

Bericht an den Gemeinderat

BearbeiterIn: DI Wolfgang Götzhaber

MMag. Natascha Maili

BerichterstatteIn: GR Umwelt

GZ: A23-030904/2013/0208

Graz, 14.11.2019

Betreff:

Informationsbericht

Treibhausgasemissionen der Stadt Graz als Basis für Minderungspfade und Zurechnung des Treibhausgasbudgets für Graz

Klimaschutz ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Auch Österreich hat im Jahr 2016 das Pariser Abkommen ratifiziert, in dem das Ziel verankert ist, den globalen Temperaturanstieg auf 2°C, wenn möglich auf 1,5°C, zu beschränken.

Um den benötigten **Beitrag der Stadt Graz zum Erreichen des 2°C-Ziels der Klimakonferenz von Paris** zu bestimmen, wurde vom Grazer Wegener Center für Klima und Globalen Wandel im Auftrag des Umweltamtes der beiliegende Bericht

„Das Treibhausgasbudget der Stadt Graz: Die aktuell der Stadt Graz zuzurechnenden Treibhausgas-Emissionen als Basis für sowohl Mitigationpfade als auch die Zurechnung des Carbon Budgets für Graz“

erstellt und im Oktober 2019 vorgelegt.

Treibhausgasbudget für die Stadt Graz¹

Damit das 2°C-Ziel eingehalten werden kann, muss die entsprechende Menge an Treibhausgasen, die in Zukunft noch freigesetzt werden dürfen berechnet werden. Dieses Treibhausgasbudget² wurde im Bericht des Wegener Centers für Graz 2016-2050 errechnet.

Dazu gibt es unterschiedliche Berechnungsmethoden³ wobei das "Gleichverteilung pro Kopf"-Budget zu präferieren ist, da es - unter Berücksichtigung mehrerer ethischer Prinzipien - das fairste ist. Dies bedeutet, dass das global noch

¹ Pichler, Christian und Steininger, Karl Walter (2019): Das Treibhausgasbudget für die Stadt Graz. Die aktuell der Stadt Graz zuzurechnenden Treibhausgas-Emissionen als Basis für sowohl Mitigationpfade als auch die Zurechnung des Carbon Budgets für Graz. Wegener Center Verlag, Graz.

² Das Treibhausgasbudget ist jene Menge der Treibhausgasemissionen aus anthropogenen Quellen, die seit Beginn der Industrialisierung freigesetzt wurde bzw. noch freigesetzt werden kann, um eine Temperaturerhöhung über 2 °C bzw. über 1,5 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von zumindest zwei Drittel zu vermeiden. (Quelle: Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, 2017: Wissenschaftlicher Bericht Nr. 72-2017.)

verfügbare Treibhausgasbudget gleichmäßig auf alle heute lebenden Menschen aufgeteilt wird, und jeder Staat (bzw. jede Kommune) den seiner aktuellen Bevölkerungszahl entsprechenden Anteil daran zugesprochenen bekommt.

Um nun herauszufinden, welcher Betrag des Treibhausgasbudgets in einer Kommune wie Graz pro Jahr verbraucht wird, muss ermittelt werden wie viele (und damit welche) Treibhausgasemissionen der Stadt zuzurechnen sind.

Bei Treibhausgasen (THG) spricht man von „Verbrauch“ dann, wenn die jeweiligen Emissionsmengen vom noch verbleibenden „Treibhausgasbudget“ (siehe unten) abgebucht werden. Es werden ja leider nicht die Treibhausgase selbst „verbraucht“, sondern im Gegenteil – diese reichern sich in der Atmosphäre immer mehr an.

Treibhausgasemissionen der Stadt Graz - produkt- versus konsumbasierte Bilanzierung⁴

Für die Berechnung von Treibhausgasemissionen können unterschiedliche Ansätze herangezogen werden. Bei Vergleich von Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Länder, Städte etc. ist darauf zu achten, dass dieselbe Berechnungsmethode verwendet wurde.

In der **vorliegenden Arbeit des Wegener Centers** erfolgte die Bilanzierung der Grazer Treibhausgasemissionen einerseits produktions- und andererseits konsumbasiert.

Produktionsbasiert: Alle Treibhausgasemissionen die **innerhalb der Stadt Graz** im Rahmen der städtischen Güterproduktion zur Belieferung der innerstädtischen, nationalen und internationalen Märkte verursacht werden, inklusive der anteiligen Emissionen für den in der Stadt verbrauchten Strom (ohne Flugverkehr; siehe Abb. 3 in der Beilage auf Seite 16).

Konsumbasiert: Alle Treibhausgasemissionen die aufgrund des **Konsums der Grazer EndverbraucherInnen** erzeugt werden, unabhängig davon wo auf der Welt diese Emissionen entstehen.

Nach der produktionsseitigen Bilanzierung sind das für die Stadt Graz im Jahr 2015 Emissionen in Höhe von **1.170.210 t CO₂äqu** (gerundet **4,1 t CO₂äqu pro Kopf** bei ca. 287.000 EinwohnerInnen), nach der konsumseitigen Bilanzierung sind dies **2.770.730 t CO₂äqu** (**9,7 t CO₂äqu pro Kopf**).

Basierend auf diesen bilanzierten Treibhausgasemissionen ergibt sich ein noch verbleibendes Treibhausgasbudget für den Zeitraum von 2016 bis 2050 für Graz im Umfang von **42,75 Mio. t CO₂äqu**. Um mit diesem Budget auszukommen, müssen die Emissionen jährlich um durchschnittlich **5,6%** sinken.

Der Zielwert für die Einhaltung des **2°C-Ziel** beträgt **1,04 t CO₂äqu pro Kopf**.⁵

Auf Basis dieser Berechnungen kann ermittelt werden, wie starke Anstrengungen unternommen werden müssen, um bis zur Mitte des Jahrhunderts wirklich mit allein dem noch der Stadt Graz zugeordneten Budget auszukommen.

Anmerkung zu „CO₂äqu“ = CO₂-Äquivalent:

Betrachtet werden neben den eigentlichen CO₂-Emissionen auch die Emissionen der Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Diese beiden Gase werden in ihrer Treibhausgaswirkung auf einen Vergleichswert „CO₂-äqu“ umgerechnet und addiert.

Fazit

Um nun einen fairen Beitrag zur Einhaltung des 2°C-Ziel zu leisten, können ausgehend von den konsumbasierten jährlichen Treibhausgasemissionen pro Kopf und einem Treibhausgasbudget für Graz (zugeteilt nach der Methode „Gleichverteilung pro Kopf“) jährlich notwendige Einsparungen berechnet werden. Auf Basis der vom Wegener Center berechneten Zahlen ergibt sich eine **jährlich notwendige Verringerung der Treibhausgasemissionen um 5,6 Prozent**.

³ Details zu unterschiedlichen Berechnungsmethoden finden sie in der Beilage.

⁴ Pichler, Christian und Steininger, Karl Walter (2019): Das Treibhausgasbudget für die Stadt Graz. Die aktuell der Stadt Graz zuzurechnenden Treibhausgas-Emissionen als Basis für sowohl Mitigationpfade als auch die Zurechnung des Carbon Budgets für Graz. Wegener Center Verlag, Graz.

⁵ Details zu unterschiedlichen Berechnungsmethoden finden sie in der Beilage.

Zuteilungsmethode					
(A) Gleichverteilung pro Kopf (Hauptvariante)					
Zuteilungsmethode, spezifisch	THG-Budget [in t CO ₂ äqu]	Notwendige Verringerung der THG-Emissionen pro Jahr			
		absolut, im ersten Jahr		als Rate (Ø) ¹	
		Graz gesamt	Pro Kopf	Graz gesamt	Pro Kopf ²
Bevölkerungsverhältnis Graz/Welt 2016	42.747.413	155.820 t			
Bevölkerungsverhältnis Graz/Welt 2016-2050 kumuliert	42.770.249	155.950 t	620 kg	5,6% ³	6,4% ³

Tabelle 1: Treibhausgasbudget der Stadt Graz, sowie erforderliche (durchschnittliche) jährliche Emissionsreduktion um mit diesem Budget auszukommen³

Tabelle 1 zeigt die Hauptvariante der berechneten Treibhausgasbudgets nach der Methode „Gleichverteilung pro Kopf“ und die erforderliche (durchschnittliche) jährliche Emissionsreduktion.

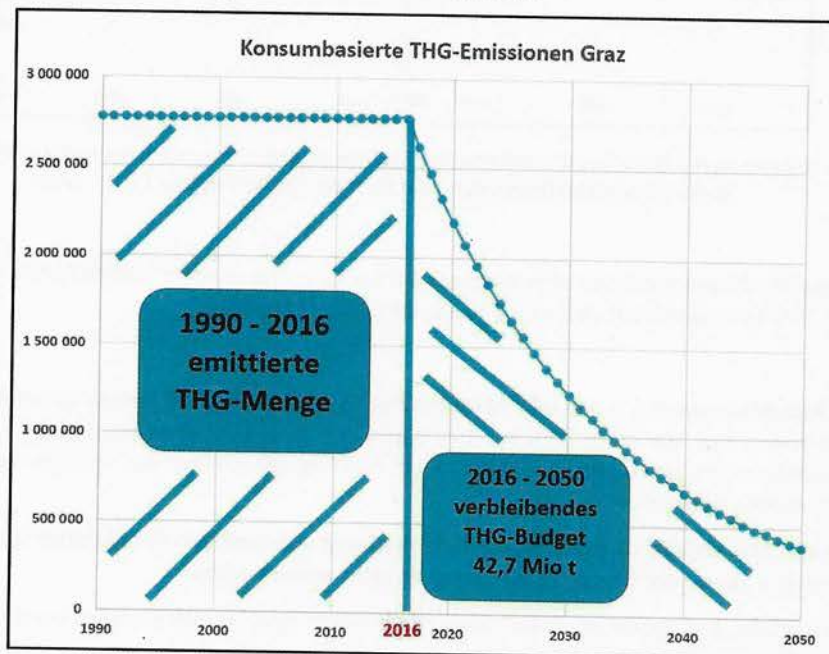


Diagramm 1: Skizzierung der seit 1990 bis 2016 in etwa konsumbasiert emittierten Treibhausgase in Relation zum „verbleibenden“ THG-Budget 2016 bis 2050 (Umweltamt auf Basis der Studie Wegener Center Graz)

Das **Diagramm 1** zeigt die seit 1990 bis zum Jahr 2016 in etwa konsumbasiert emittierten Treibhausgase (THG) in Relation zum „verbleibenden“ THG-Budget 2016 bis 2050 von etwa 42,7 Mio t.

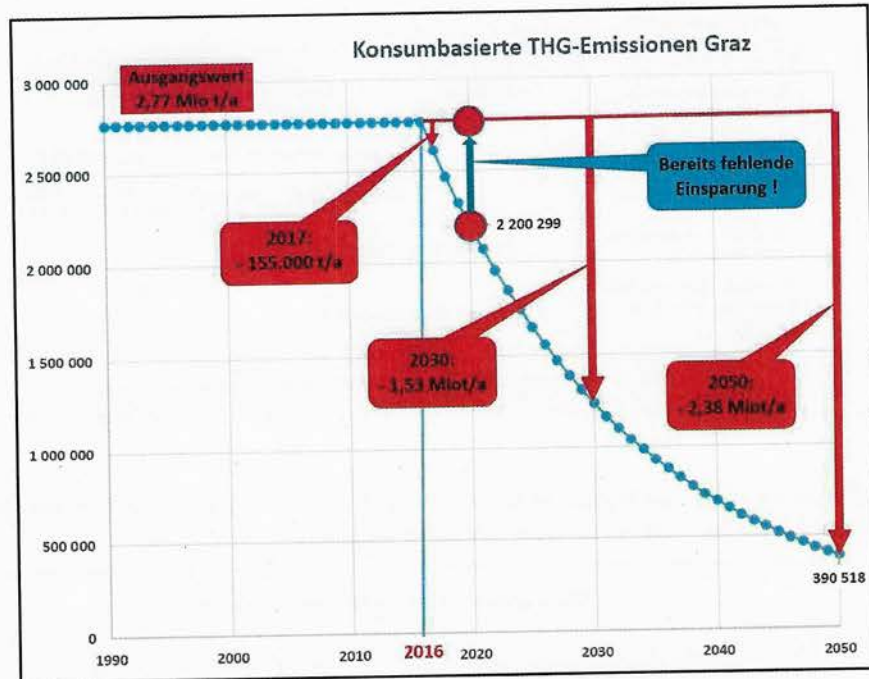


Diagramm 2: Skizzierung des 2016 bis 2050 errechneten Reduktionspfades, mit dem das verbleibende THG-Budget nicht überschritten wird (Umweltamt auf Basis der Studie Wegener Center Graz).

Darauf aufbauend stellt **Diagramm 2** den vom Wegener Center Graz errechneten erforderlichen Reduktionspfad für die konsumbasierten THG-Emissionen dar (minus 5,6 % pro Jahr, siehe Tabelle 1).

Diese ermittelte Reduktion von 5,6 % pro Jahr hätte bereits im ersten Jahr eine Emissionsreduktion von etwa 155.000 t erfordert. Innerhalb der Jahre 2016 bis 2020 ergibt sich daraus bei fehlender Einsparung in Summe bereits ein nicht erzielter Reduktionsbetrag von etwa 570.000 t, die in den Folgejahren über das vorliegende Berechnungsergebnis hinaus eingespart werden müssten.

Aus diesen Zahlen ist klar ersichtlich, dass die zur Zielerreichung notwendigen Reduktionen nicht annähernd nur auf der verbrauchsseitigen Ebene der Grazer Bevölkerung erreicht werden können.

Es ist daher auch unabdingbar notwendig, dass konsumierte Güter- und Dienstleistungen bereits mit deutlich reduzierten THG-Emissionen bereitgestellt werden.

