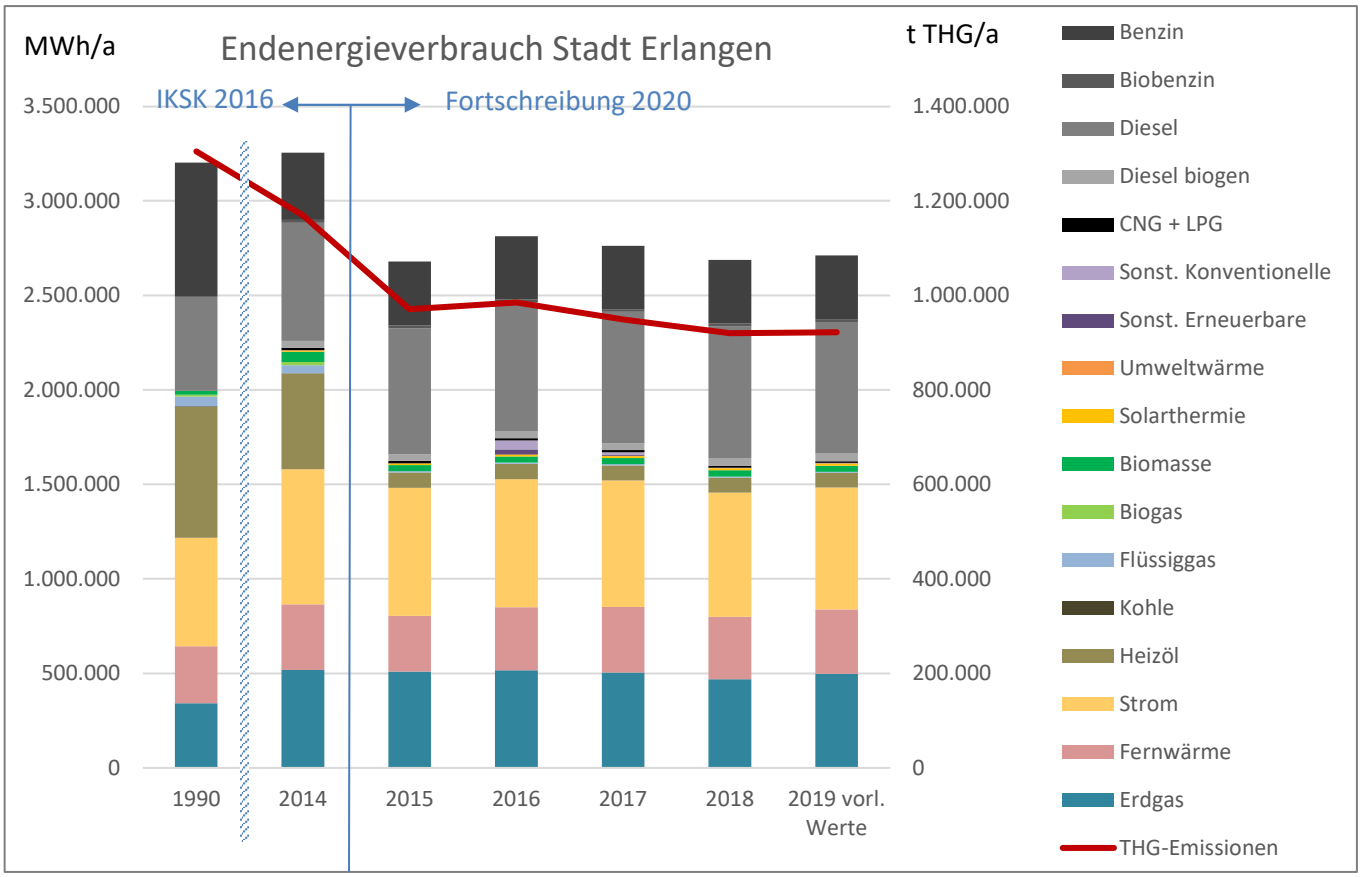
Erste Analysen

1 Energie- und CO_2-Bilanz

Hintergrund: Die Energie- und THG-Bilanz des Integrierten Klimaschutzkonzepts (IKSK) 2016 wurde für die Jahre 2015 bis 2019 unter Berücksichtigung des seit 2017 deutschlandweit in der Praxis angewandten BISKO[1]-Standards fortgeschrieben. Die Daten aus den Jahren 1990 und 2014 wurden auf den BISKO-Standard angeglichen. Eine kontinuierliche Energieverbrauchsentwicklung seit 1990 ist somit gegeben; es kommt wegen der unterschiedlichen Datengrundlagen[2] zu einem Bruch im Jahr 2015.

