

Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bayreuth

ENERGIE- UND
TREIBHAUSGASBILANZ



Potenzialstudie: Energie- und THG-Bilanz

Impressum

Im Auftrag der Stadt Bayreuth
Luitpoldplatz 13
95444 Bayreuth



Ansprechpartner
Klimaschutzmanagement
Amt für Umwelt- und Klimaschutz
Stadt Bayreuth
Kanalstr. 3
95444 Bayreuth



Sachbearbeiterinnen: Jana Edlinger und Gesa Thomas

Tel. 0921 / 25-1142 und 0921 / 25-1141

Endenergie- und Treibhausgasbilanz und Potenzialstudien erstellt von
EVF - Energievision Franken GmbH
Schwarzenbacher Str. 2
95237 Weißdorf
Tel. 09251 / 85 99 99 0
Email: mail@energievision-franken.de
Web: www.energievision-franken.de



Autoren:
Dipl.-Ing Jana Kraus
Dipl.-Geogr. Univ. Ralf Deuerling (Projektleitung)

Urheberrechtshinweis

Die vorliegende Studie unterliegt dem geltenden Urheberrecht. Sollte einer Nutzung durch Dritte zugestimmt und der Inhalt an anderer Stelle wiedergegeben werden, sind die Autoren gemäß anerkannten wissenschaftlichen Arbeitsweisen zu nennen.

Haftungsausschluss

Die vorliegenden Ausführungen wurden nach dem aktuellen Stand der Technik, nach den anerkannten Regeln der Wissenschaft sowie nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren erstellt. Irrtümer vorbehalten.

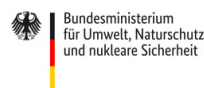
Fremde Quellen wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Ergebnisse basieren weiterhin im dargelegten Maß auf Aussagen und Daten von fachkundigen Dritten, die im Rahmen von Befragungen ermittelt wurden. Alle Angaben und Quellen wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Die Autoren können dahingehend jedoch keine Garantie für die Belastbarkeit der ausgewiesenen Ergebnisse geben.

Weiterhin basieren die Ergebnisse der vorliegenden Ausführungen auf Rahmenbedingungen, die sich aus den dargelegten Gesetzen, Verordnungen und rechtlichen Normen ergeben. Diese, bzw. deren gerichtliche Auslegung, können sich ändern. Die Ausführungen können dahingehend nicht den Anspruch erheben, eine Rechtsberatung zu ersetzen und darf auch ausdrücklich nicht als eine solche verstanden werden.

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)
im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) und der Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ vom 22. Juli 2020.

Im Auftrag des:



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
1.1	Hintergrund	5
1.2	BISKO-Standard	5
1.2.1	Erneuerbare Energien	6
1.2.2	Kaminkehrerdaten	6
1.2.3	Territorialer Ansatz im Mobilitätsbereich	6
1.2.4	Datengüte	7
2.	Energiebilanz	8
2.1	Endenergieverbrauch	8
2.1.1	Endenergieverbrauch nach Energieform	9
2.1.2	Endenergieverbrauch nach Sektoren	10
2.2	THG- Emissionen	12
2.2.1	THG-Emissionen nach Energieformen	12
2.2.2	THG-Emissionen nach Sektoren	13
2.2.3	THG-Emissionen der Landwirtschaft	14
2.3	Zusammenfassung	14
3.	Restbudget	16
3.1	Was ist das Restbudget?	16
3.2	Methodik und Annahmen	16
3.2.1	Berechnungsansatz	16
3.2.2	Kompensationsleistungen	17
3.3	Erforderliche Reduktion der THG-Emissionen	18
3.3.1	Exkurs zu Kompensationen	20
3.4	Zusammenfassung	21
	Verwendete Abkürzungen	22
	Abkürzungen allgemein	22
	Abkürzungen für Namen	22
	Literatur- und Quellenverzeichnis	23
	Abbildungsverzeichnis	25
	Tabellenverzeichnis	25
	Anhang 1	26
	Anhang 2	27
	Anhang 3	28

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Energie- und THG-Bilanz stellt die Grundlage für jede umfassende Klimaschutzarbeit dar. Über die Ermittlung des Status-quos der Energieverbräuche und der THG-Emissionen in den einzelnen Sektoren und Energieformen wird deutlich, in welchen Bereichen Klimaschutzaktivitäten besonders zielführend und notwendig sind. Über die Analyse der bisherigen Verbrauchsentwicklung in den vergangenen Jahren wird deutlich, wo bereits Veränderungen stattgefunden haben und welche Auswirkungen ein „Weiter so“ des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen hätte. Über eine regelmäßige Fortführung der Bilanz werden Auswirkungen der Klimaschutzarbeiten, wie z.B. die Umstellungen auf eine nachhaltige Energieversorgung, sichtbar.

Seit 2017 ist der Klimaschutzplaner in Deutschland etabliert. Mit der Entwicklung des Klimaschutzplaners wurde eine deutschlandweite Bilanzierungsmethodik, die Bilanzierungssystematik Kommunal, kurz BSKO, für kommunale Energie- und THG-Bilanzen festgeschrieben. Die Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Bayreuth folgt dieser Methodik nach BSKO-Standard. Die Bilanz wird für die Jahre 1990, 2010 und 2019 anhand des Klimaschutzplaners aufgestellt.

1.2 BSKO-Standard

Durch den neuen BSKO-Standard ist festgelegt, in welcher Art und Weise die Auswertung erfolgen muss um eine tatsächliche Vergleichbarkeit der Daten auf Bundesebene zu ermöglichen.

So wird die Energiebilanz grundsätzlich als **endenergiebasierte Territorialbilanz ohne Witterungsbereinigung** durchgeführt. Vor 2017 diente die Witterungsbereinigung einer deutschlandweiten Vereinheitlichung der klimatischen Verhältnisse für einen besseren Vergleich der Energieverbräuche. Mit Entwicklung des BSKO-Standards wurde dieses Kriterium abgeschafft, da es die Realität verzerrt, ohne den tatsächlichen Effekt neutralisieren zu können (IFEU, 2014). Die CO₂-Emissionen sind als **CO₂-Äquivalente inklusive Vorkette (LCA)** zu berechnen. Im Folgenden wird die Bilanzierung der CO₂-Äquivalente auf Grund der vereinfachten Schreibweise als THG-Bilanz (Bilanz der Treibhausgas-Emissionen) benannt. Der Strom muss in der Basisbilanz nach **bundesdeutschem Mix** berechnet werden. Die erneuerbare Stromerzeugung vor-Ort ist bereits im bundesdeutschen Strommix enthalten. Eine gesonderte Anrechnung findet nicht statt, da somit eine Doppelbilanzierung bestehen würde. Durch die lokale nachhaltige Stromproduktion kann jedoch der regionale Deckungsgrad ausgewiesen werden.

1.2.1 Erneuerbare Energien

Die Stromproduktion durch erneuerbare Energien innerhalb des Stadtgebietes wird über die Einspeisedaten beim regionalen Energieversorger erhoben und als lokale Energieerzeugung bilanziert.

In die Berechnung der nachhaltigen Wärmeversorgung fließen sowohl die Kaminkehrerdaten für die Anteile der Wärmeversorgung durch Biomasse (Holz, Hackschnitzel, Pellets) wie auch die geförderten Anlagen durch das Marktanreizprogramm des BAFA für Wärmepumpen, Solarthermieanlagen und auch Biomassekessel mit ein (BAFA 2021). Die Auswertung erfolgt im Klimaschutzplaner.

1.2.2 Kaminkehrerdaten

Für die Jahre 2010 und 2019 werden die Kaminkehrerdaten hinterlegt. Durch diese Detaillierung im Wärmesektor werden die Verbrauchsmengen der leitungsungebundenen Energieträger (Heizöl, Flüssiggas, Holz...) stadtgebietstreu ermittelt. Durch die Angabe der vorhandenen Heizkessel nach Energieträger und Leistungsklasse erfolgt eine genauere Abbildung der Energieverbräuche im Klimaschutzplaner. Die Verbrauchsmengen der leitungsgebundenen Energieträger (Strom, Erdgas, Fernwärme) werden durch die Energieversorgungsunternehmen bereitgestellt.