Das kann nur über umfangreiche Maßnahmenpakete auf allen Ebenen (insbesondere auch EU und Bund) erreicht werden, da ein Großteil der dafür erforderlichen Schritte außerhalb des direkten Einflussbereiches der Stadt Graz liegt.

Der Ausschuss für Umwelt und Gesundheit

stellt daher gemäß § 45 Abs. 6 des Statutes der Landeshauptstadt Graz, LGBl 130/1967,

den

Antrag,

der Gemeinderat wolle beschließen:

1. Der vorliegende Bericht zu den *Treibhausgasemissionen der Stadt Graz* des Wegener Centers Graz wird ~~als Informationsgrundlage für die Planung zukünftiger Klimaschutzmaßnahmen zustimmend~~ zur Kenntnis genommen.

2. Es wird ersucht, diesen Bericht zur weiteren Beratung an den Klimaschutzbeirat weiterzuleiten.

Die Bearbeiter:

DI Wolfgang Götzhaber
elektronisch unterschrieben

MMag.^a Natascha Maili
elektronisch unterschrieben

Der Abteilungsvorstand:

DI Dr. Werner Prutsch
elektronisch unterschrieben

Die Stadträtin:

Mag.^a Judth Schwentner
elektronisch unterschrieben

Vorberaten und ~~einstimmig/mehrheitlich~~ mit ⁶ Stimmen ~~angenommen/abgelehnt~~
unterbrochen in der Sitzung des

Ausschusses für Umwelt und Gesundheit

am: 8.11.2019

Abschlussergebnisbeitrag mit 11 Stimmen ÖVP/FPÖ
beschlossen. 9.12.19

Vorberaten und einstimmig mit 11 Stimmen
angenommen. 9.12.19
Götzhaber
Schwentner

Der/die Schriftführerin

Marianne Pichler

Der/die Vorsitzende:

Andreas Pichler

Abänderungs-/Zusatzantrag:

gem. Auftragsmerkungen

Der Antrag wurde in der heutigen	<input checked="" type="checkbox"/> öffentlichen	<input type="checkbox"/> nicht öffentlichen Gemeinderatssitzung
<input type="checkbox"/> bei Anwesenheit von GemeinderätInnen		
<input checked="" type="checkbox"/> einstimmig	<input type="checkbox"/> mehrheitlich (mit Stimmen / Gegenstimmen) angenommen.	
<input type="checkbox"/> Beschlussdetails siehe Beiblatt		
Graz, am <i>12.12.2019</i>	Der/die Schriftführerin: <i>[Signature]</i>	

Beilage:

Studie

Pichler, Christian und Steininger, Karl Walter (2019): Das Treibhausgasbudget für die Stadt Graz. Die aktuell der Stadt Graz zuzurechnenden Treibhausgas-Emissionen als Basis für sowohl Mitigationspfade als auch die Zurechnung des Carbon Budgets für Graz. Wegener Center Verlag, Graz.

Vorhabenliste/BürgerInnenbeteiligung:

(laut den „Leitlinien für BürgerInnenbeteiligung bei Vorhaben und Planungen der Stadt Graz“)

- Vorhabenliste nein
- BürgerInnenbeteiligung vorgesehen nein

5. Treibhausgasbudgetierung

Um konkrete Maßnahmen zur Erreichung von Klimazielen setzen zu können, reicht es nicht aus die Treibhausgasemissionen eines Jahres zu betrachten, da für die Klimaänderung bzw. den globalen Durchschnittstemperaturanstieg vor allem der Bestand an Treibhausgasen in der Atmosphäre eine Rolle spielt. Verweildauern von Jahrzehnten (Methan), wenn nicht sogar Jahrhunderten (CO_2), von Treibhausgasen in der Atmosphäre verlangen die Beobachtung von Emissionen über eine Zeitspanne. Der Effekt der Anreicherung der Treibhausgase in der Atmosphäre über die Zeit kann mit Hilfe des Konzepts des Treibhausgasbudgets sichtbar gemacht werden. Das Treibhausgasbudget beschreibt jene Menge an anthropogenen Treibhausgasemissionen, welche seit Mitte des 18. Jahrhunderts ausgestoßen wurde bzw. noch ausgestoßen werden kann, sodass die Einhaltung des Pariser Abkommens, eine Beschränkung des globalen Durchschnittstemperaturanstiegs auf unter $2\text{ }^\circ\text{C}$, möglich bleibt (Gignac und Matthews 2015; IPCC 2014; Le Quéré et al. 2016; Le Quéré et al. 2017; Meyer und Steininger 2017).

Nachdem das Konzept des Treibhausgasbudgets für die Erde als Ganzes entwickelt wurde, wird in diesem Kapitel zunächst das globale Treibhausgasbudget beschrieben. Die wissenschaftliche Literatur nennt nur Ansätze um das globale Budget auf Nationen aufzuteilen. Eine Umlegung der Ansätze zur Verteilung des Budgets auf Städte erfolgte bisweilen nicht, sodass dies im Anschluss zusammen mit der Berechnung des Treibhausgasbudgets für Graz einhergeht. Abschließend erfolgt ein Vergleich der verschiedenen Budgetallokationen untereinander und werden diese mit den Emissionsniveaus aus der obigen Treibhausgasbilanzierung in Beziehung gesetzt.

5.1 Das globale Treibhausgasbudget

Seit Beginn der Industrialisierung ist die Konzentration an Treibhausgasen (Kohlendioxid, Methan, Lachgas, F-Gase, Wasserdampf) in der Atmosphäre bedingt durch die Freisetzung dieser Gase aus anthropogenen Quellen stets gestiegen. Im Zeitraum von 1750 bis 2011 betragen die kumulativen anthropogenen Kohlendioxidemissionen rund 2040 Gt CO_2 , wovon rund 50% mit hoher Sicherheit in den letzten 40 Jahren emittiert wurden. In der Atmosphäre verblieben rund 880 Gt CO_2 und rund 1160 Gt CO_2 wurden von Böden, Gewässern und Pflanzen absorbiert (IPCC 2014). Sowohl der geophysikalische als auch der beobachtete statistische Zusammenhang zwischen der atmosphärischen CO_2 -Konzentration und der globalen Durchschnittstemperatur erlauben nur einen Schluss: Mit der Erhöhung der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre steigt auch die durchschnittliche Temperatur.

Dementsprechend spielt die Menge der in der Atmosphäre verbleibenden Treibhausgase eine entscheidende Rolle bei der Erderwärmung.

Veranschaulicht wird dieser Effekt der kumulierten menschengemachten Treibhausgasemissionen durch das Treibhausgasbudget. Die Höhe des noch verfügbaren Treibhausgasbudgets hängt einerseits von der noch zugelassenen Temperaturerhöhung ab, andererseits von der gewünschten Wahrscheinlichkeit im Rahmen dieses gewählten Klimaziels zu bleiben. Denn bedingt durch die Komplexität des Klimasystems lassen sich keine exakten, klimazielenkonformen Mengen an Treibhausgasen berechnen, welche noch in die Atmosphäre entlassen werden können, sondern es können nur Wahrscheinlichkeiten für die Einhaltung eines Klimaziels angegeben werden (Meyer und Steininger 2017). Der Weltklimarat IPCC (2014) gibt beispielsweise Kohlenstoffbudgets für globale Temperaturerhöhungen von höchstens 1,5 °C, 2 °C und 3 °C an, wobei für jedes Szenario Budgets für Wahrscheinlichkeiten der Zielerreichung von 33%, 50% und 66% angegeben werden.

Um mit 66%iger Wahrscheinlichkeit innerhalb des 2 °C-Ziels zu bleiben, dürfen die kumulierten anthropogenen CO₂-Emissionen nach 1870 2900 Gt CO₂ (555 Gt C) nicht übersteigen (IPCC 2014). Dieses globale Kohlenstoffbudget kann in ein Treibhausgasbudget in Höhe von rund 4143 Gt CO₂äqu umgerechnet werden (Millar et al. 2017). Im Zeitraum von 1870 bis 2015 wurden bereits 2035 Gt CO₂ (2907 Gt CO₂äqu) des Budgets verbraucht (CDIAC: Carbon Dioxid Information Analysis Center 2018; IPCC 2014; Le Quéré et al. 2016; Rockström et al. 2017), sodass für die Jahre von 2016 bis 2050 noch 765 Gt CO₂ (1093 Gt CO₂äqu) zur Verfügung stehen, sofern man für den Zeitraum danach 100 Gt CO₂ (143 Gt CO₂äqu) einplant. Tabelle 35 fasst diese Aufteilung des globalen Treibhausgasbudgets zusammen.

Tabelle 35: 2 °C-Ziel konforme, globale Treibhausgasbudgets

Zeitraum	Globales Budget	Einheit
1870-2015	555	Gt C
	2035	Gt CO ₂
	2907	Gt CO ₂ äqu
2016-2050	209	Gt C
	765	Gt CO ₂
	1093	Gt CO ₂ äqu
ab 2051	27	Gt C
	100	Gt CO ₂
	143	Gt CO ₂ äqu
ab 1870	791	Gt C
	2900	Gt CO₂
	4143	Gt CO₂äqu

Quelle: CDIAC: Carbon Dioxid Information Analysis Center (2018), IPCC (2014), Le Quéré et al. (2016), Le Quéré et al. (2017), Rockström et al. (2017), Eigene Berechnungen

Abbildung 6 veranschaulicht das globale Treibhausgasbudget für den Zeitraum 1870 bis 2050. Sie zeigt schematisch, dass die Treibhausgasemissionen über die nächsten 35 Jahre ähnlich stark auf das Niveau von 1970 sinken müssen, wie sie in den letzten 25 Jahren gestiegen sind, sodass das 2 °C-Ziel erreichbar bleibt. Bis 2100 müssen die Treibhausgasemissionen dann auf annähernd Null reduziert werden, und damit zum Niveau von 1870 zurückkehren. Durch Nutzung von Maßnahmen, welche Treibhausgase aus der Atmosphäre entnehmen (z.B. Aufforstung) oder sie von dieser fernhalten (z.B. CO₂-Sequestrierung, engl. Carbon Capture and Storage CCS), können die Brutto-Emissionen bei gleichbleibendem Treibhausgasbudget aufgestockt werden (Rockström et al. 2017).

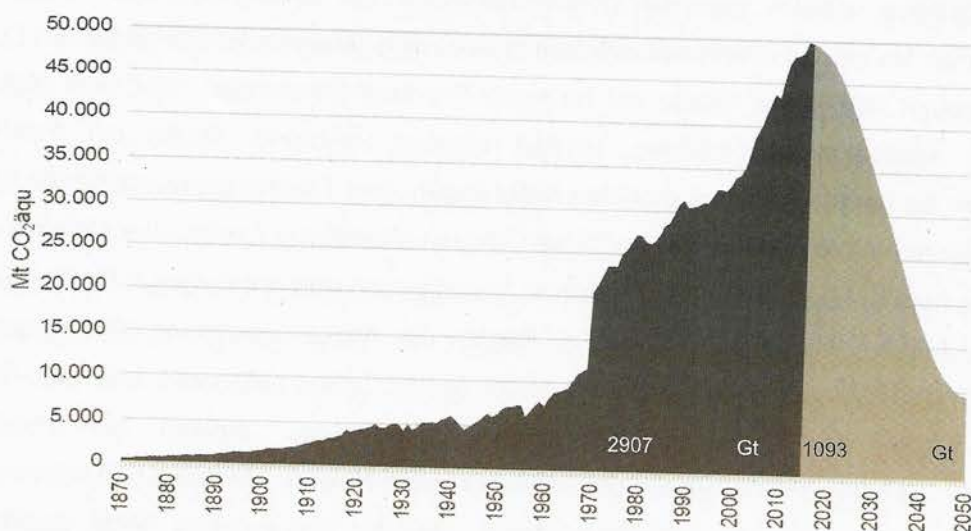


Abbildung 6: Globale THG-Emissionen 1870-2015 gegenüber dem globalen THG-Budget 2016-2050
Quelle: CDIAC: Carbon Dioxid Information Analysis Center (2018), Eigene Darstellung

5.2 Berechnung städtischer Treibhausgasbudgets

Zur Berechnung städtischer Treibhausgasbudgets auf Basis des globalen Treibhausgasbudgets stehen mehrere Ansätze zur Verfügung, welche die in Kapitel 2.1 genannten ethischen Prinzipien auf unterschiedliche Art berücksichtigen. Diese Ansätze wurden eigentlich zur Umlegung des globalen Budgets auf Staaten entwickelt und müssen daher für die Verteilung des Globalbudgets auf Städte angepasst werden. Du Pont et al. (2016) und Du Pont et al. (2017) diskutieren beispielsweise fünf (auf Nationen bezogene) Ansätze, welche auf den Kategorien „Gleichheit“ („equality“), „Gleiche Emissionen pro Kopf“ („equal cumulative per capita emissions“), „Tragfähigkeit bzw. Zahlungsfähigkeit“ („capability“), „Verantwortlichkeit-Tragfähigkeit-Bedürftigkeit“ („responsibility-capability-need“) und „Staffelung“ („staged“) des fünften Sachstandsberichts des Weltklimarats (IPCC 2014) basieren. Darunter findet man auch die in der wissenschaftlichen Literatur am häufigsten verwendeten zwei Ansätze: „Verringerung und Konvergenz“ („Contraction and Convergence“) und „Gleichverteilung pro Kopf“. Aufgrund ihrer Popularität und ihres geringen Datenbedarfs dienen diese zwei Ansätze im folgenden der Berechnung des Treibhausgasbudgets für Graz.

