

## Anlage 2b

### Wie viel Treibhausgas wird in unterschiedlichen Szenarien ausgestoßen?

In den letzten Jahren sind zahlreiche Studien und Pläne veröffentlicht worden, die darstellen, wie Deutschland in den nächsten Jahren und Jahrzehnten seinen Treibhausgasausstoß reduzieren kann. Um zu überprüfen, ob diese Pläne geeignet sind, um das 1,5-Grad-Ziel oder andere Klimaziele einzuhalten, müssen sie mit dem Restbudget verglichen werden, das uns laut wissenschaftlichen Berechnungen noch zur Verfügung steht.

In Tabelle 1 ist dargestellt, wie viel CO<sub>2</sub> maximal ausgestoßen werden darf, wenn die Erderwärmung ein bestimmtes Niveau nicht überschreiten soll (grün hinterlegt) und wie viel Treibhausgas jeweils ausgestoßen würde, wenn die Klimastudien und Klimapläne 1:1 umgesetzt würden (grau und blau hinterlegt). Bei der Interpretation der Tabelle müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden, diese werden im Anschluss erläutert.

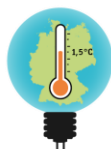
Weiter unten ist das Konzept des Restbudgets erklärt sowie dargestellt, wie die Budgets errechnet wurden.

#### **Anmerkungen zu Tabelle 1**

Die Einheit TE bedeutet Treibhausgas-Einheiten. 1 TE entspricht 1 Million Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (MgCO<sub>2eq</sub>)

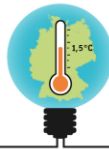
<sup>1</sup> Der Unterschied zu dem Wert in Tabelle 3 erklärt sich wie folgt: Der Bericht des IPCC und die darauf aufbauenden Berechnungen von Prof. Rahmstorf bzw. dem SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung) wurden 2018 bzw. 2019 veröffentlicht. Es macht einen Unterschied, ob zuerst von dem damals berechneten weltweiten Budget die Menge an Treibhausgas abgezogen wird, die bis zum Jahr 2020 bereits ausgestoßen wurde und Deutschland dann von dem verbleibenden Budget einen Anteil erhält oder ob Deutschland seinen Anteil von dem Weltbudget zum Zeitpunkt 2018 erhält und dann von Deutschlands Budget abgezogen wird, was Deutschland seitdem ausgestoßen hat.

<sup>2</sup> Die Studie Jülich 2019 hat in ihrem 95%-Reduktionspfad das Ziel von 95% Reduktion bis 2050 und legt für die Jahre 2030 und 2040 Reduktionsziele zu Grunde, die „ambitionierter sind, als die von der Bundesregierung gesetzten Ziele.“ (vgl. Jülich 2019, S. 11) Genauere Schätzungen waren uns nicht möglich.



**Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Szenarien (Klimastudien und Klimapläne) in Hinblick darauf, wie viel CO<sub>2</sub>-Budget sie beanspruchen**