1.2.3 Territorialer Ansatz im Mobilitätsbereich

Mit Erstellung des Klimaschutzplaners und der Einführung der BSKO-Methode wurde vom IFEU der territoriale Ansatz für den Verkehr entwickelt. Über diesen Ansatz werden alle Fahrten innerhalb des Stadtgebietes berücksichtigt. Das heißt, neben dem innerstädtischen Verkehr, finden auch Ein- und Auspendler sowie der Durchgangsverkehr (Autobahn) Berücksichtigung. Gleiches gilt für die Bahnstrecke. Anteilig der Schienen auf Bayreuther Stadtgebiet wird der Zugverkehr für die Stadt berechnet. Die Ermittlung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen durch das Verkehrsaufkommen wird vom IFEU auf Basis des TREMOD Modelles (Transport Emission Model) berechnet und im Klimaschutzplaner zur Verfügung gestellt (BSKO 2019). Daten zum ÖPNV und der kommunalen Flotte werden gesondert eingetragen.

TREMOD:

Das Emissionsberechnungsmodell „TREMOD“ (Transport Emission Model) bildet den motorisierten Verkehr in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche und den zugehörigen Klimagas- und Luftschadstoffemissionen für den Zeitraum 1960 bis 2018 und in einem Trendszenario bis 2050 ab. (www.ifeu.de/methoden-tools/modelle/tremod)

- DETAILLIERTE DARLEGUNG: IFEU, 2017

1.2.4 Datengüte

Zur besseren Einordnung der Datengrundlagen und der Aussagekraft der Ergebnisse wurde die Bestimmung der Datengüte im Klimaschutzplaner eingeführt. Jede Dateneingabe wird nach ihrer Wertigkeit eingestuft. So wird deutlich wie regionalgetreu die Bilanz ist. Laut Klimaschutzplaner ist bei einer gesamten Datengüte unter 0,5 die Aussagekraft der Datenlage und der damit ermittelten Ergebnisse gering. Mit einer gesamten Datengüte von 0,5 bis 1,0 wird die regionale Bilanz gut bis sehr gut abgebildet. Ab einer Datengüte von 0,75 kann die gesamte Datengrundlage als sehr gut gewertet werden. Eine Datengüte von 1,0 ist für einzelne Energieträger und auch Sektoren möglich, jedoch für eine Gesamtbilanz aktuell nicht erreichbar (KSP 2021). Für die Stadt Bayreuth haben sich folgende Datengüten ergeben:

Kriterien und Wertung der Datengüte nach Klimaschutzplaner:

0,00	Bundesdurchschnittsdaten
0,25	Regionale Daten von Landesebene runtergerechnet
0,50	Regionale Daten hochgerechnet
1,00	Primärstatistische lokale Daten

Tab. 1: Datengüte der Energiebilanz für die Stadt Bayreuth nach Sektoren und Jahren

	Gesamt	Stationär	Verkehr
1990	0,47	0,53	0,25
2010	0,81	0,88	0,50
2019	0,82	0,90	0,51

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

2. Energiebilanz

2.1 Endenergieverbrauch

In Abb. 1 wird die gesamte Endenergieverbrauchsentwicklung im Stadtgebiet Bayreuth nach Energieträgern dargestellt.

Die Verbrauchsentwicklung von 1990 bis 2019 zeigt eine Zunahme des Endenergieverbrauchs um 23 % von rund 1.820 GWh auf 2.230 GWh. Im Zeitraum von 2010 bis 2019 ist ein Rückgang des Endenergieverbrauchs um 7 % zu verzeichnen, gleichzeitig ist die Einwohnerzahl von 72.683 EW 2010 auf 74.783 EW 2019 gestiegen. Trotz dieser Zunahme der Bevölkerung um 2,8 % ist der Energieverbrauch gesunken. Der Pro-Kopf-Verbrauch an Endenergie hat sich somit um 9,6 % verringert und liegt 2019 nun bei 29,7 MWh/a.

Aufgrund einiger fehlender Daten für das Jahr 1990 (Kaminkehrerdaten, Fernwärme und Nahwärmeangaben, Verkehr als rein statistische Rückrechnung) liegt die Datengüte 1990 bei nur 0,47. Diese geringe Datengüte zeigt, dass die Werte von 1990 nicht vollständig belastbar sind und nur zur Orientierung herangezogen werden können. Eine Übersicht der Verbrauchszahlen nach Energieträgern und Jahren befindet sich im Anhang.

Wichtigste Ergebnisse:

Endenergie 1990-2019: 23 %

Endenergie 2010-2019: -7 %

Pro-Kopf 2010-2019: -10 %

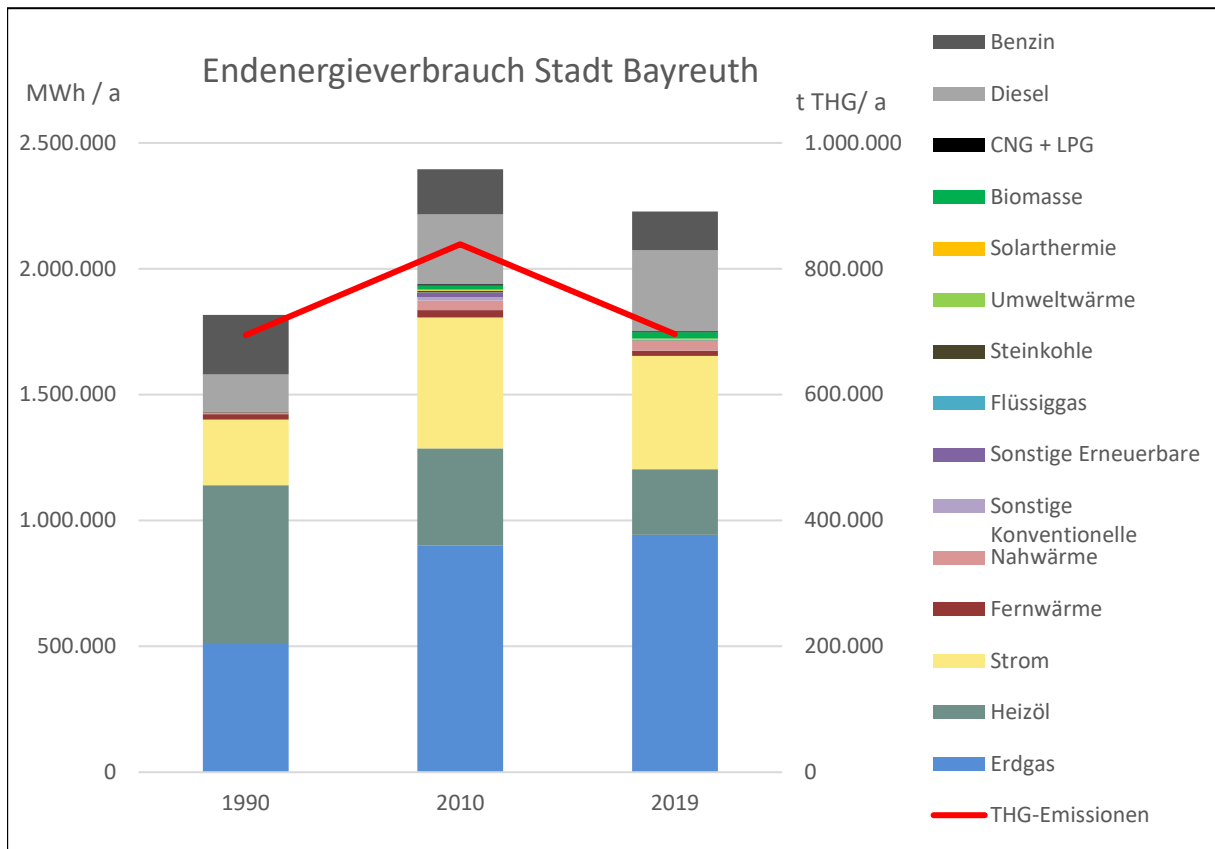


Abb. 1 Endenergieverbrauch 1990-2019 nach Energieträgern
(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF NACH AUSWERTUNG KSP - KLIMASCHUTZPLANER)

2.1.1 Endenergieverbrauch nach Energieform

Der Endenergieverbrauch wird in die drei Nutzungsformen Strom, Wärme und Kraftstoffe unterteilt.