5.2.1 Ansatz Verringerung und Konvergenz

Die Basis für die Berechnung bilden beim Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ die globalen Treibhausgasemissionen je Kopf. Innerhalb eines bestimmten Zeitraums, der Kontraktionsphase, müssen diese Pro-Kopf-Emissionen auf einen bestimmten – dann global einheitlichen – Zielwert reduziert werden. Während der Kontraktionsphase, in der Konvergenzphase, nähern sich die Emissionsniveaus der unterschiedlichen Emittenten aneinander an bis sie auf einem einheitlichen Niveau sind (Meyer und Steininger 2017). Für Städte bedeutet dies, dass Städte mit heutigen Pro-Kopf-Emissionen über dem globalen Mittel ihre Treibhausgasemissionen senken müssen, während Städte mit Pro-Kopf-Emissionen, die heute unter dem globalen Mittel liegen, ihre Treibhausgasemissionen bis zu einem bestimmten Zeitpunkt ansteigen lassen können. Abbildung 7 zeigt eine schematische Darstellung der Funktionsweise des Ansatzes „Verringerung und Konvergenz“ für fünf Städte (strichlierte Linien), wovon zwei Städte zu Beginn der Allokationsperiode (Anfangsjahr a) Pro-Kopf-Emissionen über dem globalen Mittel (grüne Linie) aufweisen und drei Städte darunter liegen. Bis zum Konvergenzjahr sinken bzw. steigen die Pro-Kopf-Emissionsniveaus der Städte auf ein global einheitliches Niveau, um danach gleichermaßen bis zum Endjahr z auf den Zielwert zu fallen. Das für die jeweilige Stadt spezifische

Treibhausgasbudget entspricht der Fläche unter dem spezifischen Zielpfad mal der Anzahl der stadtansässigen EinwohnerInnen.

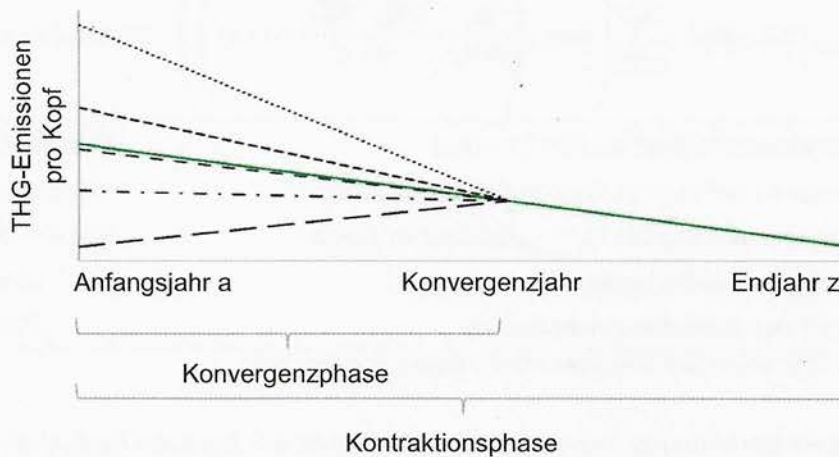


Abbildung 7: Schematische Darstellung des Ansatzes Verringerung und Konvergenz
Quelle: Eigene Darstellung

Meyer und Steininger (2017) folgend gehen wir bei der Berechnung des Grazer Treibhausgasbudgets von einem Zielwert in Höhe von 1,04 t CO₂äqu pro Kopf bei einer globalen Bevölkerung von 9,16 Milliarden Menschen (IIASA 2018) im Jahr 2050 aus. Bei diesem Zielwert fallen Konvergenzjahr und Endjahr der Allokationsperiode zusammen und es wird sichergestellt, dass bei linearen Zielpfaden das globale Budget für 2016 bis 2050 in Höhe von 1093 Gt CO₂äqu (Kapitel 5.1) nicht überschritten wird. Als Anfangswert für 2016 dient das Ergebnis der produktionsbasierten Treibhausgasbilanz von 2015 (1.170.210,20 t CO₂äqu, Kapitel 3.4), welches durch die Grazer Bevölkerungszahl von 2016 (286.686 Personen, Tabelle 49 im Anhang) dividiert wird. Daraus folgt ein Emissionswert von 4,08 t CO₂äqu pro GrazerIn im Jahr 2016 und impliziert, dass die Pro-Kopf-Emissionsreduktion bereits direkt nach der Bilanzierungsperiode ansetzt. Die Daten zu den Bevölkerungszahlen stammen von der Weltbank (2019), dem internationalen Institut für angewandte Systemanalyse IIASA (2018), der österreichischen Raumordnungskonferenz ÖROK (2014) und dem Statistik-Referat der Stadt Graz (2012), wobei fehlende Datenpunkte mittels Polynominter- bzw. -extrapolation ermittelt wurden (Tabelle 49 im Anhang). Aufgrund dieser Schätzungen ergibt sich ein maximal zulässiger Emissionswert für die Stadt Graz für das Jahr 2050 in Höhe von rund 370.400 t CO₂äqu und ein zulässiges produktionsbasiertes Treibhausgasbudget für den Zeitraum von 2016 bis 2050 in Höhe von rund 28,7 Millionen t CO₂äqu, wie Tabelle 36 zeigt. Der Zielwert wird durch eine jährliche Reduktion der produktionsbasierten Pro-Kopf-Emissionen der GrazerInnen um rund 90 kg CO₂äqu ab 2016 erreicht.

Treibhausgasbudgetierung

Tabelle 36: Budget nach Ansatz Verringerung und Konvergenz (nach Pro-Kopf-Emissionen, produktionsbasiert)

Ermittlung		Wert
$\text{THG-Budget}_{V\&K(\text{pro Kopf})}^{az} [\text{t CO}_2\text{äqu}] = \sum_{i=a}^z \left(\text{Bev}_i \times \left(\frac{E_a}{\text{Bev}_a} + \frac{E_z - E_a}{z - a} \times (i - a) \right) \right)$		28.695.537,94
Bev _i	= Bevölkerung der Stadt im Jahr i, i = [a,z]	Tabelle 49
E _a	= Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr a	1.170.210,20
E _z	= Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr z	370.431,36
A	= Anfangsjahr des Budgetierungszeitraums	2016
Z	= Endjahr des Budgetierungszeitraums	2050

Quelle: Du Pont et al. (2016), Meyer und Steininger (2017), Eigene Berechnungen

Als Alternative zur obigen Berechnung, welche auf der Annahme der linearen Reduktion der produktionsbasierten Pro-Kopf-Emissionen basiert, kann man auch Linearität bei den produktionsbasierten Gesamtemissionen unterstellen. Dies führt zwar gewissermaßen zur Außerachtlassung der Bevölkerungsdynamiken und damit zu einer Verletzung des Gleichheitsprinzips, aber schlussendlich ist die Reduktion der Gesamtemissionen beim Kampf gegen den Klimawandel entscheidend, unabhängig davon bei wem diese stattfindet. Unter diesen abgeänderten Bedingungen und bei Beibehaltung des obigen Anfangs- und Zielwerts ergibt sich ein produktionsbasiertes Treibhausgasbudget in Höhe von knapp 27 Millionen t CO₂äqu für den Zeitraum von 2016 bis 2050 (Tabelle 37). Somit führt die Außerachtlassung des Bevölkerungswachstums zu einem spürbar niedrigeren Budget. Ausgehend von den produktionsbasierten rund 1,2 Millionen t CO₂äqu im Jahr 2016 müssten die produktionsbasierten Gesamtreibhausgasemissionen jährlich um rund 23.500 t CO₂äqu sinken, sodass der maximal zulässige Emissionswert von rund 370.400 t CO₂äqu im Jahr 2050 erreicht wird.

Tabelle 37: Budget nach Ansatz Verringerung und Konvergenz (nach Gesamtemissionen, produktionsbasiert)

Ermittlung		Wert
$\text{THG-Budget}_{V\&K(\text{gesamt})}^{az} [\text{t CO}_2\text{äqu}] = \sum_{i=a}^z \left(E_a + \frac{E_z - E_a}{z - a} \times (i - a) \right)$		26.961.227,24
E _a	= Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr a	1.170.210,20
E _z	= Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr z	370.431,36
A	= Anfangsjahr des Budgetierungszeitraums	2016
Z	= Endjahr des Budgetierungszeitraums	2050

Quelle: Du Pont et al. (2016), Eigene Berechnungen

Nachdem die Ergebnisse der produktionsbasierten und der konsumbasierten Treibhausgasbilanzierung um mehr als 1,6 Millionen t CO₂äqu bzw. 5,6 t CO₂äqu pro Kopf im Jahr 2015 auseinander liegen (Kapitel 3.4 und 4.2), wäre es unangebracht bei der Treibhausgasbudgetierung nur produktionsbasierte Ausgangswerte zu verwenden. Daher werden die obigen Berechnungen gemäß Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ für konsumbasierte Werte wiederholt. Während Anfangsjahr (2016), Endjahr (2050) und Zielwert (~ 370.400 t CO₂äqu) unverändert in die Berechnung des konsumbasierten Treibhausgasbudgets eingehen, erhöht sich der Ausgangswert für Graz auf rund 9,66 t CO₂äqu pro Kopf. Dieser Ausgangswert entspricht dem Ergebnis der konsumbasierten Treibhausgasbilanzierung für Graz 2015 (2.770.726,60 t CO₂äqu, Kapitel 4.2) dividiert durch die Bevölkerungszahl von Graz 2016 (286.686 Personen, Tabelle 49 im Anhang), wodurch wie zuvor schon eine im Jahr 2016 einsetzende Reduktion der Pro-Kopf-Emissionen gegenüber 2015 unterstellt wird. Tabelle 38 fasst die Daten zur konsumbasierten Treibhausgasbudgetierung zusammen und zeigt das resultierende, zulässige Budget in Höhe von rund 59,5 Millionen t CO₂äqu für Graz für den Zeitraum 2016 bis 2050. Der Zielwert in Höhe von 1,04 t CO₂äqu pro Kopf in 2050 wird durch eine Senkung der konsumbasierten Pro-Kopf-Emissionen von 9,66 t CO₂äqu ab 2016 um rund 250 kg CO₂äqu pro Jahr erreicht.

Tabelle 38: Budget nach Ansatz Verringerung und Konvergenz (nach Pro-Kopf-Emissionen, konsumbasiert)

Ermittlung		Wert
$\text{THG-Budget}_{V\&K(\text{pro Kopf})}^{az} [\text{t CO}_2\text{äqu}] = \sum_{i=a}^z \left(\text{Bev}_i \times \left(\frac{E_a}{\text{Bev}_a} + \frac{E_z - E_a}{\text{Bev}_z - \text{Bev}_a} \times (i - a) \right) \right)$		59.487.078,35
Bev _i	= Bevölkerung der Stadt im Jahr i, i = [a,z]	Tabelle 49
E _a	= Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr a	2.770.726,60
E _z	= Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr z	370.431,36
A	= Anfangsjahr des Budgetierungszeitraums	2016
Z	= Endjahr des Budgetierungszeitraums	2050

Quelle: Du Pont et al. (2016), Meyer und Steininger (2017), Eigene Berechnungen

Wird die lineare Reduktion der Gesamtemissionen anstelle der linearen Reduktion der Pro-Kopf-Emissionen gefordert, ergibt sich ein um rund 4,5 Millionen t CO₂äqu niedrigeres konsumbasiertes Treibhausgasbudget für Graz in Höhe von rund 55 Millionen t CO₂äqu (Tabelle 39). Ausgehend von dem konsumbasierten Emissionsniveau der Stadt Graz von fast 2,8 Millionen t CO₂äqu in 2016, müssten die gesamten, konsumbasierten Treibhausgasemissionen von Graz bis 2050 um knapp 70.600 t CO₂äqu pro Jahr reduziert

werden, um den geforderten Zielwert von rund 370.400 t CO₂äqu in 2050 nicht zu überschreiten.

Tabelle 39: Budget nach Ansatz Verringerung und Konvergenz (nach Gesamtemissionen, konsumbasiert)

Ermittlung	Wert
$\text{THG-Budget}_{V\&K(\text{gesamt})}^{\text{az}} [\text{t CO}_2\text{äqu}] = \sum_{i=a}^z \left(E_a + \frac{E_z - E_a}{z - a} \times (i - a) \right)$	54.970.264,30
E _a = Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr a	2.770.726,60
E _z = Emissionen der Stadt in Tonnen CO ₂ äqu im Jahr z	370.431,36
a = Anfangsjahr des Budgetierungszeitraums	2016
z = Endjahr des Budgetierungszeitraums	2050

Quelle: Du Pont et al. (2016), Eigene Berechnungen

5.2.2 Ansatz Gleichverteilung pro Kopf

Der Ansatz „Gleichverteilung pro Kopf“ repräsentiert die Kategorie „Gleichheit bzw. Gleichberechtigung“ des fünften Sachstandsberichts des Weltklimarats (IPCC 2014) und teilt das heute verbleibende Emissionsbudget gleichmäßig auf die Weltbevölkerung auf. Daraus folgt, dass jede/r Erdenbürger/in ein gleich großes Emissionsbudget bis 2050 zugeteilt bekommt. Setzt man dieses Pro-Kopf-Budget in Relation zu den aktuellen, individuellen Treibhausgasemissionen, so bilden sich drei Gruppen (WBGU 2009). Die erste Gruppe kommt bei Beibehaltung ihres aktuellen Emissionsniveaus nicht mit dem zugewiesenen Budget aus. Die zweite Gruppe braucht bei derzeitigem Emissionsausstoß ihr Budget bis 2050 ziemlich genau auf. Die dritte Gruppe kann einen Teil ihres Budgets für die Jahre nach 2050 sparen, da bei Beibehaltung ihrer derzeitigen Emissionsmenge das Budget (bei weitem) nicht ausgeschöpft wird. Bei industrialisierten Städten, wie Graz eine ist, ist zu erwarten, dass sie in die erste dieser Gruppen fallen.