Studie/ Klimaziel	(Beanspruchtes) Budget (ab 01.01.2020)
1,5 Grad, <i>einfaches</i> Pro-Kopf-Budget, 67% Wahrscheinlichkeit	3.400 TE (nur CO <sub>2</sub> )
Wuppertal 2020 (1,5 Grad, <i>einfaches</i> Pro-Kopf-Budget, 50% Wahrscheinlichkeit)	4.200 TE <sup>1</sup> (nur CO <sub>2</sub> ) + 900 TE andere Gase (Schätzung)
Handbuch Klimaschutz (1,5 Grad, <i>1,8-faches</i> Pro-Kopf-Budget, 67% Wahrscheinlichkeit)	6450 TE (CO <sub>2</sub> + andere Gase) Nur CO <sub>2</sub> : ca. 5300 TE (Schätzung)
Sachverständigenrat der Bundesregierung (SRU 2019: 1,75 Grad, einfaches Pro-Kopf-Budget, 67%)	6.600 TE (nur CO <sub>2</sub> ) + 1400 TE andere Gase (Schätzung)
Agora 2021	9500 TE (Schätzung - CO <sub>2</sub> + andere Gase)
Deutsche Klimaziele neu (beschlossen Mai 2021)	9700 TE (Schätzung - CO <sub>2</sub> + andere Gase)
UBA 2019 (Green Supreme)	9800 TE (Schätzung – CO <sub>2</sub> + andere Gase)
1,5 Grad, <i>doppeltes</i> Pro-Kopf-Budget, 50% Wahrscheinlichkeit	10.000 TE (nur CO <sub>2</sub> )
Agora 2020	10.550 TE (Schätzung – CO <sub>2</sub> + andere Gase)
2 Grad, <i>einfaches</i> Pro-Kopf-Budget, 67% Wahrscheinlichkeit	10.900 TE (nur CO <sub>2</sub> )
BDI 2018 (95%-Pfad)	13.400 TE (Schätzung – CO <sub>2</sub> + andere Gase)
Jülich (95%-Pfad)	> 14.100 <sup>2</sup> TE (Schätzung – CO <sub>2</sub> + andere Gase)
Deutsche Klimaziele alt (vgl. Jülich 2019, Seite 10)	14.100 TE (Schätzung – CO <sub>2</sub> + andere Gase)



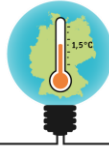
## **Erläuterungen zu Tabelle 1 – wie sind die Zahlen zu interpretieren?**

Klima-Studien und Klima-Pläne unterscheiden sich darin, ob sie untersuchen, wie ein bestimmtes Restbudget eingehalten werden kann (blau) oder wie Deutschland bis zu einem bestimmten Jahr klimaneutral werden kann (grau). Bei Studien, die ein bestimmtes Jahr anstreben, ist meistens nicht angegeben, welches Budget sie beanspruchen. Es kann jedoch auf Grund der Minderungsziele für einzelne Jahre und Pfade zur Klimaneutralität (siehe Grafik 2) geschätzt werden.

Bei Studien, die das Restbudget nutzen, werden häufig nur die Prozesse betrachtet, die CO<sub>2</sub> betreffen, da das Restbudget nicht für andere Treibhausgase berechnet werden kann. Das liegt daran, dass die Klimawirkung anderer Treibhausgase sich über die Zeit ändert. Beispielsweise erwärmt Methan in den ersten Jahren, in denen es in der Atmosphäre ist, das Klima sehr stark (es hat in den ersten 20 Jahren ungefähr die 87-fache Wirkung von CO<sub>2</sub>), die Wirkung wird mit der Zeit aber geringer (berechnet man die Wirkung für die ersten 100 Jahre hat es „nur“ die 25-fache Wirkung von CO<sub>2</sub>). Das Problem dabei das Restbudget nur für CO<sub>2</sub> zu berechnen liegt darin, dass das 1,5-Grad-Ziel oder andere Klimaziele nur dann eingehalten werden können, wenn alle Treibhausgase unter dem Strich auf null reduziert werden. Wenn ein Restbudget für CO<sub>2</sub> angegeben ist, muss also mitbedacht werden, dass dieses nicht ausgeschöpft werden darf, da die Wirkung der anderen Treibhausgase noch hinzukommt.

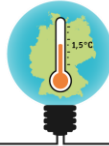
Im Handbuch Klimaschutz haben wir dieses Problem so zu lösen versucht, dass wir die anderen Treibhausgase in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet und dann im Restbudget mit verrechnet haben. Beispielsweise würde eine Tonne Methan vom Restbudget 25 Tonnen abziehen, da Methan die 25-fache Wirkung von CO<sub>2</sub> hat. Das reine CO<sub>2</sub>-Budget des Handbuchs beträgt ca. 5300 TE, also ca. 18% weniger, als wenn die anderen Gase mit einberechnet werden.