Mit einem Anteil von 58 % hält der Wärmeverbrauch den größten Anteil am Endenergieverbrauch. Strom und Kraftstoffe halten nahezu die gleichen Anteile.

Seit 1990 hat der Endenergieverbrauch insgesamt um 23 % zugenommen. In den Jahren seit 2010 hat nur noch der Energieverbrauch des Verkehrs zugenommen (Kraftstoffe 4 %). Der Stromverbrauch ist um 14 % rückläufig, die Wärmeenergie um 8 %.

Es ist zu erwarten, dass sich der starke Rückgang im Stromverbrauch in den nächsten Jahren aufgrund der wachsenden Elektromobilität (PKW und E-Bikes) und Wärmeerzeugung über Strom (Wärmepumpen, industrielle Prozesse) deutlich abschwächen wird.

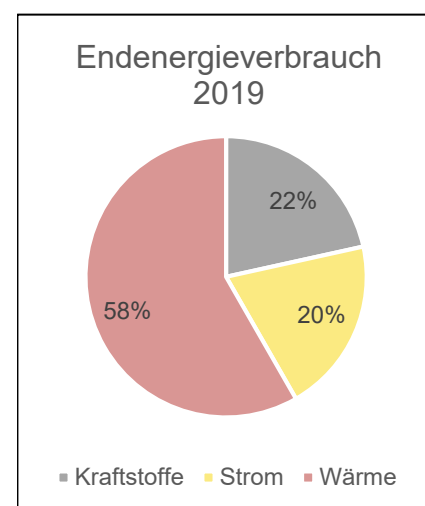


Abb. 2 Anteile nach Energieform 2019

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

Tab. 2 Endenergieverbrauch nach Energieform

	MWh			Entwicklung	
	1990	2010	2019	'90-'19	'10-'19
Kraftstoffe	384.734	461.522	479.659	25%	4%
Strom	260.773	519.417	449.198	72%	-14%
Wärme	1.170.691	1.414.507	1.298.907	11%	-8%
Gesamt	1.816.198	2.395.446	2.227.764	23%	-7%
Pro-Kopf	25,10	32,96	29,79	19%	-10%

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

2.1.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren

Erläuterung der Sektoren:

- HH: enthält alle privaten Haushalte
- KE: Kommunale Einrichtungen umfassen die städtischen Verwaltungsgebäude, Veranstaltungsgebäude und Schulen. Diese sind für 2019 gesondert ausgewiesen. In den Jahren 1990 und 2010 sind diese im Sektor GHD enthalten.
- GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen enthält alle öffentlichen und gewerblichen, kleinen und mittelständischen Unternehmen.
- I + GV: Industrie und Großverbraucher enthält neben produzierenden industriellen Energieverbrauchern auch weitere Großverbraucher (Schwimmbäder, Universität, Kliniken, Landratsamt) welche nach RLM (registrierte Leistungsmessung) bei den Energieverbrauchern gelistet sind.
- Verkehr: Verkehr enthält zusätzlich zu den Kraftstoffen auch einen aktuell geringen Anteil des Stroms auf Grund der Elektromobilität, primär im Schienenverkehr.

46 % des Endenergieverbrauchs entfallen auf die Wirtschaft untergliedert in GHD (14 %), I+GV (29 %) und dem geringen Anteil der kommunalen Einrichtungen von 3 %. Auf die privaten Haushalte entfallen immer noch 33 %, 21 % auf den Verkehr.

Aufgrund der Komplexität der Abrechnung und Zuordnung einzelner Betriebe und Institutionen zu GHD und/oder Industrie-Großverbraucher, werden diese Sektoren weitestgehend zusammen betrachtet. Der Anteil Energieverbrauch für rein produzierende Industrie kann 2019 auf ca. 13 % geschätzt werden.

Die Datenlage von 1990 ist wie eingangs beschrieben nicht vollständig. Der starke Anstieg des Verbrauchs gerade im Sektor I+GV kann dem geschuldet sein. Die sehr gute Datenlage von 2010 und 2019 gibt hingegen eine große Einsparung in diesem Zeitraum wieder. Es ist davon auszugehen, dass gerade im Bereich der Wirtschaft Einsparungspotenziale erkannt und umgesetzt wurden (vgl. Einsparung Strom 14 %).

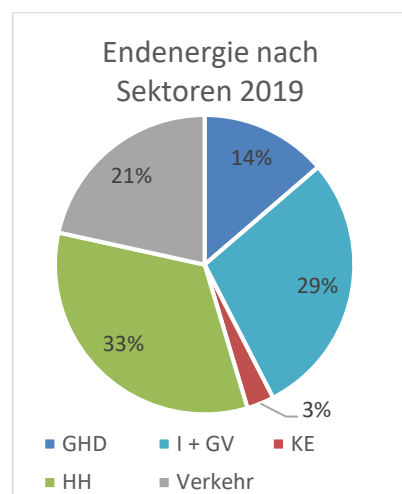


Abb. 3 Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

Tab. 3 Endenergieverbrauch in den Sektoren

Sektoren	Endenergie [MWh]			Entwicklung	
	1990	2010	2019	'90 - '19	'10 - '19
GHD	367.934	360.811	305.191	1% (inkl. KE)	3% (inkl. KE)
I + GV	372.481	858.799	640.060	72%	-25%
KE	0	0	65.369		
HH	689.635	714.314	737.186	7%	3%
Verkehr	386.148	461.522	479.959	24%	4%
Gesamt	1.816.198	2.395.446	2.227.764	23%	-7%

(QUELLE: EIGENE BEARBEITUNG EVF 2022)

2.2 THG- Emissionen

Die THG-Emissionen sind an die verwendeten Energieträger gekoppelt. So schlägt sich die Substitution fossiler durch erneuerbare Energieträger deutlich in der THG-Bilanz nieder. Eine verstärkte Reduktion der Emissionen gegenüber der Entwicklung des Endenergieverbrauchs ist die Folge.

Wichtigste Ergebnisse:

THG-Emissionen 1990 zu 2019: 0,3 %

THG-Emissionen 2010 zu 2019: -17 %

Pro-Kopf 2010 zu 2019: -19 %

Der Endenergieverbrauch hat im Vergleich der Jahre 1990 und 2019 um 23 % zugenommen, die THG-Emissionen befinden sich hingegen auf nahezu gleichem Niveau (1990 zu 2019 0,3 %). Im Zeitraum von 2010 zu 2019 ist eine Reduktion um 17 % zu verzeichnen, bei einer gleichzeitigen Reduzierung des Endenergieverbrauchs um 7 %.

Die THG-Emissionen pro-Kopf verzeichnen in diesem Zeitraum einen Rückgang von 19,3 % von 11,5 t THG-Emissionen pro-Kopf auf 9,31 t.

2.2.1 THG-Emissionen nach Energieformen

Die Aufteilung der THG-Emissionen nach Energieformen verdeutlicht bereits die große Bedeutung des Stroms für die THG-Bilanz einer Region auf Grund der hohen Emissionswerte (dt. Strommix 2010 599 g/kWh, 2019 451 g/kWh (KSP 2021A)). Nach BISKO werden die Emissionen des Stroms nach Bundesmix berechnet, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Kommunen herzustellen. In der Betrachtung der Endenergie hält der Sektor Strom mit 20 % den nahezu gleichen Anteil wie Verkehr. In der Analyse der THG-Emissionen liegt er mit 31 % deutlich vor dem Sektor Verkehr.

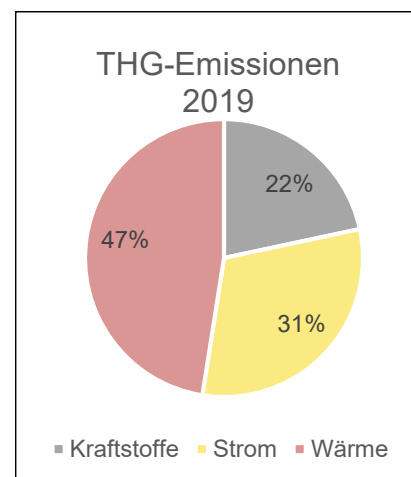


Abb. 4 Anteile der Energieformen an den THG Emissionen 2019

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

Durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien im bundesdeutschen Strommix wird das große Potenzial der nachhaltigen Stromerzeugung bereits erkennbar. In der Entwicklung der THG-Emissionen werden im Sektor Strom die größten Einsparungen erzielt. Im Vergleich der Jahre 2010 zu 2019 ist eine Reduzierung der strombedingten THG-Emissionen von 33 % zu verzeichnen (vgl. Tab. 4).