Die wichtigsten Änderungen: der Verkehr wird nach dem Territorialprinzip bilanziert (somit angepasst an alle anderen Energieträger), die Witterungsbereinigung entfällt, es werden die Kaminkehrerdaten für die dezentrale Heizenergieversorgung berücksichtigt (mit deutlichen Auswirkungen beim Heizölverbrauch).

Für die Stadt Erlangen ergibt sich daraus folgende Entwicklung für den Energieverbrauch:



[1] Bilanzierungssystematik Kommunal

[2] Durch die verbesserte Datengrundlage ab 2015 werden die Kaminkehrerdaten berücksichtigt. Die leitungsungebundenen Energieträger wie Heizöl und Kohle werden somit nach den lokalen Heizanlagen berechnet, dies war im IKSK 2016 noch nicht möglich. Hierdurch erklärt sich der starke Rückgang bei Heizöl von 2014 auf 2015.

Endenergie:

Die Verbrauchsentwicklung von 1990 – 2019 zeigt eine Abnahme des Endenergieverbrauchs um 15 % von rund 3.200.000 MWh auf 2.710.700 MWh. Im Zeitraum von 2015 - 2019 (einheitliche Datengrundlage[3]) ist von kleinen Abweichungen abgesehen eine Stagnation im Endenergieverbrauch zu verzeichnen. Eine konstante Reduktion ist einzig beim Stromverbrauch zu verzeichnen (- 5 %). Der Pro-Kopf-Verbrauch an Endenergie ist mit - 3 % ebenfalls leicht rückläufig[4].

Endenergieverbrauch nach Sektoren in Erlangen:

Sektoren:	1990	2015	2019	Entwicklung	
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	1990-2019	2015-2019
Strom	574.152	677.603	645.000	12%	-5%
Wärme	1.419.992	934.983	968.136	-32%	4%
Kraftstoffe	1.207.905	1.067.190	1.097.605	-9%	3%
Summe	**3.202.050**	**2.679.775**	**2.710.741**	**-15%**	**1%**
Pro-Kopf-Verbrauch	31,2	24,7	24,0	-23,1%	-3,0%

Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen in Erlangen:

Verbrauchergruppen	1990	2015	2019	Entwicklung	
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	1990 - 2019	2015 - 2019
Wirtschaft	1.309.261	955.031	954.607	-27%	-0,04%
Kommunale Einrichtungen	61.743	55.794	49.593	-20%	-11%
Haushalte	616.629	594.289	590.925	-4%	-1%
Verkehr	1.214.417	1.074.662	1.115.616	-8%	4%
Gesamt	**3.202.050**	**2.679.775**	**2.710.741**	**-15%**	**1%**

THG-Emissionen:

Die THG-Emissionen nehmen von 1990 – 2019 um 29 % ab (Reduktion von 1.304.709 t im Jahr 1990 auf 922.146 t im Jahr 2019)[3].

Im Zeitraum von 2015 - 2019 ist eine Reduktion um 5 % zu verzeichnen. Damit liegt die jährliche Reduktionsrate bei durchschnittlich 1,25 %.

THG-Emissionen nach Sektoren[5] in Erlangen:

Sektoren	1990	2015	2019	Entwicklung	
	[t]	[t]	[t]	1990 - 2019	2015 - 2019
Strom	500.661	406.562	350.880	-30%	-14%
Wärme	414.360	226.491	225.804	-46%	-0,3%
Kraftstoffe	389.689	337.397	345.462	-11%	2%
Summe	**1.304.710**	**970.450**	**922.146**	**-29%**	**-5%**
Pro-Kopf-Verbrauch	12,7	9,0	8,2	-35%	-8%