Um die Berechnung des städtischen Treibhausgasbudgets anhand des Ansatzes „Gleichverteilung pro Kopf“ durchführen zu können, müssen laut WBGU (2009) nur vier klimapolitische Parameter festgelegt werden: das Anfangs- und das Endjahr der Zuteilung, das globale Treibhausgasbudget in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung, sowie das demografische Referenzjahr. Das Anfangsjahr legt den Beginn der Budgetzuteilung fest. Liegt es in der Vergangenheit, werden bereits getätigte Emissionen miteinbezogen und führen zu einer Reduktion des für die Zukunft zulässigen Budgets, wobei Städte mit hohen Emissionen in der Vergangenheit stärker „bestraft“ werden, als diejenigen, die wenig emittierten. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von historischer Verantwortung. Ob sich Städte für ihre historischen produktionsbasierten oder ihre

historischen konsumbasierten Emissionen verantworten müssen, ist eine politische Frage, deren Antwort entweder historische Nettoimporteure oder historische Nettoexporteure von Treibhausgasemissionen in Form weniger verringerter Treibhausgasbudgets begünstigt. Bei Nichtberücksichtigung der historischen Verantwortung (d.h. die Budgetierung beginnt in der Gegenwart) führt der Ansatz „Gleichverteilung pro Kopf“ unabhängig von der Betrachtungsweise (produktionsbasiert oder konsumbasiert) zum selben Ergebnis. Das Endjahr bestimmt bis wann die Emissionsreduktion erfolgt sein muss. Das globale Treibhausgasbudget bildet die Basis für die Verteilung und ist umso niedriger, desto wahrscheinlicher die Erreichung des klimapolitischen Ziels (Beschränkung der Temperaturveränderung) sein soll. Das Verhältnis zwischen Stadt- und Weltbevölkerung im demografischen Referenzjahr wird als Gewicht zur Verteilung des Globalbudgets verwendet.

Die Ermittlung des Treibhausgasbudgets für die Stadt Graz basiert wie beim Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ auf dem Globalbudget von 1093 Gt CO₂äqu (Kapitel 5.1). Anfangs- und Zieljahr sind wie zuvor 2016 bzw. 2050, damit die Budgets miteinander verglichen werden können (Ein früheres Anfangsjahr und die damit verbundene Einbeziehung historischer Daten wäre aufgrund fehlender Aufzeichnung über das Emissionsverhalten der Stadt Graz auch kaum möglich). Als demografisches Referenzjahr wird das Jahr 2016 gewählt. Tabelle 40 fasst die Parameter zusammen, gibt die Daten dazu wieder und zeigt das berechnete Treibhausgasbudget in Höhe von rund 42,7 Millionen t CO₂äqu. Eine gleichmäßige Verteilung dieses Budget auf die 35 Jahre des Betrachtungszeitraums ergibt einen Wert von rund 1,22 Millionen t CO₂äqu pro Jahr.

Tabelle 40: Budgetberechnung nach Ansatz Gleichverteilung pro Kopf

Ermittlung		Wert
$\text{THG-Budget}_{\text{GKB}}^{\text{az}} [\text{t CO}_2\text{äqu}] = \text{THG-Budget}_{\text{Welt}}^{\text{az}} \times \frac{\text{Bev}_{\text{Stadt}}^{\text{a}}}{\text{Bev}_{\text{Welt}}^{\text{a}}}$		42.747.413,38
$\text{THG-Budget}_{\text{Welt}}^{\text{az}}$	= Global verfügbares Treibhausgasbudget für den Zeitraum [a,z] in Tonnen CO ₂ äqu	1093 x 10 ⁹
$\text{Bev}_{\text{Stadt}}^{\text{a}}$	= Bevölkerung der Stadt im Jahr a	286.686
$\text{Bev}_{\text{Welt}}^{\text{a}}$	= Weltbevölkerung im Jahr a	7.329.258.499
a	= Anfangsjahr des Budgetierungszeitraums	2016
z	= Endjahr des Budgetierungszeitraums	2050

Quelle: Du Pont et al. (2016), Stadt Graz (2017), Weltbank (2019), Eigene Berechnungen

Nun lässt sich 2016 als demografisches Referenzjahr durch die Ratifizierung des Pariser Abkommens zur Beschränkung der Temperaturerhöhung auf unter 2 °C im Jahr 2016 durch viele Staaten – darunter auch Österreich – zwar rechtfertigen, denkbar wäre aber auch jedes spätere Referenzjahr (z.B. 2017, da in diesem Jahr das Pariser Abkommen erst in Kraft

getreten ist). Gerade Städte mit einer stark wachsenden Bevölkerung würden sich ein späteres Referenzjahr wünschen, da sie dann von der Zuweisung eines höheren Treibhausgasbudgets profitieren könnten (Meyer und Steininger 2017). Als Lösung dieses Entscheidungsproblems schlägt der WBGU (2009) daher vor, die (durchschnittliche) Bevölkerungsdynamik über einen Zeitraum als Referenz heranzuziehen. Dies passiert in der folgenden Variante des Ansatzes „Gleichverteilung pro Kopf“, indem die kumulierte Bevölkerung über den Zeitraum von 2016 bis 2050 als Referenz verwendet wird. Das Anfangs- und das Endjahr, sowie das globale Budget sind nach wie vor 2016, 2050 und 1093 Gt CO₂äqu. Sodann ergibt sich ein marginal höheres Treibhausgasbudget in Höhe von 42,8 Millionen t CO₂äqu für die 35 Jahre bis 2050 (weil Graz in seiner Bevölkerung ganz geringfügig stärker wächst (ÖROK 2014) als der globale Durchschnitt), wie Tabelle 41 zeigt. Die Umlegung auf ein jährlich gleich hohes Budget resultiert in wiederum rund 1,22 Millionen t CO₂äqu pro Jahr.

Tabelle 41: Budgetberechnung nach Ansatz Gleichverteilung auf kumulierte Bevölkerung

Ermittlung		Wert
$\text{THG-Budget}_{\text{GpK}}^{\text{az}} [\text{t CO}_2\text{äqu}] = \text{THG-Budget}_{\text{Welt}}^{\text{az}} \times \frac{\sum_{i=a}^z \text{Bev}_{\text{Stadt}}^i}{\sum_{i=a}^z \text{Bev}_{\text{Welt}}^i}$		42.770.248,78
$\text{THG-Budget}_{\text{Welt}}^{\text{az}}$	= Global verfügbares Treibhausgasbudget für den Zeitraum [a,z] in Tonnen CO ₂ äqu	1093 x 10 ⁹
$\text{Bev}_{\text{Stadt}}^i$	= Bevölkerung der Stadt im Jahr i, i ∈ [a,z]	Tabelle 49
$\text{Bev}_{\text{Welt}}^i$	= Weltbevölkerung im Jahr i, i ∈ [a,z]	Tabelle 49
a	= Anfangsjahr des Budgetierungszeitraums	2016
z	= Endjahr des Budgetierungszeitraums	2050

Quelle: Du Pont et al. (2016), Eigene Berechnungen

5.3 Treibhausgasbudgets für die Stadt Graz

Tabelle 42 führt die Ergebnisse der Treibhausgasbudgetierung für Graz für den Zeitraum von 2016 bis 2050 zusammen. Wird jedem Erdenbürger/jeder Erdenbürgerin die gleiche Menge an Treibhausgasemissionen für den Zeitraum 2016 bis 2050 zugestanden, so ergibt sich ein Budget für Graz etwas über 42 Millionen Tonnen CO₂äqu. Dient der Anteil der Grazer Bevölkerung an der Weltbevölkerung im Jahr 2016 als Bemessungsgrundlage, liegt das Treibhausgasbudget bei rund 42,7 Millionen t CO₂äqu. Liegt der Berechnung die kumulierte Bevölkerung ab 2016 bis 2050 zugrunde, ergibt sich ein Budget in Höhe von geringfügig höheren rund 42,8 Millionen t CO₂äqu für Graz.

Breits für diesen Ansatz des Herunterbrechens des globalen Budgets auf jenes für eine Stadt in einem Industrieland können mehrere Gründe angeführt werden, dass es fair wäre, das Budget kleiner ausfallen zu lassen, insbesondere (a) aufgrund der bereits historisch hohen Emissionen dieser Stadt (dieses Landes) und des damit bereits in der Vergangenheit gegebenen stärkeren Aufbrauchs „ihres“ Budgets, und (b) der höheren Kapazität durch die mit Hilfe dieser Emissionen aufgebauten und noch immer verfügbaren Infrastruktur, die dieses reiche Industrieland (und seine Stadt Graz) auch derzeit weiterhin nutzen.

Dennoch können ganz im Gegenteil sogar umgekehrt auch andere Zuteilungsansätze gewählt werden, die Graz ein sogar größeres Budget zusprechen. Solche Budgets setzen sich jedoch noch viel stärker der Kritik aus, globalen Fairnesskriterien nicht zu entsprechen. Der wichtigste solcher Zuteilungs-Ansätze ist jener der „Verringerung und Konvergenz“. Folgt man diesem, und wählt zunächst den produktionsbasierten Ausgangswert, so ergibt sich ein Budget in Höhe von rund 28,7 Millionen t CO₂äqu bzw. 27 Millionen t CO₂äqu, je nachdem ob man Linearität bei den Pro-Kopf- oder bei den Gesamtemissionen unterstellt. Bei konsumbasiertem Ausgangswert liegen die Budgets für die Stadt Graz gemäß des Ansatzes „Verringerung und Konvergenz“ deutlich über den produktionsbasierten Budgets. Bei linearer Reduktion der Pro-Kopf-Emissionen beträgt das konsumbasierte Budget rund 59,5 Millionen t CO₂äqu und bei linearer Reduktion der Gesamtemissionen liegt es bei knapp 55 Millionen t CO₂äqu. In beiden Fällen (produktions- und konsumbasiert) werden die global ungleich verteilten Treibhausgasniveaus fortgeschrieben und linear konvergierend auf ein Niveau von 1,04 t CO₂äqu pro Kopf erst in 2050 geführt.

Treibhausgasbudgetierung

Tabelle 42: 2 °C-Ziel konforme Treibhausgasbudgets für Graz 2016-2050

Berechnungsmethode	t CO ₂ äqu	Grafische Interpretation
Verringerung und Konvergenz (produktionsbasiert)		
- Linearität in den Pro-Kopf-Emissionen	28.695.537,94	
- Linearität in den Gesamtemissionen	26.961.227,24	
Verringerung und Konvergenz (konsumbasiert)		
- Linearität in den Pro-Kopf-Emissionen	59.487.078,35	
- Linearität in den Gesamtemissionen	54.970.264,30	
Gleichverteilung pro Kopf		
- Bevölkerungsverhältnis Graz/Welt 2016	42.747.413,38	
- Bevölkerungsverhältnis Graz/Welt 2016-2050 kumuliert	42.770.248,78	

Quelle: Eigene Berechnungen

Das geringere produktionsbasierte Treibhausgasbudget beim Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ lässt sich mit Hilfe des für Graz unterstellten Startwerts in Höhe von 4,08 t CO₂äqu pro Kopf im Jahr 2016 erklären. Nachdem der Startwert unter dem globalen Mittel von 4,78 t CO₂äqu pro Kopf in 2016 (Ritchie und Roser 2017) liegt und linear bis zum Jahr 2050 auf den global einheitlichen Zielwert von 1,04 t CO₂äqu reduziert wird, liegen die der Stadt Graz zugestanden Pro-Kopf-Emissionswerte für die 35 Jahre des Bilanzierungszeitraums stets unter dem globalen Mittel. Folglich ist das geringere Treibhausgasbudget einerseits auf den „guten“ Startwert, und andererseits auf die Technologieannahme, dass Graz die Treibhausgasemissionen jährlich um einen konstanten Betrag senken kann, zurückzuführen.

Mit demselben Argument lässt sich das höhere konsumbasierte Treibhausgasbudget beim Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ begründen. Der Startwert für Graz liegt in diesem Fall bei 9,66 t CO₂äqu pro Kopf im Jahr 2016 und ist somit mehr als doppelt so hoch als die globalen durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen in Höhe von 4,78 t CO₂äqu im Jahr 2016 (Ritchie und Roser 2017). Aufgrund der Annahme der linearen Reduktion der Treibhausgasemissionen beim Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ wird der Stadt Graz somit jährlich bis 2050 ein Budget zugestanden, welches über dem globalen Mittel liegt. Im Jahr 2050 wird dann der global einheitliche Zielwert von 1,04 t CO₂äqu pro Kopf erreicht.

Beim Ansatz „Gleichverteilung pro Kopf“ werden allen Erdenbürgern/-bürgerinnen ab 2016 gleiche kumulierte Pro-Kopf-Emissionen zugestanden, basierend auf der Bevölkerungsverteilung eines Referenzzeitraums. Die Verwendung von 2016 als Referenzjahr der Bevölkerungsverteilung begünstigt Städte, welche 2016 einen großen Anteil an der Weltbevölkerung haben. Wird die gesamte Bevölkerung des Budgetierungszeitraums (2016-2050) als Referenz genutzt, profitieren Städte mit überdurchschnittlich hohem Bevölkerungswachstum von dem Erhalt eines höheren Treibhausgasbudgets. Gemäß Prognosen wird der Anteil von Graz an der Weltbevölkerung steigen (Tabelle 49), sodass die Stadt Graz bei der Zuweisung von Emissionsrechten von der Einbeziehung späterer Referenzjahre profitieren würde.

In beiden Fällen der Berechnung (Bevölkerungsverteilung im Ausgangsjahr, bzw. kumulierte Bevölkerungsverteilung) beträgt das Treibhausgasbudget für Graz für den Ansatz „Gleichverteilung pro Kopf“ rund 42,75 Mio t CO₂äqu. Werden aus diesem Budget jährlich die konsumbasierten Emissionen abgebucht, und starten diese bei 2,77 Mio t CO₂äqu, so müssen diese **Emissionen im Durchschnitt jährlich um zumindest 5,6% sinken**, um mit den errechneten Budgets bis 2050 auszukommen. Aufgrund der im Zeitverlauf wachsenden Grazer Bevölkerung **entspricht** dies, bezogen auf die Pro-Kopf-Größen, **einer Reduktion von durchschnittlich jährlich 6,4% pro Kopf**.