Im Sektor Wärme werden die THG-Emissionen primär durch die Umschichtung der fossilen Energieträger Heizöl zu Erdgas geprägt. Gerade der Heizölverbrauch sinkt seit 2010 merklich ab (32 %). Jedoch steigen auch die erneuerbaren Energien zur Wärmergewinnung wie Holz, Biogas, Wärmepumpen und Solarthermie deutlich an (47 %) (vgl. Anhang 1).

Der Kraftstoffverbrauch und die damit verbundenen THG-Emissionen haben seit 1990 um 21 % zugenommen. In den letzten Jahren 2010 zu 2019 ist eine leichte Zunahme von 5 % in den Jahren zu verzeichnen.

Tab. 4 THG-Emissionen nach Energieform

Energieform	THG-Emissionen [t]			Entwicklung	
	1990	2010	2019	'90-'19	'10-'19
Kraftstoffe	124.312	143.793	150.765	21%	5%
Strom	227.394	318.922	214.717	-6%	-33%
Wärme	342.933	376.250	330.930	-4%	-12%
Gesamt	694.638	838.965	696.411	0%	-17%
Pro-Kopf	9,60	11,54	9,31	-3%	-19%

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

2.2.2 THG-Emissionen nach Sektoren

Bei der Verteilung der THG-Emissionen nach Sektoren zeigen die Anteile ein ähnliches Bild wie bei der Verteilung des Endenergieverbrauchs. Grund hierfür ist die ausgewogene Verteilung des Stromverbrauches, da keine stromaffin produzierende Industrie in Bayreuth angesiedelt ist.

Im Bereich der Wirtschaft ist in den Jahren von 2010 zu 2019 ein Rückgang der THG-Emissionen von 22 % bei GHD und bei Industrie und Großverbrauchern sogar um 38 % zu verzeichnen. Auf die privaten Haushalte entfallen Einsparungen in Höhe von 6 % der THG-Emissionen. Einzig der Sektor Verkehr verzeichnet eine Zunahme von 5 %.

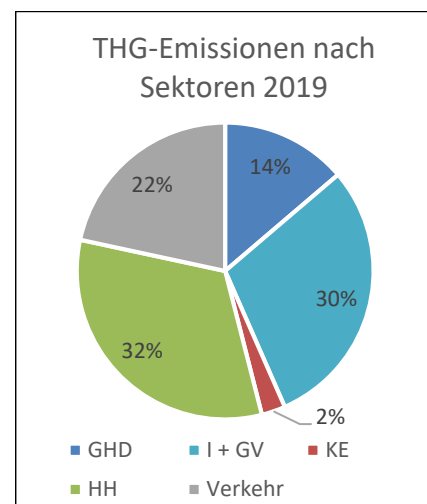


Abb. 5 THG-Emissionen nach Sektoren

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

Tab. 5 THG-Emissionen nach Sektoren

Sektoren	THG-Emissionen [t]			Entwicklung	
	1990	2010	2019	'90 - '19	'10 - '19
GHD	138.276	121.534	94.881	-31%	-22%
I + GV	166.754	333.995	206.985	24%	-38%
KE	0	0	17.955		
HH	264.064	239.644	225.683	-14%	-6%
Verkehr	125.544	143.793	150.908	20%	5%
Gesamt	694.638	838.965	696.411	0%	-17%

2.2.3 THG-Emissionen der Landwirtschaft

Nach BSKO-Standard werden die energiebedingten THG-Emissionen (Strom, Wärmeerzeugung und Kraftstoffe) gewertet. THG-Emissionen durch landwirtschaftliche Tierhaltung (Methanproduktion) und Feldbewirtschaftung (Dünger) sind darin nicht berücksichtigt. Als nachrichtliche Ergänzung werden diese Werte jedoch überschlägig anhand der Tierzahlen und landwirtschaftlichen Nutzfläche im Klimaschutzplaner erhoben. Es handelt sich um durchschnittliche Emissionswerte, die tatsächliche Bewirtschaftungsform (konventionell oder ökologisch) ist dabei nicht berücksichtigt.

Demnach fallen 2.995 t THG-Emissionen durch Bodenbewirtschaftung und 6.308 t durch Tierhaltung an. Die insgesamt 9.303 t THG-Emissionen entsprechen 1,3 % der energetisch bedingten THG-Emissionen im Jahr 2019.

2.3 Zusammenfassung

Die Gesamtentwicklung der Energie- und THG-Bilanz zeigt in den Jahren 2010 zu 2019 im Endenergieverbrauch einen Rückgang von 7 % (0,77 %/a), die THG-Emissionen sind stärker rückläufig mit 17 % (1,89 %/a). Da die Bayreuther Einwohnerzahl jährlich etwas steigt, reduzieren sich die pro-Kopfwerte im selben Zeitraum: Endenergieverbrauch pro-Kopf - 10 %, THG-Emissionen pro-Kopf - 19 %.

Im Vergleich zu den pro-Kopfverbräuchen für ganz Deutschland weist Bayreuth mit 29,7 MWh/a einen leicht besseren Endenergieverbrauch auf (Deutschland 30,3 MWh 2019 (UBA 2021)¹). Bei den THG-Emissionen liegt der Bayreuther pro-Kopf-Wert jedoch leicht oberhalb des bundesdeutschen Durchschnitts (9,3 t zu 8,1 t (KSP 2021B)²). Eine Ursache hierfür liegt im geringen Anteil der erneuerbaren Energien auf Stadtgebiet und des hohen Anteils

Pro-Kopfverbräuche 2019:	
Bayreuth	29,7 MWh/a
Deutschland	30,3 MWh/a
Bayreuth	9,3 t THG/a
Deutschland	8,1 t THG/a
(QUELLE: KSP 2021B, UBA 2021)	

¹ Auslese für Bayreuth anhand der Indikatoren des Klimaschutzplaners. Berücksichtigt ist die Endenergie aller Sektoren und Energieformen. Der Pro-Kopfwert für gesamt Deutschland ist der Grafik „Endenergieverbrauch 2019 nach Sektoren und Energieträger“ des Bundesumweltamtes entnommen (UBA 2021) – Anhang 2.

² Über die Indikatorenauslese des KSP werden die Gesamttreibhausgasemissionen für die Stadt Bayreuth (9,3 t/EW) und für ganz Deutschland ausgegeben (8,1 t/EW). Diese Werte beziehen sich auf die Kriterien nach BSKO. Das UBA gibt für 2019 einen Wert von 9,7 t/EW an (UBA 2021A).

fossiler Energien – Deckungsgrad erneuerbare Energien Wärme 2,9 %, Erneuerbare Energien Strom 7,1 %.