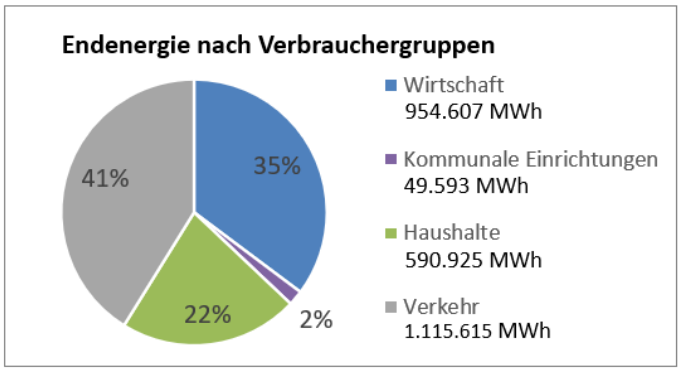
[3] Daten- und Berechnungsgrundlagen siehe Fußnote 2; S.1
[4] Die Einwohnerzahl in Erlangen ist von 108.336 EW 2015 auf 112.528 EW 2019 gestiegen. Trotz der Zunahme der Bevölkerung um 3,4 % ist der Energieverbrauch um nur 1% gestiegen.
[5] THG-Emissionen nach Verbrauchergruppen siehe Grafiken S.3

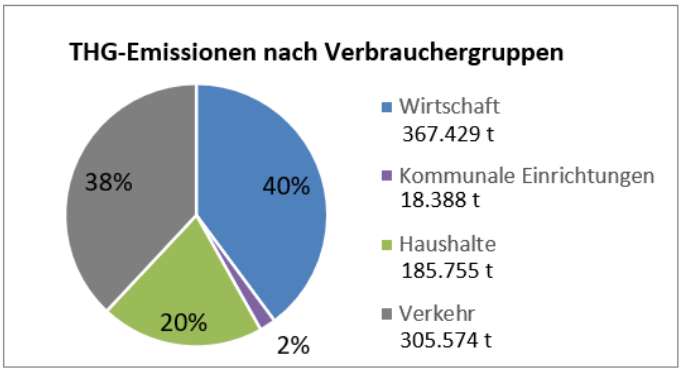
Kernaussagen zur Energie- und CO_2-Bilanz:

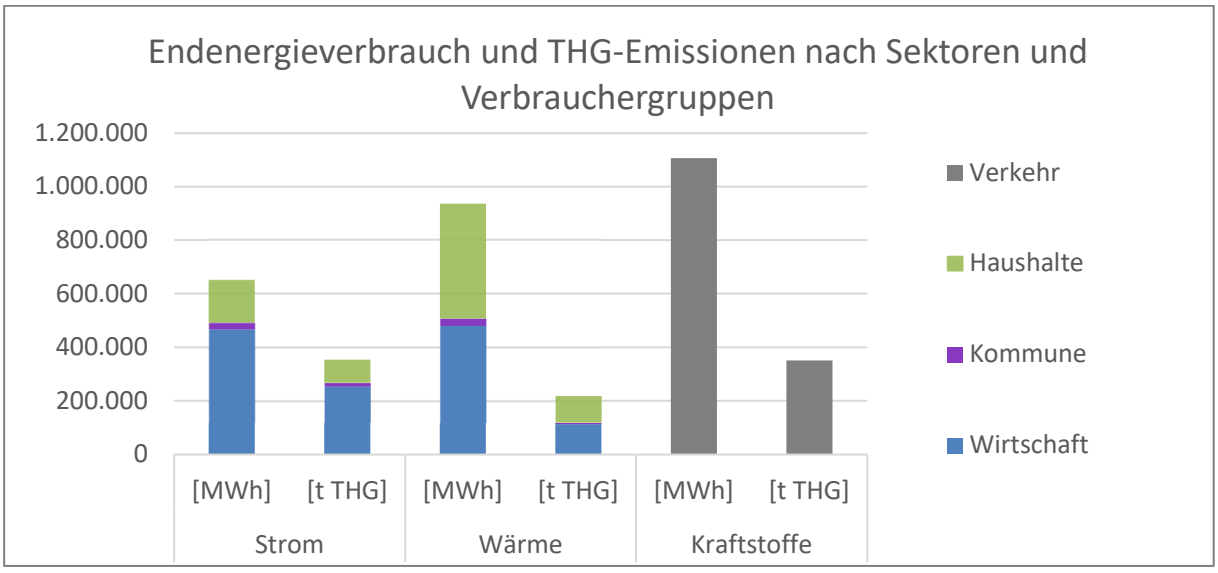
Auch wenn die absoluten Energiezahlen eine Stagnation der energetischen Entwicklung für Erlangen andeuten, verdeutlichen die Pro-Kopf-Angaben einen Rückgang bei Energieverbrauch und THG-Emissionen in den Jahren 2015 - 2018[6].