Für die ermittelte Haupt-Variante des der Stadt Graz zur Verfügung stehenden Treibhausgasbudgets macht somit ein fairer Beitrag zur Erreichung des Pariser Klimaziels eine Reduktion der Treibhausgasemissionen der Stadt Graz in der Periode 2016-2050 um jährlich durchschnittliche zumindest 5,6% erforderlich (dies entspricht einer Reduktion der THG-Emissionen pro Kopf in Höhe von durchschnittlich 255 kg CO₂äqu pro Person und Jahr). Selbst wenn – aus globaler Fairness-Sicht deutlich kritisierbare – andere Zuteilungsvarianten gewählt werden, die Graz ein großzügigstes Budget zusprechen, so bleiben die durchschnittlichen Reduktionsraten der Pro-Kopf-Emissionen ident, allein der Stadt wird eine längere Übergangszeit gewährt, sie kann diese gleiche durchschnittliche Reduktion auch über geringere absolute Reduktionen zu Beginn erreichen.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Um ein Klimafenster abzusichern, in dem unser Planet für die Menschheit lebenswert bleibt, hat sich die Weltgemeinschaft im Pariser Klimaübereinkommen darauf verständigt, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bei höchstens 2 Grad (gegenüber vorindustriell), möglichst jedoch bei nicht mehr als 1,5 Grad zu begrenzen. Dieses Ziel lässt sich physikalisch umrechnen in eine Menge an Treibhausgasen, die die Menschheit über alle Zukunft noch maximal in die Atmosphäre entlassen darf. Gegeben der noch bestehenden Unsicherheiten in der Reaktion des globalen Klimasystems, muss man dafür zudem eine bestimmte Wahrscheinlichkeit unterstellen, mit der dieses Ziel zumindest erreicht werden soll. Üblicherweise wird hier eine Zwei-Drittel-Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung gewählt, was zu einem globalen Wert an maximal möglichen Emissionen bis zur Mitte des Jahrhunderts in Höhe von rund 1000 Gt CO₂äqu führt (Meyer und Steining 2017). Hat man diesen globalen Wert abgeleitet, so kann dieser Wert nun über unterschiedliche Ansätze auf Länder bzw. kommunale Einheiten darin heruntergebrochen werden.

Zwei naheliegende Methoden, die in dieser Studie als Ankerpunkte verwendet werden, sind:

- (a) das global verfügbare Treibhausgasbudget wird gleichmäßig auf alle heute lebenden Menschen aufgeteilt, und jeder Staat (bzw. jede Kommune) bekommt den seiner aktuellen Bevölkerungszahl entsprechenden Anteil daran zugesprochenen.
- (b) es könnte auch argumentiert werden, dass das Absenken der Treibhausgasemissionen keine einfache Sache ist, und man daher nicht von heute weg schon globale Gleichverteilung pro Kopf implementiert, sondern es allen Ländern gestattet, sich erst über die Zeit, bis zu einem in der Zukunft definierten Zeitpunkt auf einen global einheitlichen, und erst dann gleichen Pro-Kopf-Emissionswert hinzubewegen.

Der Wert, der innerhalb beider Ansätze abgeleitet wird, ist dabei für ein Industrieland wie Österreich jedenfalls ein „maximalst“ mögliches Budget, eine obere Grenze – weil viele Gründe angeführt werden können, die für ein geringeres Budget sprechen:

- Industrieländer wie Österreich sind historisch für einen überproportionalen Anteil an Emissionen verantwortlich, haben also „ihr Recht“ auf die Nutzung der Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre schon in der Vergangenheit in Anspruch genommen, und daher nunmehr nur mehr ein kleineres Budget verfügbar.
- Industrieländer im Allgemeinen, und Österreich im Besonderen, sind im globalen Maßstab sehr reiche Länder, mit deutlich höherer Kapazität (technologisch, Bildung) zur

Emissionsreduktion, sowie von besonders hohem Wohlstand, sodass ein größerer Anteil am Bemühen um das Absenken der Emissionen übertragbar wäre.

- Industrieländer wie Österreich haben einen umfassenden Kapitalstock aufgebaut (Infrastruktur wie Gebäude, Verkehrswege, etc.), übrigens auch unter dadurch bedingter Treibhausgasemissionen, sodass ihre Bevölkerung davon weiterhin profitiert bzw. Nutzen daraus zieht, und somit von nun an anderen Ländern überproportional das nunmehr noch verbleibende Treibhausgasbudget zuzusprechen wäre.

In der vorliegenden Studie wird dennoch mit diesen beiden Maximal-Ansätzen gearbeitet, zum einen in der Version „Gleichverteilung von heute an“, dies als Hauptvariante, zum anderen jedoch auch zur Illustration wie hoch das Budget wäre, wenn der – zwar die Fairness verletzende – aber allgrößzügigste Ansatz gewählt würde, in der Variante „Verringerung und Konvergenz“, wobei in letzterer der Konvergenzzeitpunkt (also der Zeitpunkt ab dem alle Länder gleiche Pro-Kopf-Emissionen aufweisen), erst auf das Jahr 2050 gelegt wird, also diese Variante auch in dieser Hinsicht eine Maximal-Version des Budgets ergibt.

Als zweite konzeptionelle Frage gilt es zu klären, wie viele (und damit welche) Treibhausgasemissionen einer Kommune wie Graz zuzurechnen sind. Daraus ergibt sich dann auch erst, welcher Betrag des Treibhausgasbudgets pro Jahr verbraucht wird, oder in anderen Worten: wie starke Anstrengungen unternommen werden müssen, um bis zur Mitte des Jahrhunderts wirklich mit allein dem noch der Stadt Graz zugeordneten Budget auszukommen. Auch hier gibt es zwei mögliche Ansätze, die die internationale Diskussion dominieren:

- (a) Im produktionsbasierten Ansatz der Bilanzierung werden die Treibhausgasemissionen jenem Akteur/jener Akteurin zugerechnet, bei dem/der die Emissionen physikalisch anfallen, d.h. z.B. dem Betrieb, der zur Produktion von Gütern Erdöl verbrennt. Die Emissionen werden damit auch dem Ort zugerechnet, an dem diese Emissionen anfallen. Dementsprechend werden der Stadt Graz alle Emissionen zugerechnet, die innerhalb der geografischen Grenzen der Stadt anfallen.
- (b) Im konsumbasierten Ansatz der Bilanzierung werden die Emissionen jenem Akteur/jener Akteurin zugerechnet bzw. angelastet, dessen/deren Endnachfrage das emissionsintensive Gut beinhaltet, egal an welchem Ort auf diesem Planeten (und damit egal wo in der Vorkette der Produktion und ihrer Wertschöpfungskette) die durch die Produktion des Gutes verursacht Treibhausgasemission physikalisch angefallen ist, d.h. z.B. dem Haushalt in Graz, der ein Mobiltelefon kauft, werden alle Emissionen

angelastet, die in der Produktion dieses Telefons entstanden sind, wie jene der mit dem eingesetzten Strom in China verbundenen Emissionen, jene im Transport auf dem Weg von dort nach Österreich, aber auch jene des österreichischen Händlers, bei dem das Produkt letztlich gekauft wurde.

In der vorliegenden Studie wurde für die produktionsbasierte Bilanzierung zum einen auf die bisher zwei früheren vorliegenden Studien in Hinblick auf deren spezifische Emissionskennzahlen zurückgegriffen, diese aktualisiert, insbesondere aber die Produktionsmengen aktualisiert, und eine Emissionsbilanz für das Jahr 2015 erstellt, erstmals auch unter Einschluss der Treibhausgasemissionen aus Abfall und Abwasser (vgl. Tabelle 43). Es konnte damit für die Stadt Graz für das Jahr 2015 ein Wert von 1.170.210 t CO₂äqu an Treibhausgasemissionen ermittelt werden, dies entspricht pro Jahr einer Emission von 4,1 t CO₂äqu pro Kopf.

Erstmals wurde für die Stadt Graz auch ein konsumseitiger Treibhausgasemissionswert erhoben. Hierfür liegen aus der Konsumerhebung keine allein für Graz spezifischen Daten vor, wohl aber jene für die Städte (außer Wien) mit mehr als 100.000 Einwohnern/Einwohnerinnen, somit also ein Wert der Städte Graz, Linz, Salzburg und Innsbruck. Mit diesem Konsummuster, sowie den sektoralen konsumseitigen Treibhausgasintensitäten im österreichweiten Schnitt ließen sich die konsumseitig bilanzierten Treibhausgasemissionen der Stadt Graz ermitteln: es waren dies im Jahr 2015 2.770.727 t CO₂äqu (vgl. Tabelle 44), was einem Wert von rund 9,66 t CO₂äqu pro Kopf entspricht.

Tabelle 43: Überblick über produktionsseitige Bilanzierung für Graz 2015

Produktionsseitige Treibhausgasbilanz Graz 2015			
Abfall und Abwasser			
	Abfall-[t] bzw. Abwasser- aufkommen [m ³]	Emissionsfaktor CO ₂ äqu [t/t] bzw. [t/m ³]	Emissionen [t CO ₂ äqu]
Deponierung	14.210,26	0,19382	2.754,23
Verbrennung	36.460,27	0,51158	18.652,32
Kompostierung	20.816,96	0,41460	8.630,71
Abwasser	28.600.000,00	0,00048	13.595,31
Industrie und Gewerbe			
	MitarbeiterInnen	Emissionsfaktor CO ₂ äqu [t/MitarbeiterIn]	Emissionen [t CO ₂ äqu]
Baugewerbe	4.550	2,61070	11.877,81
Innenausbau	3.032	0,03700	112,20
Lösungsmittelindustrie	979	6,00140	5.875,37
Druckerei	4.806	1,31068	6.299,13
Gartenbau/Landwirtschaft	419	0,31508	132,02
Gaswerk	1.358	0,26100	354,47
Fernheizkraftwerk	104	4,13662	430,93
Reststoffbehandlung	689	0,11800	81,27
Holzverarbeitung	2.039	0,17636	359,60
Kunststoffverarbeitung	214	0,37500	80,25
Metallverarbeitung	12.642	6,70674	84.786,61
Nahrungsmittel	1.115	7,42942	8.283,80
Steinverarbeitung	135	1,17770	158,99
Lagerei, Erdölverarbeitung und Tankstellen	6.072	2,90604	17.645,47
Sonstige	353	0,17636	62,26
Büro	62.766	0,00013	8,16
Krankenversorgung und öffentliche Dienstleistungen	71.862	0,03270	2.349,89
Fremdenverkehr	6.826	0,15400	1.051,20
	Endenergie [GWh]	Emissionsfaktor CO ₂ äqu [t/GWh]	Emissionen [t CO ₂ äqu]
Elektrischer Strom	571,32	279,0	159.399,41
Erdgas	381,20	235,0	89.582,00

Quelle: Eigene Berechnungen (vgl. Kapitel 3)

Tabelle 43: Überblick über produktionsseitige Bilanzierung (Fortsetzung)

Produktionsseitige Treibhausgasbilanz Graz 2015			
Hausbrand			
	Endenergie [GWh]	Emissionsfaktor CO ₂ äqu [t/GWh]	Emissionen [t CO ₂ äqu]
Fernwärme	940,50	190,0	178.695,00
Erdgas	381,20	235,0	89.582,00
Elektrischer Strom	419,68	279,0	117.089,59
Kohle	48,09	368,7	17.730,00
Heizöl	173,81	340,0	59.096,96
Verkehr			
	Fahrleistung [Fzg-km]	Emissionsfaktor CO ₂ äqu [t/Fzg-km]	Emissionen [t CO ₂ äqu]
Pkw	1.331.224.631,65	0,00014	191.998,91
Lkw	119.376.794,88	0,00067	79.966,24
Bus	6.191.742,47	0,00056	3.488,10
Gesamtemissionen 2015: 1.170.210,20 t CO₂äqu			

Quelle: Eigene Berechnungen (vgl. Kapitel 3)

Tabelle 44: Überblick über die konsumseitige Bilanzierung für Graz 2015

Konsumseitige Treibhausgasbilanz Graz 2015			
Güterklasse	Endnachfrage der Unternehmen, der privaten und der öffentlichen Haushalte [€]	Emissionsfaktor CO ₂ äqu [t/10 ⁶ €]	Emissionen [t CO ₂ äqu]
Landwirtschaftliche Erzeugnisse	95.044.271,91	500,79	47.597,30
Erzeugnisse der Forstwirtschaft und Fischerei	14.176.441,15	949,13	13.455,34
Bergbauerzeugnisse	2.416.811,27	437,58	1.057,54
Lebensmittel	579.912.203,05	323,09	187.365,48
Textilien	290.112.233,87	362,98	105.304,03
Holz, Holzwaren und Kork	4.118.288,05	435,26	1.792,52
Papier, Pappe und Waren daraus;	78.054.783,97	353,73	27.609,96
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	178.747.772,93	820,90	146.733,26
Gummi- und Kunststoffwaren	160.634.214,31	590,65	94.878,38
Glas- und Glaswaren, Keramik	16.910.755,84	1.283,83	21.710,49
Metalle und Metallerzeugnisse	91.780.412,60	648,75	59.542,53
Kraftwagen und Kraftwagenteile	379.040.960,52	389,07	147.473,01
Maschinen	378.266.913,22	385,07	145.659,74
Elektrische Ausrüstungen	359.869.903,35	490,51	176.520,33
Elektrischer Strom	120.027.215,23	1.825,52	219.111,65
Gebäude und Bauarbeiten	1.619.697.973,22	329,12	533.074,73
Handelsleistungen	431.782.105,46	234,82	101.392,83
Diensleistungen	1.806.981.177,13	112,52	203.312,86
Öffentliche Dienstleistungen	2.500.446.184,76	132,30	330.820,84
Verkehrsleistungen	357.474.910,83	577,14	206.313,80
Gesamtemissionen 2015: 2.770.726,60 t CO₂äqu			

Quelle: Eigene Berechnungen (vgl. Kapitel 4)

Nun können beide Grundlagen zusammengeführt werden. Wird das Treibhausgasbudget nach globaler Gleichverteilung ab sofort der Stadt Graz zugeteilt, so steht der Stadt Graz ein Budget von rund 42,7 Mio t CO₂äqu zur Verfügung. Wenn in dieser Berechnung auch berücksichtigt wird, dass die Bevölkerungsprognose für Graz ein Wachstum aufweist, das ganz leicht über dem Wachstum der Weltbevölkerung liegt, so erhöht sich das Budget marginal auf 42,8 Mio t CO₂äqu. Will die Stadt Graz ihren Verbrauch bis zur Mitte des Jahrhunderts nun innerhalb dieses Budgets halten, so muss sie ihre konsumseitigen Emissionen um durchschnittlich 5,6% pro Jahr absenken (vgl. Tabelle 45). Wird diese Reduktion auf eine Reduktionsrate pro Kopf umgelegt, entspricht dies aufgrund der steigenden Bevölkerung einer erforderlichen durchschnittlichen Reduktion der Pro-Kopf-

Emissionen von sogar 6,4% pro Jahr. Die in absoluter Höhe erforderliche THG-Emissionsreduktion beträgt hier beispielsweise im ersten Jahr 156 Tausend t CO₂äqu für die konsumseitigen Emissionen der Stadt Graz insgesamt, bzw. 620 kg CO₂äqu pro Kopf (vgl. Tabelle 45).