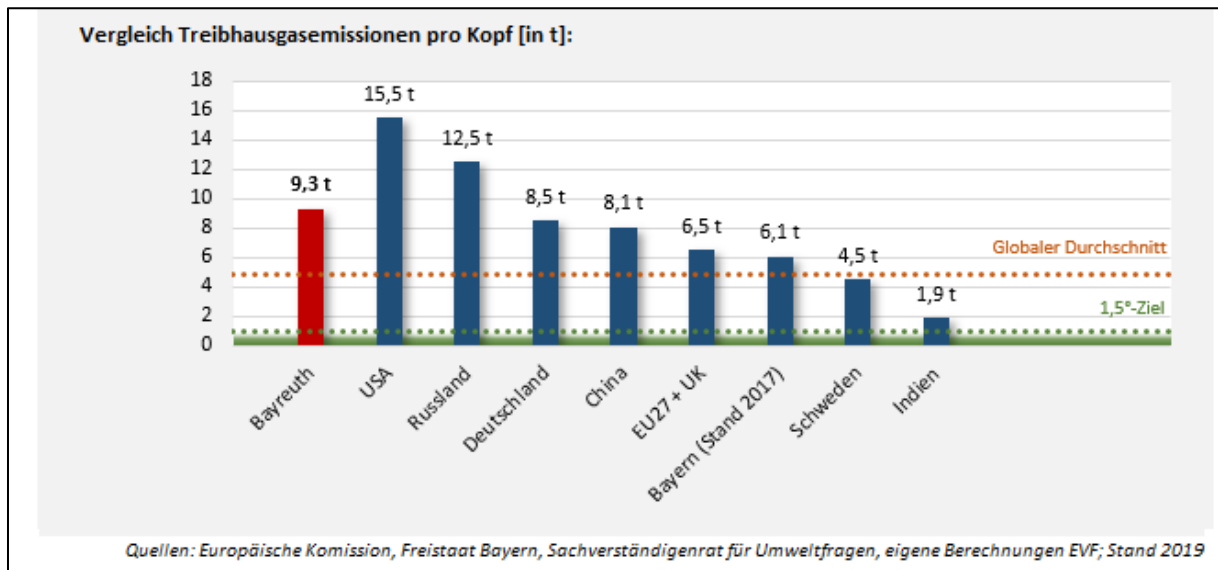


Abb. 6 Vergleich THG-Emissionen pro Kopf und Länder

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

3. Restbudget

3.1 Was ist das Restbudget?

Über den Restbudgetansatz wird ermittelt wieviel THG-Emissionen noch emittiert werden dürfen, bevor die Erreichung des 1,5°C-Zieles nicht mehr möglich ist. Die Ermittlung, Folgen etc. sind in Kapitel 2 des Umweltgutachten 2020 des SRU (Sachverständigen Rat für Umweltfragen) ausführlich dargestellt (SRU 2020). Im Zuge der Energiebilanz für die Stadt Bayreuth soll einzig auf die Bedeutung des Restbudgets für die Stadt und die notwendigen Klimaschutzaktivitäten eingegangen werden. Nach Ermittlungen des SRU stehen ab 2020 noch ca. 30 t/Einwohner³ zur Verfügung, das bedeutet für Bayreuth noch 2,3 Millionen Tonnen THG-Emissionen dürfen emittiert werden. Rund 30 % des Restbudgets werden durch die aktuellen Emissionen bereits jährlich verbraucht. Schnelles Handeln ist notwendig!

3.2 Methodik und Annahmen

3.2.1 Berechnungsansatz

In den Jahren 2010 zu 2019 konnte eine Reduzierung der THG-Emissionen von 2,2 % verzeichnet werden. Dieser Trend wird nun für die weitere Betrachtung in einer linearen Reduktion in der Energieeinsparung fortgesetzt.

In einem weiteren Schritt wird untersucht, welche Einsparungen erforderlich sind um eine Klimaneutralität – vollständige Einsparung klimaschädlicher Emissionen - bis in das Jahr 2038 zu erreichen und welchen Beitrag Kompensationen leisten können und müssen.

³ Zu Grunde gelegt wird die Erreichung des 1,5°C-Zieles mit einer 67% Eintrittswahrscheinlichkeit (SRU 2020, S.46); das globale Restbudget wird pro-Kopf verteilt. Danach verbleiben für Deutschland ab 2020 2,522 Gt CO₂. Für die Stadt Bayreuth mit 74.783 Einwohner (Stand 2020) ergeben sich dadurch 2,3 Mio t CO₂. Siehe Anhang 3.

3.2.2 Kompensationsleistungen

Regionaler Strommix

Nach BSKO-Standard wird der Stromverbrauch einer Kommune anhand des bundesdeutschen Strommixes berechnet. Regional vorhandene Anlagen zur Stromerzeugung sind bereits in den bundesdeutschen Strommix integriert. Der externe Einkauf von Ökostrom bleibt jedoch unberücksichtigt. Exemplarisch werden nun die THG-Emissionen des Stromverbrauches unter Berücksichtigung des durch die Stadtwerke Bayreuth gehandelten Ökostroms berechnet. Alle Kunden der Stadtwerke Bayreuth beziehen 100 % Ökostrom, dieser ist nach Stromkennzeichnung mit 0,0 t THG-Emissionen pro MWh zu verrechnen. Aufgrund der weiteren Stromlieferungen (z.B: Grundversorgung) entfallen auf die Stromlieferungen durch die Stadtwerke Bayreuth 0,083 t/MWh. Der bundesdeutsche Strommix lag 2019 bei 0,478 t/MWh. Der Anteil des Stromverbrauches durch Kunden der Stadtwerke Bayreuth liegt bei ca. 46 %. Dieser Anteil wird in der folgenden Betrachtung des Restbudgets als Kompensationsleistung zur Minderung der THG-Emissionen angerechnet. Für die Stromverbrauchsmengen der Kunden anderer Stromanbieter kann keine Aussage über die Art der Stromtarife getroffen werden, mitunter sind auch hier Ökostromtarife enthalten. Dieser Anteil wird weiterhin mit dem Strommix Deutschlands berechnet (0,478 t/MWh).

Stromkennzeichnung:

Abweichend zur BSKO-Methode wird der Ökostrom in der Stromkennzeichnung von Stadtwerken mit 0,00 g/kWh angesetzt und die Produktionsemissionen (LCA) nicht berücksichtigt. Auch bei der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien werden geringfügig Emissionen durch die Herstellung der Anlagen verursacht. So sind nach Gemis z.B. 0,0105 t/MWh für Windenergie und 0,0027 t/MWh für Wasserkraft angesetzt (UBA 2019). Diese sind in der Nebenbetrachtung als Kompensationsleistung nicht berücksichtigt.

Ökogas

Der Erdgasabsatz der Stadtwerke (56% Anteil am gesamten Erdgasverbrauch innerhalb der Stadt Bayreuth) ist durch weltweite Kompensationsleistungen der Stadtwerke als 100 % Ökogas zertifiziert. In der Betrachtung des Restbudgetansatzes wird der Anteil des Erdgases als Kompensationsleistung angerechnet.

3.3 Erforderliche Reduktion der THG-Emissionen

In den vergangenen Jahren fand eine Reduktion der THG-Emissionen von jährlich 2,3 % statt. Bei einer gleichbleibenden Entwicklung der THG-Emissionen ist das Bayreuther Restbudget bereits 2024 aufgebraucht (Abb. 7) und eine Klimaneutralität nicht absehbar.

Für eine Klimaneutralität bis 2038 (Erreichung des 1,75 C – Zieles) muss eine deutlich verstärkte Reduktion der jährlichen THG-Emissionen erreicht werden. In dem folgenden rechnerischen Ansatz wird mit einer vollständigen Erreichung eines Null-THG-Emissionen-Ausstoßes gerechnet. Anhand der linearen Berechnung für die erforderliche THG-Emissionsminderung wird deutlich, dass eine jährliche Einsparung von 5,6 % (entspricht 36.960 t) gegenüber dem Ausgangsjahr 2021 notwendig ist, um 2038 klimaneutral zu sein. Das Restbudget ist dann jedoch bereits weiterhin innerhalb des Jahres 2024 aufgebraucht.

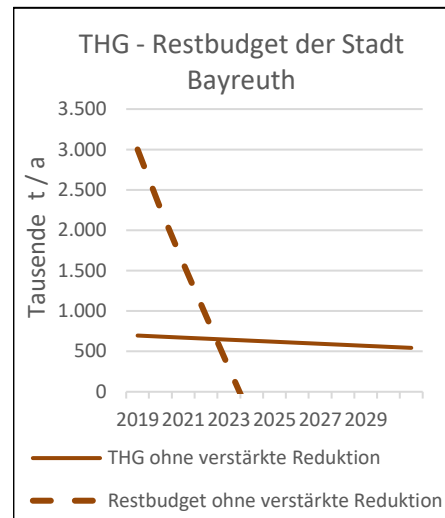


Abb. 7 Restbudget aktuelle Entwicklung

(QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG EVF)

Bei der Betrachtung der THG-Emissionen können auch die Kompensationen (Ausgleichsmaßnahmen), wie der Einkauf von Ökostrom und Ökogas der Stadtwerke Bayreuth, berücksichtigt werden. Durch diese Kompensationen werden die jährlichen THG-Emissionen deutlich reduziert und die „Reichweite“ des Restbudgets verlängert. Immerhin bis Ende 2025 reicht dann das der Stadt Bayreuth zuzurechnende THG-Budget, bei einer gleichzeitigen jährlichen Reduktion um 5,6 %. In Abb. 8 sind alle bisher beschriebenen Szenarien des Restbudgets sichtbar.