Pro-Kopf-Verbrauch	2015	2018	2015 - 2018	Dtl. 2018
Endenergieverbrauch	24,74 MWh	24,0 MWh	-3 %	30,1 MWh
THG-Emissionen	8,96 t	8,22 t	-8 %	8,4 t

Der Sektor Kraftstoffe hält den größten Anteil beim Energieverbrauch, bei den THG-Emissionen entfallen auf den Sektor Strom (38 %) knapp mehr Emissionen wie auf Kraftstoffe (37 %). Bei den Verbrauchergruppen sind Verkehr und Wirtschaft die größten Endenergie-Verbraucher und THG-Emittenten. Einsparungen und Substitution[7] hätten in diesen Bereichen die größten Auswirkungen. Die kommunalen Einrichtungen haben den kleinsten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch mit nur 2 %. Mit einem Rückgang von 11 % beim Endenergieverbrauch können die kommunalen Einrichtungen die stärksten Einsparungen innerhalb der Verbrauchergruppen seit 2015 verbuchen.







[6] Angabe des Jahres 2018 aufgrund der noch vorläufigen Daten (sowie fehlender Vergleichsdaten) für 2019.

[7] Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger

2 Restbudget

Aufbauend auf der „Grundlagenstudie Klimanotstand“ vom August 2020 wird die Verteilung und Dauer des aktuellen Restbudgets der THG-Emissionen für Erlangen analysiert.

3,4 Mio. t THG-Emissionen stehen der Stadt Erlangen noch zur Verfügung[8]

- Bei einer gleichbleibenden Entwicklung wie in den letzten 4 Jahren (aktuelle Reduktionsrate durch Energieeinsparung und Substitution liegt bei 1,25 %, pro Jahr werden ca. 900.000 t THG emittiert) wäre das Budget bereits **2024** aufgebraucht.
- Die THG-Neutralität könnte durch eine lineare Reduktion mit einer jährlichen Reduktionsrate der THG-Emissionen von 11,74 % bis **2029** erreicht werden. Dies bedeutet fast eine Verzehnfachung der aktuellen jährlichen Einsparungsrate.
- Die erfassten Emissionen in der THG-Bilanzierung würden sich deutlich reduzieren, wenn die aktuelle und bereits für 2021 geplante Kompensation der ESTW außerhalb des Stadtgebiets berücksichtigt wird (**„Finanzierung von zertifizierten CO_2-Minderungsprojekten“** sowie Erneuerbare-Energieanlagen der ESTW außerhalb des Stadtgebietes (Windräder und Wasserkraft). Die „Reichweite“ des Restbudgets würde sich unter Berücksichtigung der Kompensation und einer jährlichen Reduktionsrate von 7,3 % bis ins Jahr 2030 verlängern. Ohne verstärkte Reduktion ist das Restbudget auch unter Berücksichtigung der aktuellen und geplanten Kompensationen bereits Anfang 2026 aufgebraucht.
- Kompensationsmöglichkeiten durch CO_2-Senken in Form von Wald- und Forstflächen innerhalb des Erlanger Stadtgebiets können auf Grund der aktuellen Datenlage nur als Grobabschätzung erfolgen[9].

CO_2-Senken Wald	**ha**	**t C /a**	**t THG /a**
Staatsforst Fb Forchheim	660	759	2.786
Staatsforst Fb Nürnberg	220	253	929
Kommunalwald	335	386	1.415
Privatwald	364	546	2.004
Gesamt	**1.579**	**1.944**	**7.134**
CO_2-Senken Stadtbäume	**Stück**	**t C /a**	**t THG /a**
Stadtbäume (Baumkataster)	21.887	219	803
aktuelle CO_2-Senke pauschal		**2.200**	**7.900**