Wie lässt sich das verfügbare Treibhausgasbudget gemeinsam mit der Kenntnis der aktuellen THG-Emissionen in solch eine erforderliche Reduktionsrate umlegen? Dies hängt freilich von Gestalt und zeitlicher Verteilung des unterstellten Reduktionspfades ab. Eine vielleicht plausibelste, und hier jedenfalls für die Hauptvariante unterstellte, Möglichkeit dafür ist anzunehmen, dass eine jährliche Reduktionsrate im Durchschnitt konstant erhalten wird. Dies bedeutet, dass – startend vom Ausgangs-Emissionsniveau – die absolut erzielte Reduktion zunächst höher ist, mit der Zeit in absoluter Größe jedoch abnimmt, weil es zunehmend schwieriger wird weiter zu reduzieren. Als einen möglichen Pfad dafür wieviel schwieriger es wird, unterstellen wir hier einfach eine Konstanz der relativen Reduktion (bezogen auf das jeweils niedrigere Emissionsniveau), somit eine Konstanz der (durchschnittlichen) Reduktionsrate.

Mathematisch spezifiziert kann die Reduktionsrate für diesen Fall ausgedrückt werden durch

$$\text{Jährliche Reduktionsrate } R = \left(\frac{e^{\text{end}}}{e^{\text{start}}} \right)^{\frac{1}{t^{\text{end}} - t^{\text{start}}}} - 1,$$

wobei $\frac{e^{\text{end}}}{e^{\text{start}}}$ das Verhältnis der Emissionsniveaus zu Beginn und am Ende des Budgetierungsprozesses darstellt, und die Differenz $t^{\text{end}} - t^{\text{start}}$ den Budgetierungszeitraum (2016-2050) beschreibt. Gleichzeitig darf das Budget nicht überschritten werden, zur Ermittlung der geringstmöglichen erforderlichen Reduktionsrate muss es vollständig ausgeschöpft werden, sodass für diesen Fall gilt:

$$\text{THG-Budget} = \sum_{t=t^{\text{start}}}^{t^{\text{end}}} e^{\text{start}} * (1+r)^{t-t^{\text{start}}}$$

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Tabelle 45: Treibhausgasbudget der Stadt Graz, sowie erforderliche (durchschnittliche) jährliche Emissionsreduktion um mit diesem Budget auszukommen

Zuteilungsmethode					
(A) Gleichverteilung pro Kopf (Hauptvariante)					
Zuteilungsmethode, spezifisch	THG-Budget [in t CO₂äqu]	Notwendige Verringerung der THG-Emissionen pro Jahr			
		absolut, im ersten Jahr		als Rate (Ø) ¹	
		Graz gesamt	Pro Kopf	Graz gesamt	Pro Kopf ²
Bevölkerungsverhältnis Graz/Welt 2016	42.747.413	155.820 t			
Bevölkerungsverhältnis Graz/Welt 2016-2050 kumuliert	42.770.249	155.950 t		620 kg	5,6% ³
				6,4% ³	
(B) Alternative Zuteilungsmethoden, die den Ländern des Südens überproportionale Reduktionsraten auferlegen, Graz jedoch geringere					
Zuteilungsmethode, spezifisch	THG-Budget [in t CO₂äqu]	Notwendige Verringerung der THG-Emissionen pro Jahr			
		Absolut			
		Graz gesamt		Pro Kopf	
		Pro Jahr	Ø pro Jahr	Pro Jahr	Ø pro Jahr
(B.1) Verringerung und Konvergenz (produktionsbasiert)					
- Linearität in den Pro-Kopf-Emissionen	28.695.538		23.523 t	90 kg	
- Linearität in den Gesamtemissionen	26.961.227	23.523 t			90 kg
(B.2) Verringerung und Konvergenz (konsumbasiert)					
- Linearität in den Pro-Kopf-Emissionen	59.487.078		70.597 t	255 kg	
- Linearität in den Gesamtemissionen	54.970.264	70.597 t			255 kg

Quelle: Eigene Berechnungen (vgl. Kapitel 5)

¹ Zur Methodik der Ermittlung der durchschnittlichen Reduktionsrate: siehe Haupttext.

² Bevölkerungsdynamik beeinflusst Ergebnis maßgeblich.

³ Basis für die Reduktionswerte bildet das Ergebnis der konsumseitigen THG-Bilanz 2015.

In der Wahl der Zuteilungsmethode des globalen Treibhausgasbudgets auf ein regionales nach dem Ansatz „Gleichverteilung pro Kopf der Weltbevölkerung“ werden Industrieländer wie Österreich bereits insofern großzügig behandelt, als weder historisch höhere Emissionen dieser Länder als Budget-reduzierend eingehen, noch die aus der Nutzung der Infrastruktur erzielten Vorteile, die unter Emissionsausstoß aufgebaut wurde. Beide letztgenannten Argumente könnte man ins Treffen führen, um das Treibhausgasbudget eines Landes wie

Österreich (oder einer darin befindlichen Stadt wie Graz) geringer ausfallen zu lassen, hat doch Österreich (Graz) damit bereits in der Vergangenheit schon seinen Anteil an der Aufnahmekapazität der Atmosphäre für Treibhausgase überproportional genutzt, und profitiert noch immer von der damit erstellten Infrastruktur.

Wird hingegen nicht nur dieser Argumentation zur Verringerung des verfügbaren Treibhausgasbudgets nicht Folge geleistet, sondern werden ganz im Gegenteil sogar Argumente bemüht, Österreich (und damit auch der Stadt Graz) ein sogar größeres Treibhausgasbudget zuzuteilen, so geschieht dies insbesondere über den Ansatz „Verringerung und Konvergenz“. Hierbei wird argumentiert, dass aktuelle Hoch-Emittenten einfach nicht so schnell ihre Emissionen reduzieren können, und daher der Zeitpunkt ab dem die THG-Emissionen pro Kopf global gleich sein sollen, nicht sofort ist, sondern erst in der Zukunft liegt, und bis dahin gegenwärtige Hoch-Emittenten noch höhere Emissionen ermöglicht werden. Im Extremum wird dieser zukünftige Zeitpunkt der globalen Pro-Kopf-Gleichverteilung erst auf das Jahr 2050 gesetzt.

Folgt man diesem – aus globalen Fairnessüberlegungen wohl nicht zulässigen Argument – in dieser Extremvariante, so zeigt sich, dass selbst darin für Graz signifikante Treibhausgasemissionsreduktionen erforderlich sind.

Da dem Ansatz „Verringerung und Konvergenz“ folgend nicht nur das Treibhausgasbudget einzuhalten ist, sondern auch das Pro-Kopf-Emissionsniveau bis zum Konvergenzjahr (2050) auf den global dann gleichen Zielwert abzusenken ist, bietet sich hier als plausibler Emissionsreduktionspfad eine lineare Absenkung der Emissionen an. Im Folgenden wird somit für die Varianten des Treibhausgas-Budgets, die nach dem „Verringerung und Konvergenz“-Ansatz ermittelt wurden, zur Ermittlung des Reduktionsbedarfes für die Emissionsreduktionspfade eine jeweils lineare Emissionsreduktion unterstellt, d.h. eine in jedem Jahr gleich hohe absolute Emissionsreduktion. Wird in der THG-Budgetzuteilung die Bevölkerungsdynamik nicht berücksichtigt, so wird eine konstante absolute Reduktion in den Gesamtemissionen der Stadt unterstellt, wird die Bevölkerungsdynamik schon in der Budgetzuteilung berücksichtigt, eine konstante absolute Reduktion in den Pro-Kopf-Emissionen der Grazer und Grazerinnen unterstellt.

Wird dieser für Graz großzügigere Ansatz der „Verringerung und Konvergenz“ gewählt, so kann innerhalb dieses noch einmal unterschieden werden: wählt man als Start- und Ausgangswert des Emissionsniveaus das produktionsbilanzierte Niveau, so beträgt das Budget 27 Mio t CO₂äqu. Wird dabei auch das in Graz über dem Weltdurchschnitt liegende

Bevölkerungswachstum berücksichtigt, so steigt das Budget auf 28,7 Mio t CO₂äqu an. Beide Werte sind viel geringer als jener nach dem vorigen – weltweit gleichverteilten - Ansatz abgeleitete, weil die produktionsbasierten Emissionen von Städten allgemein signifikant unter denen des nicht-urbanen Raums liegen, also bei einem „Verringerung und Konvergenz“-Ansatz auch der Großteil des Budgets den nicht-urbanen Räumen zugesprochen wird. Umgekehrt „verbraucht“ eine Stadt dann auch jedes Jahr nur einen verhältnismäßig kleinen Anteil dieses Budgets (wenn er eben produktionsseitig bilanziert wird). Die erforderliche Reduktion, will Graz innerhalb dieses Budgets bleiben, bei Zurechnung lediglich der produktionsbilanzierten Emissionen nach diesem großzügigeren, „Verringerung und Konvergenz“-Ansatz, beträgt 23.523 t CO₂äqu pro Jahr, umgelegt auf die erforderliche Reduktion der Pro-Kopf-Emissionen sind dies durchschnittlich 90 kg pro Jahr. Gewährt man Graz aufgrund seiner überdurchschnittlich wachsenden Bevölkerung ein noch größeres THG-Budget, ist es der Stadt möglich, die Gesamtemissionen langsamer abzusenken, wenn sie es linear in den Pro-Kopf-Emissionen tut, können diese nun (nicht nur durchschnittlich, sondern) konstant um 90 kg pro Jahr sinken, was bei wachsender Bevölkerung eine geringere absolute Emissionseinsparung für die Stadt Graz als Ganzes pro Jahr zu Beginn, und eine höhere im späteren Verlauf bedingt; im Durchschnitt freilich beträgt auch hier die absolute Emissionsreduktion für die Stadt als Ganzes 23.523 t CO₂äqu pro Jahr (vgl. Tabelle 45).

Wird hingegen im „Verringerung und Konvergenz“-Ansatz der viel höhere konsumbilanzierte Emissionswert als Ausgangs- und Startwert herangezogen, so ist zwar zum einen das Budget wesentlich höher, 55 Mio t CO₂äqu (bzw., wenn zudem auch die stärker wachsende Bevölkerung berücksichtigt wird, 59,5 Mio t CO₂äqu), aber auch der jährlich davon verbrauchte Anteil. Für einen Verbleib innerhalb dieses Budgets ist dann – wenn die Emissionen hier konsumseitig bilanziert werden – eine Reduktion pro Jahr um (durchschnittlich) rund 70.600 t CO₂äqu erforderlich, bzw. (durchschnittlich) um 255 kg pro Person und Jahr (vgl. Tabelle 45). Eine solche Umverteilung der Emissionsreduktionserfordernisse auf die Länder des Südens, die offensichtlich Fairnessüberlegungen verletzt, würde somit eine langsamere Emissionsreduktion in Graz ermöglichen, in der gewählten Extremvariante (Konvergenz erst 2050) für das erste Jahr in etwa halbieren, langfristig wäre freilich das gleiche Pro-Kopf-Niveau an Emissionen zu erreichen, im hier unterstellten Extremfall erst im Jahr 2050, und somit im weiteren Verlauf die absoluten Emissionsreduktionen gegengleich anzuheben.

7. Literaturverzeichnis

- BBSR (2017), CO₂-neutral in Stadt und Quartier – die europäische und internationale Perspektive, *BBSR-Online-Publikation* 3. Online verfügbar unter:
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-03-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [10.04.2018].
- British Standards Institute (2013), PAS 2070:2013: Specifications for the assessment of greenhouse gas emissions of a city - Direct plus supply chain and consumption-based methodologies.
- British Standards Institute (2014), Application of PAS 2070 - London, United Kingdom: An assessment of greenhouse gas emissions of a city. Online verfügbar unter:
https://shop.bsigroup.com/upload/PAS2070_case_study_bookmarked.pdf [10.04.2018].
- Brohé, A. (2017), *The handbook of carbon accounting*, London, Routledge, Taylor & Francis Group.
- Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (2002). BGBl. II Nr. 214/2002 Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Inhalt und Umfang der Emissionskataster. Emissionskatasterverordnung [10.04.2018]. Online verfügbar unter:
http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002_214_2/2002_214_2.pdf.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2017), Bundes-Abfallwirtschaftsplan: Teil 1.
- C40 (2018), Consumption-based GHG emissions of C40 cities.
- Caney, S. (2009), Justice and the distribution of greenhouse gas emissions, *Journal of Global Ethics* 5(2), S. 125–46.
- CDIAC: Carbon Dioxid Information Analysis Center (2018), Global Carbon Budget. Online verfügbar unter: <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/18/data.htm> [25.08.2019].
- Davis, S., G. Peters und K. Caldeira (2011), The supply chain of co₂ emissions, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(45), S. 18554–59.
- Dippold, M., M. Fellendorf, S. Flucher, M. Haberl, S. Hausberger, H. Heinfellner, K. Hofer, G. Lichtblau und C. Nagl (2018), Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in Graz: Quantifizierung und Beurteilung.
- Dodman, D. (2009), Blaming cities for climate change?: An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories, *Environment and Urbanization* 21(1), S. 185–201.
- Du Pont, Y., M. Jeffery, J. Gütschow, P. Christoff und M. Meinshausen (2016), National contributions for decarbonizing the world economy in line with the G7 agreement, *Environmental Research Letters* 11(5), S. 54005.
- Du Pont, Y., M. Jeffery, J. Gütschow, J. Rogelj, P. Christoff und M. Meinshausen (2017), Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals, *Nature Climate Change* 7(1), S. 38–43.
- Energie Graz (2016), Graz entwickelt sich: Geschäftsbericht 2016.