Um das Handbuch mit anderen Studien vergleichen zu können, haben wir in Tabelle 1 diese Methode auch auf andere Studien angewendet. Die wissenschaftlich errechneten CO<sub>2</sub>-Budgets (grün) wurden als Restbudgets für alle Treibhausgase interpretiert. Bei den Studien, die kein Budget angegeben haben (grau) wurde berechnet, wie viel CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgestoßen würden, wenn die Studien umgesetzt würden und dieser Wert wurde mit den Restbudgets



verglichen. Wenn nicht explizit in den Studien angegeben, wurden die beanspruchten Budgets auf Grundlage der jeweils angegebenen Minderungsziele geschätzt. Sofern keine gegenteiligen Angaben vorhanden waren, wurde zwischen Jahren mit bekannten Minderungszielen lineare Abnahmen unterstellt.

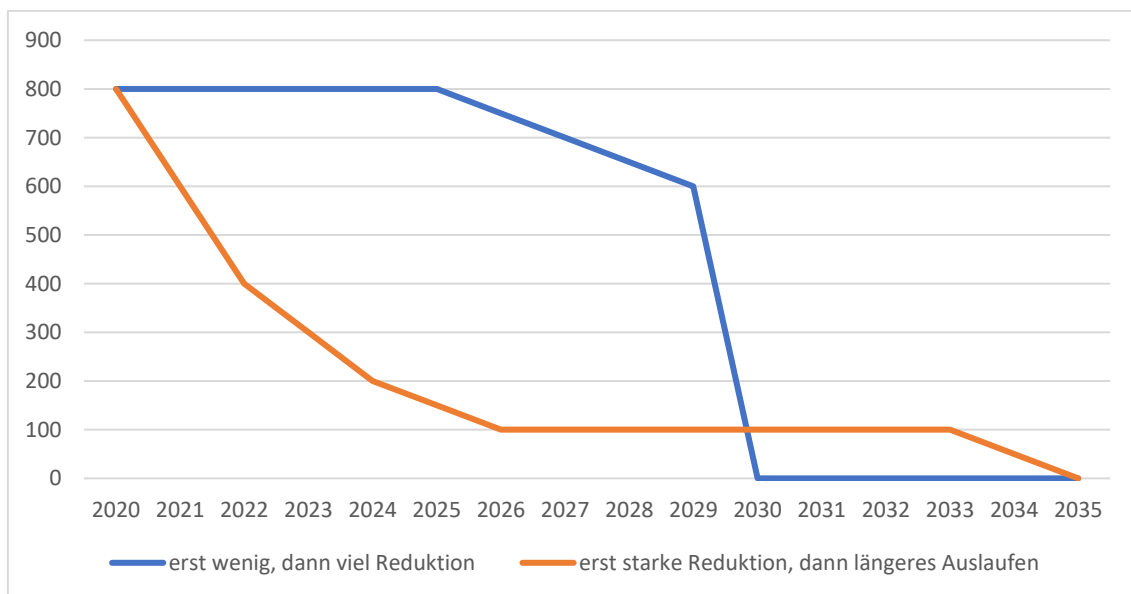
Die anderen Studien (Wuppertal und SRU) haben sich an CO<sub>2</sub>-Budgets orientiert. Um sie in der Logik der Tabelle mit den anderen Studien zu vergleichen, muss geschätzt werden, wie viel andere Treibhausgase noch zu dem von ihnen beanspruchten Budget hinzukommen. Hier sind wir wie folgt vorgegangen: Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen haben heute einen Anteil von ca. 12% an den Treibhausgasen in Deutschland. Langfristig wird der Anteil aber deutlich steigen, da die (CO<sub>2</sub>-) Emissionen aus der Verbrennung fossiler Stoffe beispielsweise stärker reduzierbar sind als der Ausstoß von Methan und Lachgas in der Landwirtschaft. Wir haben deshalb pauschal 21,5% aufgeschlagen, da am Handbuch-Budget Nicht-CO<sub>2</sub>-Gase etwa 18% ausmachen (18% von 100 sind 18, aber 82 + 21,5% = 100).