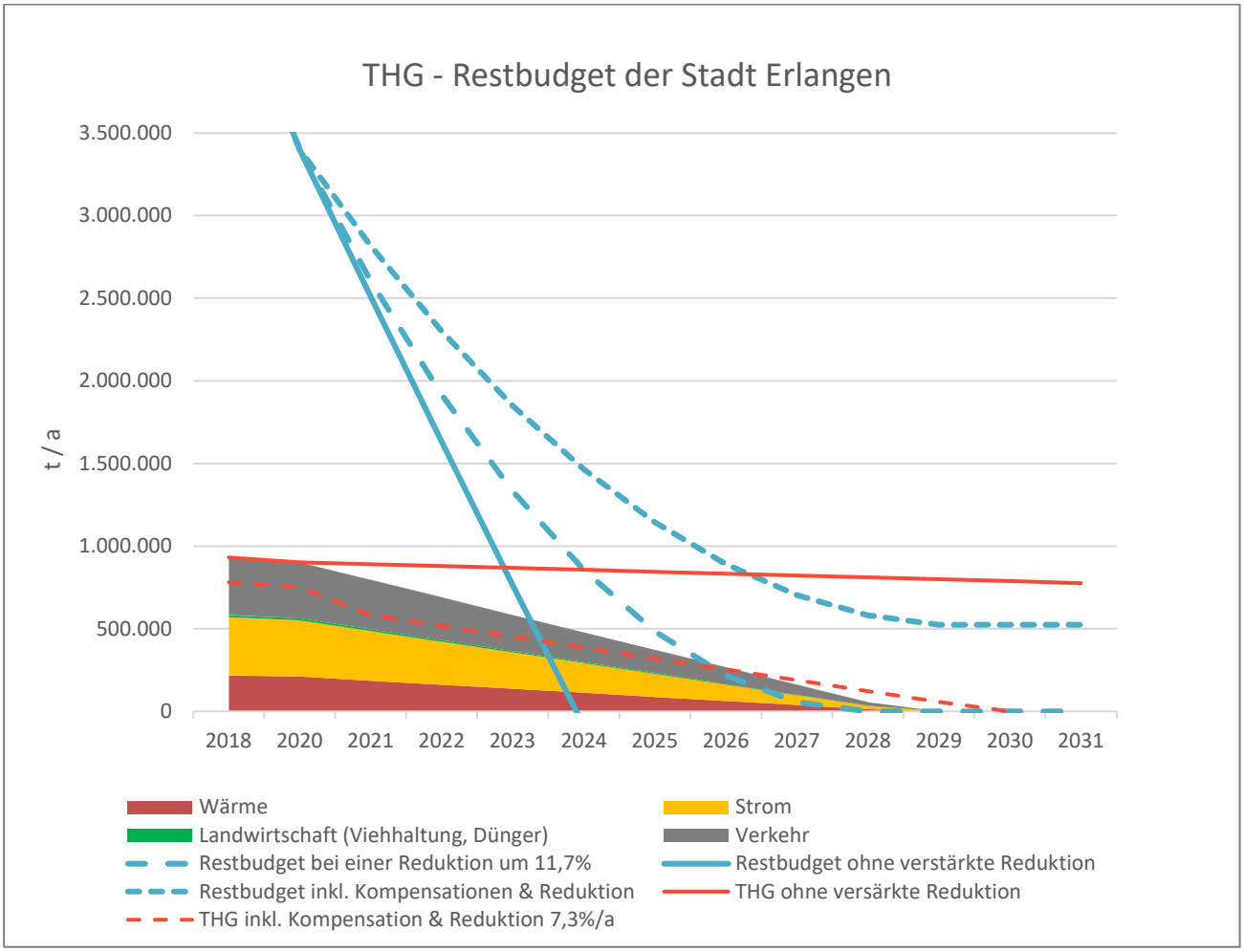
➔ Höhe der jährlichen CO_2-Bindung durch städtische Bäume entspricht 1 % der aktuellen THG-Emissionen. Bei einer kompletten Aufforstung aller landwirtschaftlichen Flächen im Stadtgebiet würde sich der Anteil auf 1,6 % erhöhen.