- Fong, W., M. Sotos, M. Doust, S. Schultz, A. Marques, C. Deng-Beck, A. Kovac, P. Bhatia, B. Russell, E. Morris, M. van Staden, Y. Arikan, A. Eichel, J. Dickinson, R. Desai und D. Hoornweg (2014), Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories: An accounting and reporting standard for cities.
- Gassmann, F. (1994), *Was ist los mit dem Treibhaus Erde*, Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag.
- Gemeindebetriebe Frohnleiten GmbH (2019), Abfall | Behandlung | Deponie. Online verfügbar unter: <https://www.gemeindebetriebe.at/abfall-behandlung-deponie/> [14.04.2019].
- Gignac, R. und H. Matthews (2015), Allocating a 2 °C cumulative carbon budget to countries, *Environmental Research Letters* 10(7), S. 75004.
- Grazer Energieagentur (2013), Emissionsreduktion durch die Fernwärme im Großraum Graz: Update 2012.
- Gurney, K., D. Mendoza, Y. Zhou, M. Fischer, C. Miller, S. Geethakumar und S. de La Rue Can (2009), High Resolution Fossil Fuel Combustion CO₂ Emission Fluxes for the United States, *Environmental science & technology* 43(14), S. 5535–41.
- Hausberger, S. (2010), Erstellung globaler Emissionsdaten für Österreichische Kfz von 1950 bis 2030.
- Heiden, B., M. Henn, M. Hinterhofer, O. Schechtner und K. Zelle (2008a), Endbericht Emissionskataster Graz 2001.
- Heiden, B., M. Henn, M. Hinterhofer, O. Schechtner und K. Zelle (2008b), Teilbericht Industrie und Gewerbe/Hausbrand Emissionskataster Graz 2001.
- Heiden, B., M. Henn, M. Hinterhofer, O. Schechtner und K. Zelle (2008c), Teilbericht Verkehr Emissionskataster Graz 2001.
- Höhne, N., M. den Elzen und D. Escalante (2013), Regional GHG reduction targets based on effort sharing: A comparison of studies, *Climate Policy* 14(1), S. 122–47.
- Holding Graz (2011), Geschäftsbericht 2010.
- Holding Graz (2012), Geschäftsbericht 2011.
- Holding Graz (2013), Geschäftsbericht 2012.
- Holding Graz (2014), Geschäftsbericht 2013.
- Holding Graz (2015), Geschäftsbericht 2014.
- Holding Graz (2016), Geschäftsbericht 2015.
- Holding Graz (2017a), Der Grazer Wasserkreislauf. Online verfügbar unter: <https://www.holding-graz.at/graz-wasserwirtschaft/wissenswertes/grazer-wasserkreislauf.html> [14.04.2019].
- Holding Graz (2017b), Geschäftsbericht 2016.
- Hoornweg, D., L. Sugar und C. Trejos Gómez (2011), Cities and greenhouse gas emissions: moving forward, *Environment and Urbanization* 23(1), S. 207–27.

IIASA (2018), SSP Public Database.

IPCC (1995), *Climate Change 1995: The Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

IPCC (2006), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland.

IPCC (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland.

IPCC (2015), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

IPCC (2018), EFDB - Emission Factor Database. Online verfügbar unter: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php> [20.04.2019].

Joanneum Research (2019), Wirtschaftspolitisches Berichts- und Informationssystem: Aktivbeschäftigte nach Wirtschaftsklassen. Online verfügbar unter: <https://wibis-steiermark.at/arbeits/unselbststaendig-beschaefigte/bezirke-und-wirtschaftsklassen/wibis/aktivbeschaefigte-nach-wirtschaftsklassen-bezirke/graz-stadt/zeitreihe/> [17.04.2019].

Kanalbauamt Graz (2007), Die Kläranlage der Stadt Graz: Wasser pur für die Murl

Kuschnig, R. und M. Richtig-Czerni. (2014), Sturzgasse Graz - Neudefinition einer gewachsenen Struktur: Das kommunale Dienstleistungszentrum im Stadtambiente. Diplomarbeit. Graz: Technische Universität Graz, Institut für Gebäudelehre.

Land Steiermark (2011), Abfall und Stoffflüsse, *Umweltbericht 23*.

Land Steiermark (2018), Klimaschutzplan Steiermark: Klimaschutzbericht 2017. Online verfügbar unter: http://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/11514048_67473811/118a08cc/Klimaschutzbericht%202017.pdf [15.04.2019].

Le Quéré, C., R. Andrew, J. Canadell, S. Sitch, J. Korsbakken, G. Peters, A. Manning, T. Boden, P. Tans, R. Houghton, R. Keeling, S. Alin, O. Andrews, P. Anthoni, L. Barbero, L. Bopp, F. Chevallier, L. Chini, P. Ciais, K. Currie, C. Delire, S. Doney, P. Friedlingstein, T. Gkritzalis, I. Harris, J. Hauck,

- V. Haverd, M. Hoppema, K. Klein Goldewijk, A. Jain, E. Kato, A. Körtzinger, P. Landschützer, N. Lefèvre, A. Lenton, S. Lienert, D. Lombardozi, J. Melton, N. Metz, F. Millero, P. Monteiro, D. Munro, J. Nabel, S.-i. Nakaoka, O', K. Brien, A. Olsen, A. Omar, T. Ono, D. Pierrot, B. Poulter, C. Rödenbeck, J. Salisbury, U. Schuster, J. Schwinger, R. Séférian, I. Skjelvan, B. Stocker, A. Sutton, T. Takahashi, H. Tian, B. Tilbrook, I. van der Laan-Luijkx, G. van der Werf, N. Viovy, A. Walker, A. Wiltshire und S. Zaehle (2016), Global Carbon Budget 2016, *Earth System Science Data* 8(2), S. 605–49.
- Le Quéré, C., R. Andrew, P. Friedlingstein, S. Sitch, J. Pongratz, A. Manning, J. Korsbakken, G. Peters, J. Canadell, R. Jackson, T. Boden, P. Tans, O. Andrews, V. Arora, D. Bakker, L. Barbero, M. Becker, R. Betts, L. Bopp, F. Chevallier, L. Chini, P. Ciais, C. Cosca, J. Cross, K. Currie, T. Gasser, I. Harris, J. Hauck, V. Haverd, R. Houghton, C. Hunt, G. Hurtt, T. Ilyina, A. Jain, E. Kato, M. Kautz, R. Keeling, K. Klein Goldewijk, A. Körtzinger, P. Landschützer, N. Lefèvre, A. Lenton, S. Lienert, I. Lima, D. Lombardozi, N. Metz, F. Millero, P. Monteiro, D. Munro, J. Nabel, S.-i. Nakaoka, Y. Nojiri, X. Padín, A. Pregon, B. Pfeil, D. Pierrot, B. Poulter, G. Rehder, J. Reimer, C. Rödenbeck, J. Schwinger, R. Séférian, I. Skjelvan, B. Stocker, H. Tian, B. Tilbrook, I. van der Laan-Luijkx, G. van der Werf, S. van Heuven, N. Viovy, N. Vuichard, A. Walker, A. Watson, A. Wiltshire, S. Zaehle und D. Zhu (2017), Global Carbon Budget 2017, *Earth System Science Data Discussions*, S. 1–79.
- Magistrat Graz (2017), Graz in Zahlen 2017.
- Marques, A., J. Rodrigues, M. Lenzen und T. Domingos (2012), Income-based environmental responsibility, *Ecological Economics* 84, S. 57–65.
- Meyer, L. und K. Steininger (2017), Das Treibhausbudget für Österreich, *Wegener Center Report 71-2017* ISBN: 978-3-9503918-8-6.
- Mi, Z., D. Guan, Z. Liu, J. Liu, V. Vigiú, N. Fromer und Y. Wang (2019), Cities: The core of climate change mitigation, *Journal of Cleaner Production* 207, S. 582–89.
- Millar, R., J. Fuglestvedt, P. Friedlingstein, J. Rogelj, M. Grubb, H. Matthews, R. Skeie, P. Forster, D. Frame und M. Allen (2017), Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 °C, *Nature Geoscience* 10(10), S. 741–47.
- ÖROK (2014), ÖROK-Bevölkerungsprognose 2014 bis 2075. Online verfügbar unter: <https://www.oerok.gv.at/raum-region/daten-und-grundlagen/oerok-prognosen/oerok-prognosen-2014.html> [25.12.2017].
- Österreichische Nationalbank (2018), Referenzkurse der EZB. Online verfügbar unter: <https://www.oenb.at/isaweb/report.do?report=2.14.5> [12.08.2019].
- Österreichischer Städtebund (2016), Österreichs Städte in Zahlen 2015.
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2016), Cities in Europe: Facts and figures on cities and urban areas. Online verfügbar unter:

<https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2016-Cities-in-Europe-2469.pdf>
[11.12.2018].

Peters, G. (2008), From production-based to consumption-based national emission inventories, *Ecological Economics* 65(1), S. 13–23.

Pischinger, R. und P. Sturm (1997), CO₂-Emissionsbilanz aufgrund des Energiebedarfes der Stadt Graz im Bezugsjahr 1995.

Ramaswami, A. und A. Chavez (2013), What metrics best reflect the energy and carbon intensity of cities?: Insights from theory and modeling of 20 US cities, *Environmental Research Letters* 8(3), S. 35011.

Ritchie, H. und M. Roser (2017), CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Online verfügbar unter:
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#per-capita-co2-emissions>
[02.09.2019].

Rockström, J., O. Gaffney, J. Rogelj, M. Meinshausen, N. Nakicenovic und H. Schellnhuber (2017), A roadmap for rapid decarbonization, *Science (New York, N.Y.)* 355(6331), S. 1269–71.

Rueda-Cantuche, J., T. Revesz, A. Amores, M. Mraz, E. Ferrari, A. Mainar, L. Montinari und B. Saveyn (2010), The EU28 GTAP Input-Output Tables.

Stadt Graz (2012), Bevölkerungsprognose für die Landeshauptstadt Graz 2012-2031. Online verfügbar unter:
http://www1.graz.at/Statistik/bev%C3%B6lkerung/Bev%C3%B6lkerungsprognose_2011_2031.pdf
[27.08.2019].

Stadt Graz (2015), Graz in Zahlen 2015.

Stadt Graz (2017), Graz in Zahlen 2017.

Stadt Wien (2017), Energie! Voraus: Energiebericht der Stadt Wien. Online verfügbar unter:
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/energiebericht2017.pdf> [19.12.2018].

Statistik Austria (2016), Konsumerhebung 2014/15.

Statistik Austria (2017), Abgestimmte Erwerbsstatistik 2015: Haushalte und Familien. Online verfügbar unter:
https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/volkszaehlungen_registerzaehlungen_abgestimmte_erwerbsstatistik/haushalte/index.html [09.09.2019].

Statistik Austria (2019a), Bevölkerung im Jahresdurchschnitt. Online verfügbar unter:
https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/bevoelkerung_sstand_und_veraenderung/bevoelkerung_im_jahresdurchschnitt/022311.html [09.09.2019].

Statistik Austria (2019b), Verbraucherpreisindex. Online verfügbar unter:
https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/index.html [09.09.2019].

- Steininger, K., C. Lininger, L. Meyer, P. Muñoz und T. Schinko (2016), Multiple carbon accounting to support just and effective climate policies, *Nature Climate Change* 6(1), S. 35.
- Steininger, K., P. Munoz, J. Karstensen, G. Peters, R. Strohmaier und E. Velázquez (2018), Austria's consumption-based greenhouse gas emissions: Identifying sectoral sources and destinations, *Global Environmental Change* 48, S. 226–42.
- Umweltamt Graz (o. J.), Bioabfall und Grünschnitt. Online verfügbar unter: <https://www.umwelt.graz.at/cms/ziel/6770287/DE/> [09.04.2019].
- Umweltamt Graz (2018), Energiemasterplan Graz: Zwischenbericht 2018.
- Umweltamt Graz, Energie Graz, Energie Steiermark, Holding Graz und Grazer Energie Agentur (2016), Wärmebereitstellung für die fernwärmeversorgten Objekte im Großraum Graz: Statusbericht 2016.
- Umweltbundesamt (2018a), Berechnung von Treibhausgasemissionen verschiedener Energieträger. Online verfügbar unter: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html> [08.07.2018].
- Umweltbundesamt (2018b), Bundesländer Luftschadstoffinventur 1990-2016.
- Umweltbundesamt (2018c), Die Treibhausgase. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> [03.12.2018].
- UNFCCC (1998a), Decision 2/CP.3. Methodological issues related to the Kyoto Protocol.: FCCC/CP/1997/7/Add.1.
- UNFCCC (1998b), Kyoto Protocol to the Framework Convention on Climate Change.
- United Nations (2017), World Population Prospects: The 2017 Revision.
- WBGU (2009), *Kassensturz für den Weltklimavertrag - der Budgetansatz: Sondergutachten*, Berlin, Wiss. Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.
- Wegener Zentrum, TU Graz und Joanneum Research (2010a), Erläuterungen zum Klimaschutzplan Steiermark 2010: Teil 2: Gebäude. Online verfügbar unter: http://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/11514048_67473811/a047b2f8/Band2_3007.pdf [15.04.2019].
- Wegener Zentrum, TU Graz und Joanneum Research (2010b), Erläuterungen zum Klimaschutzplan Steiermark 2010: Teil 5: Produktion. Online verfügbar unter: http://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/11514048_67473811/1b87bf38/Band_5_Produktion_201008.pdf [15.04.2019].
- Wegener Zentrum, TU Graz und Joanneum Research (2010c), Erläuterungen zum Klimaschutzplan Steiermark 2010: Teil 6: Energiebereitstellung. Online verfügbar unter: http://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/11514048_67473811/ed0b9444/Band_6_Energiebereitstellung_201008.pdf [15.04.2019].