Für eine Einhaltung des Restbudgets bis zum Erreichen der Klimaneutralität ist jedoch eine exponentielle Reduktion der THG-Emissionen erforderlich (Abb. 9). Über Einsparungen der THG-Minderung in einer Größenordnung von 15%-20 % jährlich bis 2025, kann im Anschluss eine Einsparung von durchschnittlich „nur noch“ 3 %/a erfolgen. Die Kurve der THG-Emissionen läuft dann bis 2038 gegen Null. Das Restbudgets kann durch verstärkte THG-Reduktionen in den in den kommenden 3 Jahren bis 2030 erhalten werden.

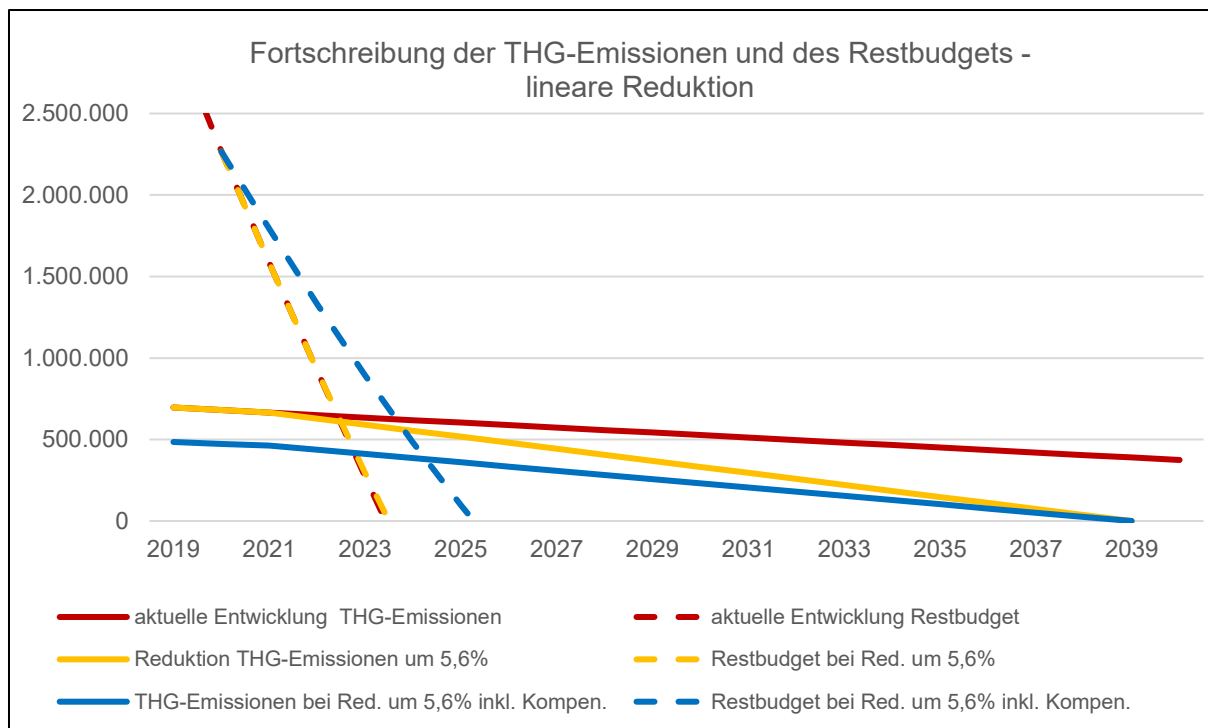


Abb. 8 Restbudget bei einer linearen Reduktion

(EIGENE DARSTELLUNG EVF)

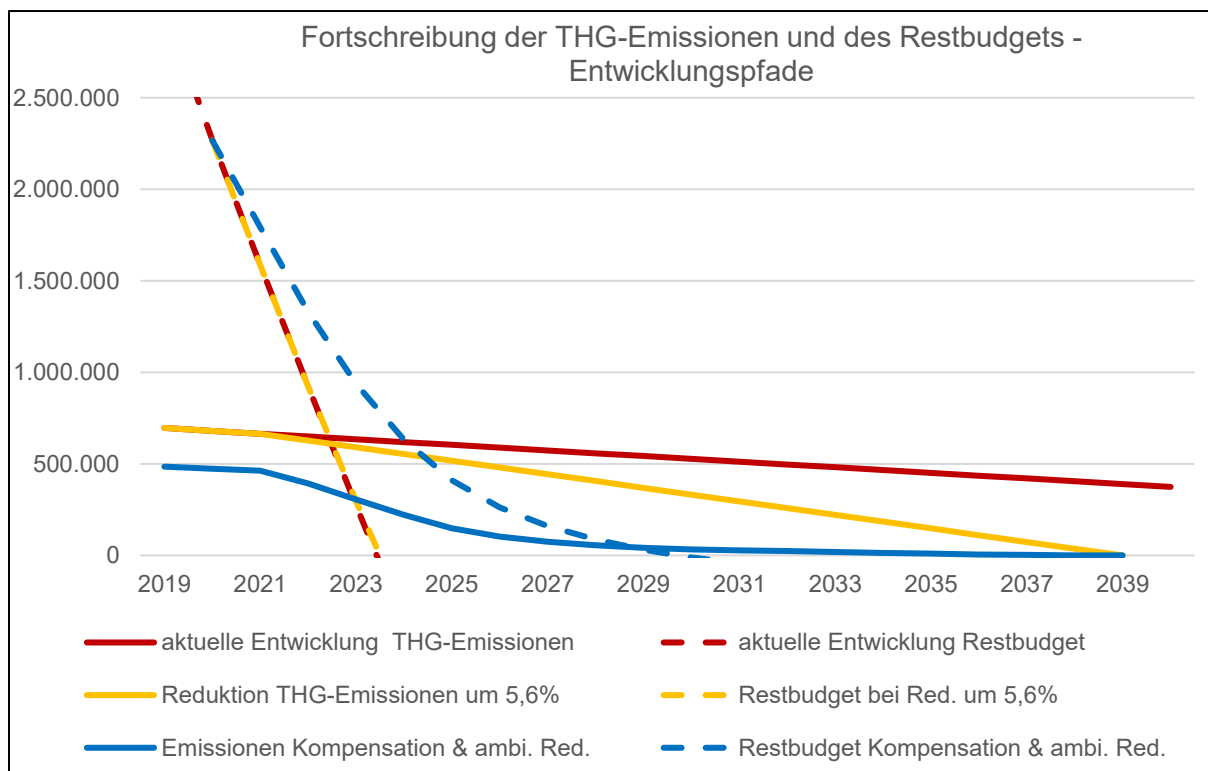


Abb. 9 Entwicklungspfade des Restbudgets

(EIGENE DARSTELLUNG EVF)

3.3.1 Exkurs zu Kompensationen

Die Inanspruchnahme von Kompensationsleistungen ist ein viel diskutiertes Thema, in welches Fragestellungen der Verantwortung und Fairness gegenüber anderen Ländern und Regionen mit hineinspielen. Ein „Freikaufen“ aus der Eigenverantwortung vor Ort ist nicht möglich, denn an erster Stelle steht stets die lokale Einsparung und Vermeidung von Energieverbräuchen und THG-Emissionen. Für die Substitution fossiler Energieträger gilt ebenfalls die Prämisse der Regionalität. Primär muss die Nutzung aller regional vorhandenen Potenziale ermöglicht werden. In einem zweiten Schritt, da eine Energieversorgung auch bei großen Einsparungen nicht über das eigene Stadtgebiet möglich ist, gilt es regionale Potenziale zu heben. Hier ist die Kooperation mit dem Landkreis Bayreuth ein wichtiger Bestandteil. Erst im Anschluss daran sollte eine schrittweise Erweiterung des Kompensationsradius erfolgen: bayernweit, deutschlandweit, europaweit. Für Städte ist es im Allgemeinen schwer bis unmöglich eine Klimaneutralität unter den aktuellen technischen Möglichkeiten zu erreichen. Gewisse Kompensationen sind notwendig und schaffen an anderer Stelle Kapazitäten für eine nachhaltige Entwicklung.