➔ Der aktuelle Waldbestand ist aufgrund der Trockenjahre, Sturmschäden und des Borkenkäferbefalls in einem schlechten Zustand und in großem Umbau begriffen. Durch die verstärkte Nutzung und Zersetzung von Holz kann der Wald auch zu einer CO_2-Quelle werden. Auf Grund der mündlichen Auskünfte der Förster sowie der unzureichenden

[8] GRUNDLAGENSTUDIE S.28 „Mit einer Bevölkerungszahl von 111.962 Einwohner*innen (Stand 2019) würde der Stadt Erlangen nach dem Ansatz des SRU ab 2020 ein Restbudget von 3,4 Mt CO_2 zur Verfügung stehen.“

[9] Überschlägige Berechnung nach RIEDEL, KOHLENSTOFFINVENTUR 2017: 1,15 t C pro ha für Forstflächen; 1,5 t C pro ha im Privatwald sowie FVA BADEN-WÜRTTEMBERG: Stadtbäume 0,01 t C / Stadtbaum)

Datenlage wird von einer Berücksichtigung der Grobschätzung der CO_2-Senken im Restbudgetansatz aktuell abgesehen.

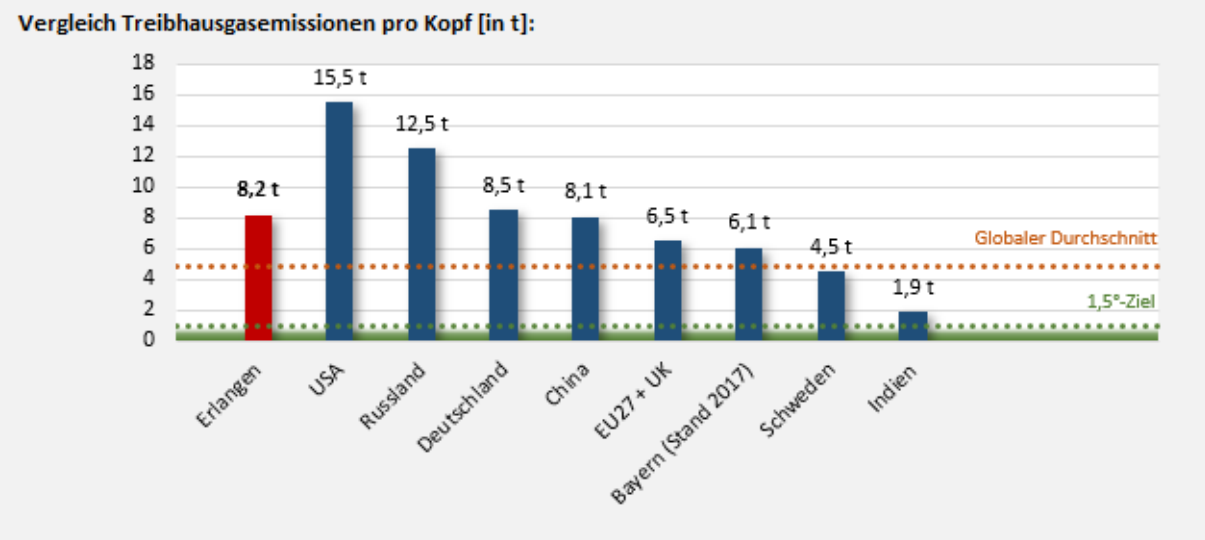


Zusammenfassung	**[t THG]**					
	2018	**2020**	**2024**	**2026**	**2028**	**2030**
Verkehr	349.849	338.304	179.436	100.003	20.569	0
Strom	353.004	341.355	181.055	100.905	20.754	0
Wärme	217.385	210.212	111.496	62.139	12.781	0
Landwirtschaft (Viehbest.&Dünger)	11.425	11.048	5.860	3.266	672	0
THG Emissionen Red. 11,7 %/a	**931.663**	**900.919**	**477.847**	**266.312**	**54.776**	**0**
Restbudget bei einer Reduktion um 11,7%/a	k.A.	3.400.000	854.004	215.613	294	294
Restbudget ohne verstärkte Reduktion	k.A.	3.400.000	-91.059			
THG ohne verstärkte Reduktion	931.663	900.918	855.872	833.349	810.826	788.303
Restbudget inkl. Kompensationen & Reduktion 7,3%/a	k.A.	3.400.000	1.464.153	890.832	580.579	524.103
THG inkl. Kompensation & Reduktion 7,3%/a	781.124	749.379	385.311	253.777	122.243	0

Ist der Restbudgetansatz praktikabel?

Der Restbudgetansatz legt eine gleichmäßige Verteilung der für das Klima noch verträglichen THG-Emissionen pro Kopf zu Grunde (30 t THG-Emissionen pro Kopf weltweit).

Die aktuelle weltweite Verteilung der THG-Emissionen weist jedoch große Unterschiede auf.