- Weltbank (o. J.), The World Bank Atlas Method - Detailed Methodology. Online verfügbar unter:
<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378832-the-world-bank-atlas-method-detailed-methodology> [09.09.2019].
- Weltbank (2018a), What is the SDR deflator? Online verfügbar unter:
<https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378829-what-is-the-sdr-deflator>
[12.08.2019].
- Weltbank (2018b), World Development Indicators: Inflation, GDP deflator. Online verfügbar unter:
<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.DEFL.KD.ZG&country=AUT>
[12.08.2019].
- Weltbank (2019), Population estimates and projections. Online verfügbar unter:
<https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections> [27.08.2019].
- Wiedmann, T., G. Chen und J. Barrett (2016), The concept of city carbon maps: A case study of Melbourne, Australia, *Journal of Industrial Ecology* 20(4), S. 676–91.
- Wieland, H. (2016), Der Carbon Footprint Österreichs: Eine Zeitreihenanalyse von 1970 bis 2012, *Kurswechsel* 3, S. 19–29.
- Windisch, D. (2018), Neue Kläranlage soll Mikroplastik stoppen. Online verfügbar unter:
<https://www.grazer.at/de/KMXcYsuP/neue-klaeranlage-soll-mikro-plastik-stoppen/?page=1&q=kl%C3%A4ranlage> [14.04.2019].
- Wolkinger, B., W. Haas, G. Bachner, U. Weisz, K. Steininger, H.-P. Hutter, J. Delcour, R. Griebler, B. Mittelbach, P. Maier und R. Reifeltshammer (2018), Evaluating health co-benefits of climate change mitigation in urban mobility, *International journal of environmental research and public health* 15(5).
- ZIS+P (2014), Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung 2013.

8. Anhang

Tabelle 46: Industrie- und Gewerbebereichsklassifizierung

Fachbereichscode und -beschreibung		WIBIS (ÖNACE 2008)
B_1	Baugewerbe	F Bauwesen
I_8	Innenausbau	
C_10	Lösungsmittelindustrie	19 Mineralölverarbeitung 20 chemische Erzeugnisse 21 pharmazeutische Erzeugnisse
D_2	Druckerei	18 Druckereierzeugnisse, Vervielfältigung von Datenträgern J Information und Kommunikation
G_5	Gartenbau/Landwirtschaft	A Primärsektor
GW_6	Gaswerk	D-E Energie- und Wasserversorg., Entsorgung u. Rückgewinnung
KW_3	Fernheizkraftwerk	
R_13	Reststoffbehandlung	
H_7	Holzverarbeitung	16 Herstellung von Holzwaren; Korbwaren 17 H.v. Papier/Pappe und Waren daraus 31-33 Möbel, sonst. Waren, Reparatur/Installation v. Maschinen
K_9	Kunststoffverarbeitung	22 Gummi- und Kunststoffwaren
M_11	Metallverarbeitung	24 Metallerzeugung und -bearbeitung 25 Herstellung von Metallerzeugnissen 26-27 Elektrotechnik und Elektronik 28 Maschinenbau 29-30 Fahrzeugbau, sonstiger Fahrzeugbau
N_12	Nahrungsmittel	10-12 Nahrungs-, Futtermittel-, Getränkeherstellung u. Tabakverarb.
S_14	Steinverarbeitung	B Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden 23 Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen u. Erden
T_15	Tankstellen	H Verkehr und Lagerei
UBB	Sonstige	13-14 Textilien und Bekleidung 15 Leder, Lederwaren und Schuhe
Büro	Raumwärme Industrie und Gewerbe	G Handel, Reparatur K Finanz- und Versicherungsdienstleistungen L-N Wirtschaftsdienste R-U Sonstige Dienstleistungen
KH_16	Krankenhaus	O-Q Öffent. Verwaltung, Unterrichtsw., Gesundheits- u. Sozialw.

Quelle: Heiden et al. (2008b), Joanneum Research (2019), Eigene Verknüpfung

Tabelle 47: NACE-GTAP-Korrespondenz

NACE Rev. 2 Codes	GTAP Code	Description of GTAP sectors
01	1 PDR	Paddy rice
	2 WHT	Wheat
	3 GRO	Cereal grains nec (not elsewhere classified)
	4 V_F	Vegetables, fruit, nuts
	5 OSD	Oil seeds
	6 C_B	Sugar cane, sugar beet
	7 PFB	Plant-based fibres
	8 OCR	Crops nec
	9 CTL	Bovine cattle, sheep and goats, horses
	10 OAP	Animal products nec
	11 RMK	Raw milk
	12 WOL	Wool, silk-worm cocoons
02	13 FRS	Forestry
03	14 FSH	Fishing
05, 06, 07, 08, 09	15 COA	Coal
	16 OIL	Oil
	17 GAS	Natural gas
	18 OMN	Mineral nec
10, 11, 12	19 CMT	Bovine meat products
	20 OMT	Meat products nec
	21 VOL	Vegetable oils and fats
	22 MIL	Dairy products
	23 PCR	Processed rice
	24 SGR	Sugar
	25 OFD	Food products nec
	26 B_T	Beverages and tobacco products
13, 14, 15	27 TEX	Textiles
	28 WAP	Wearing apparel
	29 LEA	Leather products
16	30 LUM	Wood products
17, 18, 58, part of 59	31 PPP	Paper products, publishing
19	32 P_C	Petroleum, coal products
20, 21, 22	33 CRP	Chemical, rubber, plastic products
23	34 NMM	Mineral products nec
24	35 I_S	Ferrous metals
	36 NFM	Metals nec
25	37 FMP	Metal products
29	38 MVH	Motor vehicles and parts

Tabelle 47: NACE-GTAP-Korrespondenz (Fortsetzung)

NACE Rev. 2 Codes	GTAP Code	Description of GTAP sectors
30	39 OTN	Transport equipment nec
26	40 ELE	Electronic equipment
27, 28, 33	41 OME	Machinery and equipment nec
31, 32	42 OMF	Manufactures nec
35	43 ELY	Electricity
	44 GDT	Gas manufacture, distribution
36	45 WTR	Water
41, 42, 43	46 CNS	Construction
45, 46, 47, 55, 95	47 TRD	Trade
49, 52, 79	48 OTP	Transport nec
50	49 WTP	Water transport
51	50 ATP	Air transport
53, 61	51 CMN	Communication
64, 66	52 OFI	Financial services nec
65	53 ISR	Insurance
62, part of 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74	54 OBS	Business services nec
90, 91, 92, 93, 96, 97, part of 59	55 ROS	Recreational and other services
37, 38, 39, 75, 84, 85, 86, 87, 88, 94	56 OSG	Public administration, defense, education, health
part of 68 (imputed rent)	57 DWE	Dwellings

Quelle: Rueda-Cantuche et al. (2010)

Tabelle 48: GTAP-INNOVATE-Korrespondenz

GTAP 9 Code	Description	INNOVATE Code	
1-8;11	Agriculture, vegetarian	AVEG	1
9;10;12	Agriculture, meat	AMEA	2
13;14;18	Extraction	EXT	3
15	Coal	COA	4
16	Oil	OIL	5
17;44	Gas	GAS	6
21-26	Vegetarian food products	VEG	7
19;20	Meat food products	MEA	8
27-29	Textiles	TEX	9
30	Wood products	WOOD	10
31	Paper products, publishing	PPP	11
32	Petroleum, coal products	P_C	12
33	Chemical, rubber, plastic products	CRP	13
34	Mineral products nec	NMM	14
35	Ferrous metals	I_S	15
36; 37	Metals nec	MET	16
38;39	Motor vehicles and parts	MVE	17
41	Machinery and equipment nec	TEO	18
40;42	Electronic equipment	TEC	19
43	Electricity	ELY	20
46	Construction	CNS	21
47	Trade	TRD	22
51-55;57	Services	SERV	23
45;56	Other Services Government	OSG	24
48-50	Transport	TRN	25

Quelle: Steining et al. (2018)

Tabelle 49: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung Welt und Graz 2016-2050

Jahr	Bevölkerung Welt	Bevölkerung Graz
2016	7.329.258.499	286.686
2017	7.400.879.184	289.789
2018	7.472.058.001	292.827
2019	7.542.703.738	295.800
2020	7.612.729.356	298.710
2021	7.682.051.990	301.556
2022	7.750.592.951	304.337
2023	7.818.277.720	307.054
2024	7.885.035.955	309.707
2025	7.950.801.489	312.296
2026	8.015.512.325	314.821
2027	8.079.110.643	317.282
2028	8.141.542.798	319.679
2029	8.202.759.315	322.012
2030	8.262.714.898	324.280
2031	8.321.368.420	326.484
2032	8.378.682.933	328.625
2033	8.434.625.658	330.701
2034	8.489.167.994	332.713
2035	8.542.285.512	334.660
2036	8.593.957.958	336.544
2037	8.644.169.252	338.364
2038	8.692.907.486	340.119
2039	8.740.164.929	341.811
2040	8.785.938.022	343.438
2041	8.830.227.382	345.001
2042	8.873.037.796	346.500
2043	8.914.378.230	347.935
2044	8.954.261.821	349.306
2045	8.992.705.881	350.612
2046	9.029.731.895	351.855
2047	9.065.365.524	353.033
2048	9.099.636.600	354.148
2049	9.132.579.132	355.198
2050	9.164.231.303	356.184


Quelle: Stadt Graz (2017), ÖROK (2014), IASA (2018), United Nations (2017), eigene Berechnungen


Zum Inhalt:


Städte beherbergen weltweit bereits mehr als die Hälfte aller Menschen und sind für rund drei Viertel des globalen Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Sie sind aber nicht nur Hauptverursacher des Klimaproblems, sondern können aufgrund ihrer Kapazitäten und Ressourcen zur Lösung des Problems entscheidend beitragen. Zur Sichtbarmachung wie sehr konkrete, klimapolitische Maßnahmen auf städtischer Ebene zu setzen sind, kann sowohl die Ausgangssituation, in Form von Treibhausgasbilanzen, analysiert und Ziele, in Form von einem Auskommen mit noch zulässigen Treibhausgasemissionen, dem sogenannten Treibhausgasbudget, abgesteckt werden.


Durch den Einsatz der zwei zentralen, unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden (produktions- und konsumseitig) werden in der vorliegenden Studie die der Stadt Graz zuzurechnenden Treibhausgasemissionen ermittelt, nach der produktionsseitigen Bilanzierung sind die für die Stadt Graz im Jahr 2015 Emissionen in Höhe von 1.170.210 t CO₂äqu (4,1 t CO₂äqu pro Kopf), nach der konsumseitigen Bilanzierung sind dies 2.770.730 t CO₂äqu (9,7 t CO₂äqu pro Kopf). Basierend auf diesen bilanzierten Treibhausgasemissionen ergibt sich ein Treibhausgasbudget für den Zeitraum von 2016 bis 2050 für Graz im Umfang von 42,75 Mio. t CO₂äqu. Um mit diesem Budget auszukommen, müssen die Emissionen jährlich um durchschnittlich 5,6% sinken.

Der vorliegende Bericht beschreibt die zugrunde liegenden Analysen im Detail und zeigt, dass effektiver Klimaschutz einer mannigfaltigen Politik auf allen Ebenen, in allen Bereichen des Lebens bedarf und nur durch Zusammenarbeit von Politik, Unternehmen und Konsumenten das Klima ausreichend umfangreich geschützt werden kann.

	Signiert von	Prutsch Werner
	Zertifikat	CN=Prutsch Werner,O=Magistrat Graz, L=Graz,ST=Styria,C=AT,
	Datum/Zeit	2019-10-30T09:57:36+01:00
	Hinweis	Dieses Dokument wurde digital signiert und kann unter: https://sign.app.graz.at/signature-verification verifiziert werden.

	Signiert von	Götzhaber Wolfgang
	Zertifikat	CN=Götzhaber Wolfgang,O=Magistrat Graz, L=Graz,ST=Styria,C=AT,
	Datum/Zeit	2019-10-30T10:03:21+01:00
	Hinweis	Dieses Dokument wurde digital signiert und kann unter: https://sign.app.graz.at/signature-verification verifiziert werden.

	Signiert von	Maili Natascha
	Zertifikat	CN=Maili Natascha,O=Magistrat Graz, L=Graz,ST=Styria,C=AT,
	Datum/Zeit	2019-10-30T10:21:14+01:00
	Hinweis	Dieses Dokument wurde digital signiert und kann unter: https://sign.app.graz.at/signature-verification verifiziert werden.

	Signiert von	Schwentner Judith
	Zertifikat	CN=Schwentner Judith,O=Magistrat Graz, L=Graz,ST=Styria,C=AT,
	Datum/Zeit	2019-10-30T10:50:55+01:00
	Hinweis	Dieses Dokument wurde digital signiert und kann unter: https://sign.app.graz.at/signature-verification verifiziert werden.