Wie bei vielen Themen der Nachhaltigkeit gilt auch im Falle von notwendigen Kompensationen der Leitgedanke:

**„so wenig wie möglich und das
Notwendige so regional wie
möglich!“**

3.4 Zusammenfassung

Die Entwicklung bzw. der Verbrauch des Restbudgets für die Stadt Bayreuth weist nur noch einen sehr kurzen Zeitrahmen auf. Ist das Budget weltweit aufgebraucht, ist die Einhaltung des 1,5° C-Zieles nicht mehr erreichbar.

- Für Bayreuth ist bei einer gleichbleibenden Entwicklung der THG-Emissionen das Restbudget bereits 2024 aufgebraucht.
- Unter der Berücksichtigung der aktuellen Kompensationen UND bei einer deutlich verstärkten Reduktion um 5,6 %/a ist eine Klimaneutralität 2038 möglich, eine Verlängerung des Restbudgets jedoch nur bis Mitte 2024.
- Eine „Erhaltung“ des Restbudgets bis zur Erreichung der Klimaneutralität ist auch durch verstärkte Einsparung der THG-Emissionen nicht ganz möglich. Werden in den Jahren bis 2025 jährlich zwischen 15 %-20 % der THG-Emissionen eingespart, flacht die Kurve des Restbudgets jedoch ab und reicht mit Einsparungen in den Folgejahren von durchschnittlich 3 % bis ins Jahr 2030.

Erforderliche Reduktion der jährlichen THG-Emissionen von **5,6 %** für eine Klimaneutralität bis 2038

Für einen Erhalt des Restbudgets bis 2030 ist eine Reduktion der THG-Emissionen von jährlich mindestens 15%-20 %/a bis 2025 erforderlich.

Verwendete Abkürzungen

Abkürzungen allgemein

BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
IKSK	Integriertes Klimaschutzkonzept
LCA	Life-Cycle-Analyses
RLM	Registrierte Leistungsmessung
THG	Treibhausgase
GHD	Gewerbe, Dienstleistung und Handel
GV	Großverbraucher
HH	Private Haushalte
I	Industrie
KE	Kommunale Einrichtungen

Abkürzungen für Namen

EVF	EVF - Energievision Franken GmbH
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen

Literatur- und Quellenverzeichnis

- BAFA 2021** Biomasseatlas, Solaratlas und Wärmepumpenatlas des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Auslese geförderter Anlagen im Landkreis Bayreuth, www.biomasseatlas.de, www.solaratlas.de, www.waermepumpenatlas.de [Letzter Zugriff: 12.10.2021]
- BISKO 2019** BISKO – Bilanzierungs-Systematik Kommunal, Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, Kurzfassung, H.Hertle et al, Heidelberg, November 2019
- IFEU 2014** Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, April 2014
- IFEU 2017** Bereitstellung von Eingangsdaten für den Bereich Verkehr zur BISKO-konformen kommunalen Treibhausgasbilanzierung mit dem Klimaschutz-Planer, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, März 2017
- IFEU 2020** Systematische Erfassung des Verkehrs in kommunalen Treibhausgasbilanzen, Fabian Bergk, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Online-Seminar 8.3.2021
- KSP 2021** Multiplikatorenschulung Klimaschutz-Planer, mündl. Auskunft Hr. Schwarz, KSP-Team, März 2021
- KSP 2021A** THG-Emissionswerte nach Gemis, Auslese aus der Bearbeitung und Auswertung für die Energie- und THG-Bilanz der Stadt Bayreuth, Klimaschutz-Planer – Internetbasierte Software zum Monitoring des kommunalen Klimaschutzes, 2021
- KSP 2021B** Vergleichszahlen nach Indikatoren, Auswertung für die Energie- und THG-Bilanz der Stadt Bayreuth, Klimaschutz-Planer – Internetbasierte Software zum Monitoring des kommunalen Klimaschutzes, 2021
- SRU 2020** Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa, Umweltgutachten 2020. Hrsg. v. Sachverständigenrat für Umweltfragen. Berlin
- UBA 2019** Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmungen der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018, Umweltbundesamt, Climate Change 37/2019, Dessau-Roßlau, Nov. 2019
- UBA 2021** Endenergieverbrauch 2019 nach Energieträgern und Sektoren, Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren#allgemeine-entwicklung-und-einflussfaktoren [Letzter Zugriff: 12.10.2021]

UBA 2021A Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, Umweltbundesamt,
www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung [Letzter Zugriff: 13.10.2021]

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Endenergieverbrauch 1990-2019 nach Energieträgern	(Quelle: eigene
Darstellung EVF nach Auswertung KSP - Klimaschutzplaner)	9
Abb. 2 Anteile nach Energieform 2019	9
Abb. 3 Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch	11
Abb. 4 Anteile der Energieformen an den THG Emissionen 2019	12
Abb. 5 THG-Emissionen nach Sektoren.....	13
Abb. 6 Vergleich THG-Emissionen pro Kopf und Länder	15
Abb. 7 Restbudget aktuelle Entwicklung.....	18
Abb. 8 Restbudget bei einer linearen Reduktion.....	19
Abb. 9 Entwicklungspfade des Restbudgets.....	19

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Datengüte der Energiebilanz für die Stadt Bayreuth nach Sektoren und Jahren	7
Tab. 2 Endenergieverbrauch nach Energieform	10
Tab. 3 Endenergieverbrauch in den Sektoren.....	11
Tab. 4 THG-Emissionen nach Energieform	13
Tab. 5 THG-Emissionen nach Sektoren	13

Anhang 1

Energieverbräuche und THG-Emissionen nach Energieträgern 1990, 2010 und 2019

ENDENERGIE [MWh]	1990	2010	2019
Benzin	236.452	179.189	154.194
Biomasse		17.090	25.494
CNG + LPG		4.535	4.162
Diesel	148.282	277.799	321.304
Erdgas	508.875	899.945	942.391
Fernwärme	20.534	29.709	20.861
Flüssiggas		1.292	1.193
Heizöl	631.791	387.084	261.785
Nahwärme	6.860	38.037	40.326
Solarthermie		4.007	5.666
Sonstige Erneuerbare		13.662	0
Sonstige Konventionelle		16.790	674
Steinkohle	2.631	6.683	80
Strom	260.773	519.417	449.198
Umweltwärme		208	438
Gesamt	1.816.198	2.395.446	2.227.764