Quellen: Europäische Komission, Freistaat Bayern, Sachverständigenrat für Umweltfragen, eigene Berechnungen EVF; Stand 2019

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass in den großen Industrienationen enorme Anstrengungen zu leisten sind, um das Ziel zu erreichen.

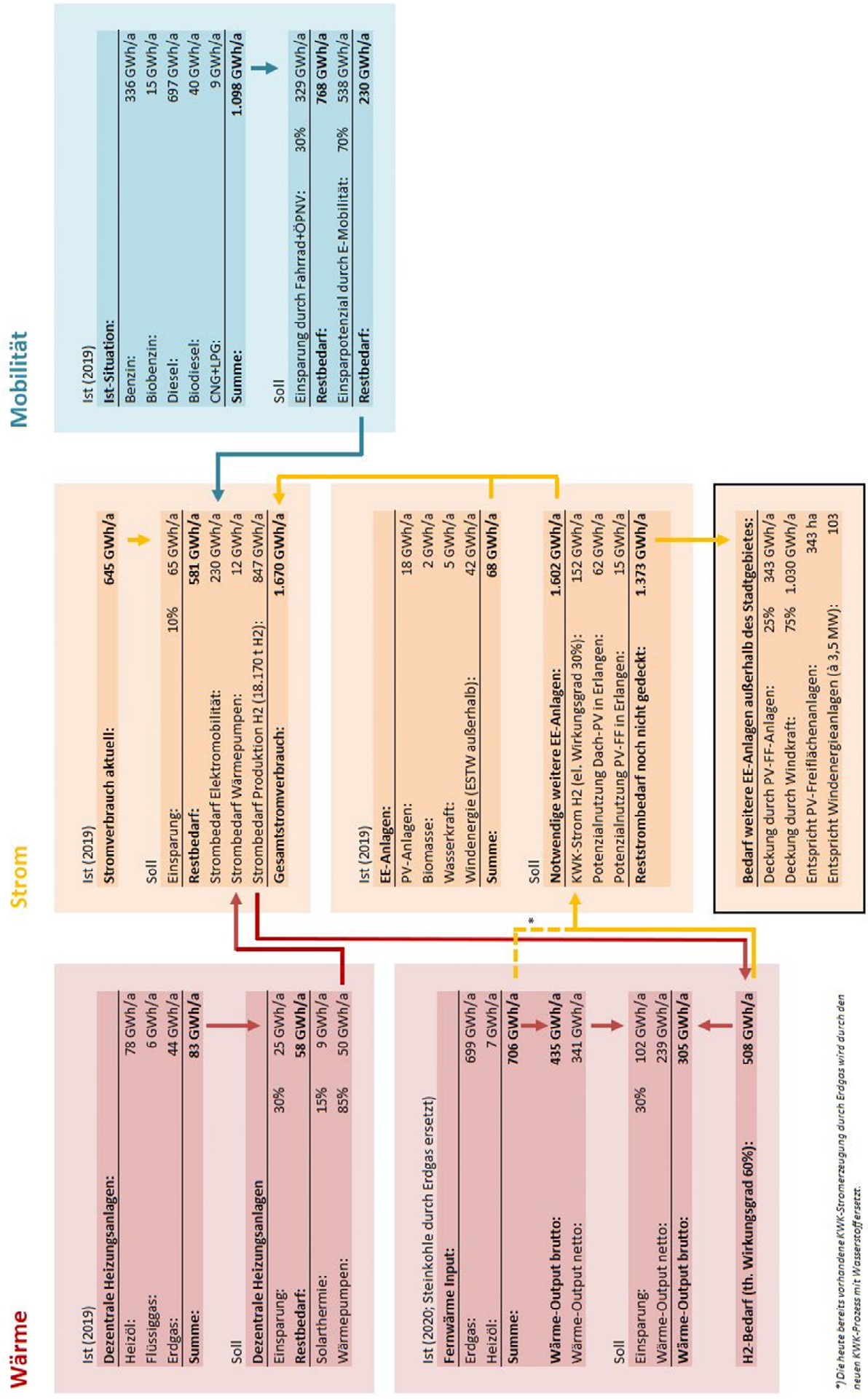
3 Transformation

Der Weg in die Klimaneutralität bedeutet eine Transformation des gesamten Energiebereiches. In einer übergeordneten Berechnung werden die verschiedenen Bausteine der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität in eine klimaneutrale Energieversorgung durch die vollständige Vermeidung fossiler Energien überführt.