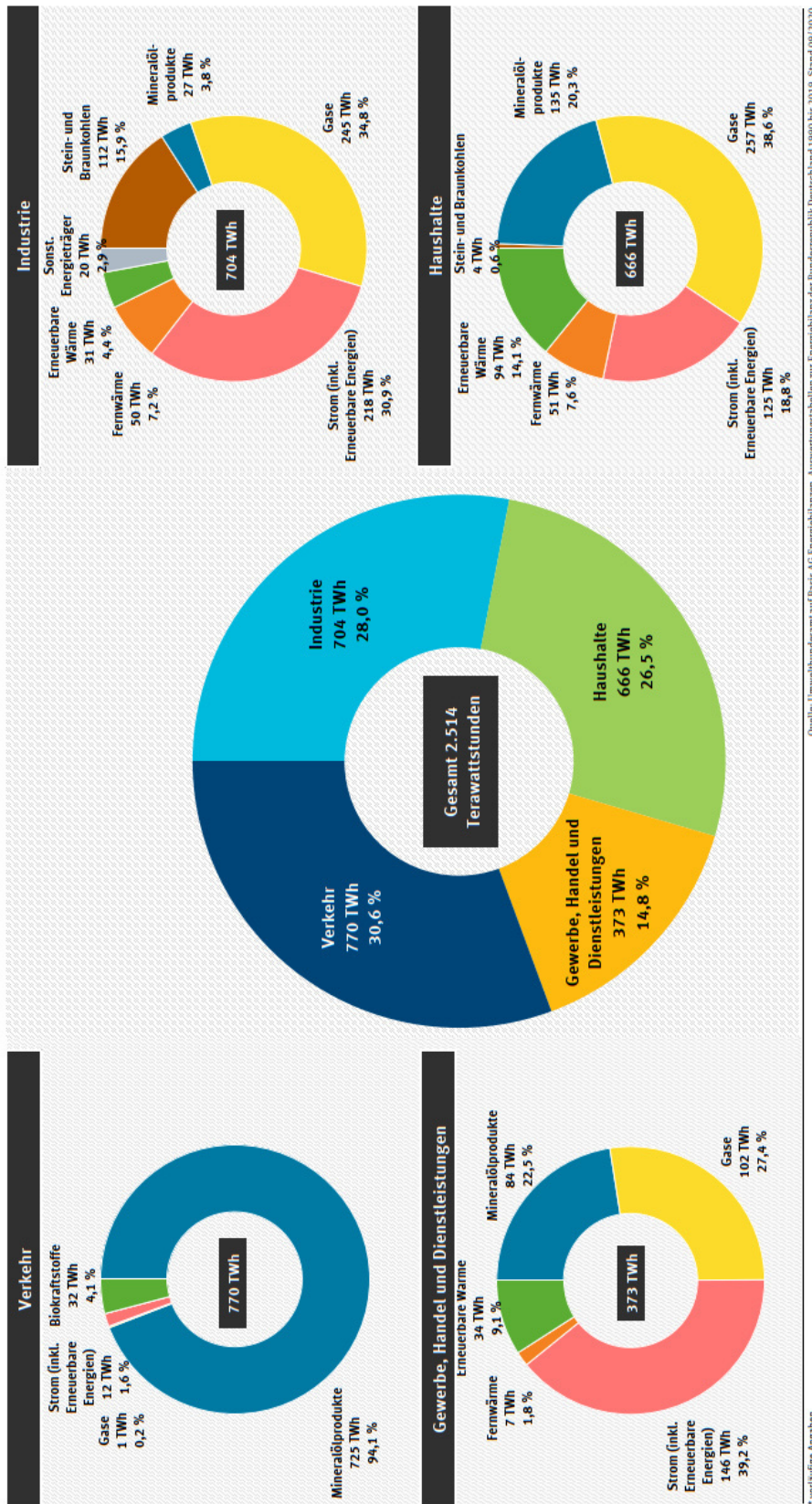
Datengüte	0,47	0,81	0,82
-----------	------	------	------

THG-Emissionen [t]	1990	2010	2019
Benzin	78.086	55.383	48.326
Biomasse		456	561
CNG + LPG		1.268	1.117
Diesel	46.225	87.142	101.322
Erdgas	130.781	224.986	232.771
Fernwärme	6.974	9.639	4.093
Flüssiggas		345	329
Heizöl	202.173	123.867	83.248
Nahwärme	1.784	7.968	9.465
Solarthermie		100	142
Sonstige Erneuerbare		342	0
Sonstige Konventionelle		5.541	222
Steinkohle	1.221	2.967	35
Strom	227.394	318.922	214.717
Umweltwärme		40	66
Gesamt	694.638	838.925	696.346

Datengüte	0,53	0,84	0,82
-----------	------	------	------

Anhang 2

Endenergieverbrauch 2019 nach Sektoren und Energieträgern*



* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanz, Auswertungsbildern zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2019, Stand 09/2020

QUELLE: UBA 2021

Anhang 3

Zusammenfassung der Berechnung des Restbudgets für Deutschland nach SRU 2020, S.52⁴

- 1) Zielsetzung ist die Erreichung einer 1,75 °C Erwärmung („deutlich unter 2°C“) mit 67 % Eintrittswahrscheinlichkeit: so bleiben ab 1.1.2018 800 Gt CO₂. Das 1,5 °-Ziel würde dann nur mit etwas mehr als einem Drittel Wahrscheinlichkeit erreicht, eine Temperatur von etwa +1,65 °C mit 50 % Wahrscheinlichkeit.
- 2) Dieser Wert wird auf 2016, das Jahr nach Inkrafttreten des Pariser Abkommens, zurückgerechnet: 800 Gt CO₂ + (2 fk (ungefähr) 41 Gt CO₂ für 2016 und 2017) = 882 Gt CO₂.
- 3) Es folgt die Aufteilung auf die Weltbevölkerung anhand der pro-Kopfverteilung. Deutschland erhält einen Anteil von 1,1 %, obwohl es zu 2,2 % zum CO₂ Ausstoß beiträgt: 882 Gt CO₂ fk 0,011 = 9,7 Gt CO₂ (ab 2016). (Eine internationale Klimagerechtigkeit wird dabei nichtberücksichtigt).
- 4) Deutschland emittierte 801 Mt CO₂ im Jahr 2016, 787 Mt CO₂ im Jahr 2017, 755 Mt CO₂ im Jahr 2018 (UBA 2020⁵) und voraussichtlich 706 Mt CO₂ im Jahr 2019. Insgesamt ergeben die Emissionen von 2016 bis 2019 rund 3.049 Mt CO₂. Somit verbleiben ab 2020: 9,7 Gt CO₂ – 3,0 Gt CO₂ = **6,7 Gt CO₂** ab 2020.

„Bei unverändertem Emissionsniveau wäre damit das berechnete deutsche CO₂-Budget im Jahr 2029 verbraucht, bei linearer Reduktion im Jahr 2038. [...] Die genannten Zahlen berücksichtigen nicht Deutschlands Anteil am internationalen Luft- und Schiffsverkehr. Würden diese einbezogen, wären die jährlichen Emissionen höher und das CO₂-Budget früher aufgebraucht“ (SRU 2020, S. 52).

Für eine Einhaltung des 1,5 °C-Ziels mit einer 67 % Wahrscheinlichkeit ist ein geringeres Restbudget für Deutschland vorhanden, dieses liegt ab 2020 bei **2,522 Gt CO₂**. Folgende Berechnung liegt dem zugrunde:

- 1) Orientierung an 1,5 °C Erwärmung mit 67 % Eintrittswahrscheinlichkeit: so bleiben ab 1.1.2018
 - **420 Gt CO₂** (SRU 2020, S. 46).

⁴ SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) 2020: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa, Umweltgutachten 2020, S.46 und 52. Hrsg. v. Sachverständigenrat für Umweltfragen. Berlin

⁵ UBA (Umweltbundesamt) 2020: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2018. Dessau-Roßlau: UBA.
http://cdr.eionet.europa.eu/Converters/run_conversion?file=de/eu/mmr/arto7_inventory/ghg_inventory/envxh8a_wg/2020-01-07_EU-NIR_2020_final.docx&conv=tohtml&source=local (30.01.2020)

- 2) Dieser Wert wird auf 2016 zurückgerechnet, das Jahr nach Inkrafttreten des Pariser Abkommens: $420 \text{ Gt CO}_2 + (2 \text{ fK (ungefähr)} 41 \text{ Gt CO}_2 \text{ für 2016 und 2017}) = 502 \text{ Gt CO}_2$.
- 3) Dieser Wert wird nun pro Kopf der Weltbevölkerung aufgeteilt. Dadurch erhält Deutschland einen Anteil von 1,1 %, obwohl es zu 2,2 % zum CO_2 Ausstoß beiträgt: $502 \text{ Gt CO}_2 \text{ fK } 0,011 = 5,52 \text{ Gt CO}_2 \text{ (ab 2016)}$.
- 4) Insgesamt ergeben die Emissionen von 2016 bis 2019 rund $3,049 \text{ Mt CO}_2$ (siehe oben Punkt:4). Also verbleiben ab 2020: $5,522 \text{ Gt CO}_2 - 3,0 \text{ Gt CO}_2 = 2,522 \text{ Gt CO}_2$.

Daraus ergibt sich für die Stadt Bayreuth mit einer Bevölkerungszahl von 74.783 Einwohnern (Stand 2019) ein Restbudget von **2,3 Mt** THG-Emissionen ab 2020.