Bedeutung für Erlangen:

- Vollständiger Umstieg auf CO_2-freie Mobilität (Konzentration auf Fuß- und Radverkehr sowie Elektrifizierung der Kraftfahrzeuge und des öffentlichen Personennahverkehrs)
- Deutliche Reduzierung des Verbrauchs in allen Sektoren (Strom, Wärme, Mobilität)
- Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung (Wasserstofftechnologie als Saisonspeicher)
- Nutzung aller Potenziale für erneuerbare Energien im Stadtgebiet und darüber hinaus im großen Maß im regionalen Umfeld

Es wird bereits angedeutet, dass die notwendige Energie nicht allein auf Erlanger Stadtgebiet erzeugt werden kann. Die außerhalb des Stadtgebietes zu erzeugenden Strommengen aus erneuerbaren Energien entsprechen insgesamt ca. 343 ha Freiflächen-Photovoltaik (25 % des Stroms) und weiteren 103 großen, modernen Windenergieanlagen (75 % des Stroms).


Mobilität
Ist (2019)
Ist-Situation:
Benzin: 336 GWh/a
Biobenzin: 15 GWh/a
Diesel: 697 GWh/a
Biodiesel: 40 GWh/a
CNG+LPG: 9 GWh/a
Summe: 1.098 GWh/a
Soll
Einsparung durch Fahrrad+ÖPNV: 30% 329 GWh/a
Restbedarf: 768 GWh/a
Einsparpotenzial durch E-Mobilität: 70% 538 GWh/a
Restbedarf: 230 GWh/a
Strom
Ist (2019)
Stromverbrauch aktuell: 645 GWh/a
Soll
Einsparung: 10% 65 GWh/a
Restbedarf: 581 GWh/a
Strombedarf Elektromobilität: 230 GWh/a
Strombedarf Wärmepumpen: 12 GWh/a
Strombedarf Produktion H2 (18.170 t H2): 847 GWh/a
Gesamtstromverbrauch: 1.670 GWh/a
Ist (2019)
EE-Anlagen:
PV-Anlagen: 18 GWh/a
Biomasse: 2 GWh/a
Wasserkraft: 5 GWh/a
Windenergie (ESTW außerhalb): 42 GWh/a
Summe: 68 GWh/a
Soll
Notwendige weitere EE-Anlagen: 1.602 GWh/a
KWK-Strom H2 (el. Wirkungsgrad 30%): 152 GWh/a
Potenzialnutzung Dach-PV in Erlangen: 62 GWh/a
Potenzialnutzung PV-FF in Erlangen: 15 GWh/a
Reststrombedarf noch nicht gedeckt: 1.373 GWh/a
Bedarf weitere EE-Anlagen außerhalb des Stadtgebietes:
Deckung durch PV-FF-Anlagen: 25% 343 GWh/a
Deckung durch Windkraft: 75% 1.030 GWh/a
Entspricht PV-Freiflächenanlagen: 343 ha
Entspricht Windenergieanlagen (à 3,5 MW): 103
Wärme
Ist (2019)
Dezentrale Heizungsanlagen:
Heizöl: 78 GWh/a
Flüssiggas: 6 GWh/a
Erdgas: 44 GWh/a
Summe: 83 GWh/a
Soll
Dezentrale Heizungsanlagen
Einsparung: 30% 25 GWh/a
Restbedarf: 58 GWh/a
Solarthermie: 15% 9 GWh/a
Wärmepumpen: 85% 50 GWh/a
Ist (2020; Steinkohle durch Erdgas ersetzt)
Fernwärme Input:
Erdgas: 699 GWh/a
Heizöl: 7 GWh/a
Summe: 706 GWh/a
Wärme-Output brutto: 435 GWh/a
Wärme-Output netto: 341 GWh/a
Soll
Einsparung: 30% 102 GWh/a
Wärme-Output netto: 239 GWh/a
Wärme-Output brutto: 305 GWh/a
H2-Bedarf (th. Wirkungsgrad 60%): 508 GWh/a
*)
*)Die heute bereits vorhandene KWK-Stromerzeugung durch Erdgas wird durch den neuen KWK-Prozess mit Wasserstoff ersetzt.