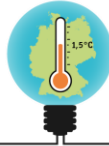
## Erläuterung zu Treibhausgasbudgets – wie kommen die Zahlen zustande und was bedeuten sie?

Sowohl in der Politik, als auch in Studien wird häufig darüber gesprochen bis zu welchem Jahr Deutschland treibhausgasneutral werden soll. Oft wird Treibhausgas-Neutralität bis zu einem bestimmten Jahr (z.B. 2050 oder 2035) gleichgesetzt mit der Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels. Für das 1,5-Grad-Ziel ist aber eigentlich nicht entscheidend, ab welchem Jahr keine Treibhausgase mehr ausgestoßen werden, sondern wie viel insgesamt vor diesem Jahr insgesamt ausgestoßen wurde. Hierzu ein Beispiel:

**Grafik 1: Beispiele für Pfade zur Treibhausgas-Neutralität**



Wenn Deutschland im Jahr 2030 klimaneutral wird, aber erst sehr spät anfängt zu reduzieren (blauer Pfad), werden insgesamt sehr viel mehr Treibhausgase ausgestoßen (im Beispiel 7500 TE), als wenn Deutschland erst 2035 klimaneutral wird, aber bereits in den ersten Jahren stark reduziert (oranger Pfad – im Beispiel 3300 TE). Die Einhaltung der Restmenge (= „Restbudget“) ist für das 1,5-Grad-Ziel entscheidender als das Zieljahr. Wenn am Anfang stark eingespart wird, kann also noch relativ lange ein bisschen Treibhausgas ausgestoßen werden.

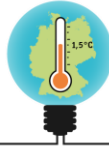


Einige Prozesse können aus technischen Gründen nicht innerhalb von wenigen Jahren umgestellt werden, z.B. die Dämmung der Häuser oder Wiedervernässung der Moore. Diese werden auch bei größten Anstrengungen wahrscheinlich noch in 15-20 Jahren Treibhausgase in geringem Umfang verursachen. Deshalb muss die Reduktion der Treibhausgase bei den anderen Prozessen am Anfang sehr schnell gehen, damit am Ende noch Puffer für die lange dauernden Aufgaben übrigbleibt.

Andererseits ist es zwar theoretisch möglich das 1,5-Grad-Restbudget einzuhalten und erst im Jahr 2050 klimaneutral zu werden. Dies setzt aber voraus, dass innerhalb der ersten Jahre eine massive Reduzierung stattfindet, z.B. 150 MtCO<sub>2</sub> pro Jahr innerhalb der ersten 5 Jahre. Keine uns bekannte Studie rechnet mit solchen Reduzierungen, die auch nur mit starken Verhaltensänderungen, Abschaltung von Kraftwerken und Fabriken, etc. erreichbar wären. Deshalb gilt in aller Regel, dass das Ziel einer Klimaneutralität bis 2050 nicht mit dem 1,5-Grad-Ziel zusammenpasst.

### **»Steil oder flach?« ist auch eine soziale Frage**

Wenn das Budget gleich groß bleibt, ist es für das Klima zunächst egal, wie die Reduktion verläuft – gleichmäßig oder am Anfang steil und dann flach oder am Anfang flach und dann steil. Aber der Verlauf der Kurve hat große Bedeutung für die Gesellschaft. Je weniger Klimaschutz am Anfang gemacht wird (d.h. die Kurve läuft am Anfang flach), desto radikaler müssen die Maßnahmen später sein (d.h. die Kurve läuft am Ende sehr steil). Innerhalb kürzester Zeit müssen die Emissionen dann auf 0 gebracht werden. Da es aber nicht möglich ist, z.B. innerhalb eines Jahres sämtliche PKW durch neue Fahrzeuge zu ersetzen oder große Projekte wie Stromnetze oder Bahnstrecken zu bauen, kann diese sehr große Reduktion dann nur erzielt werden, indem Fahrzeuge und Fabriken, Kraftwerke und Heizungen stillgelegt werden. Dies kann sehr wahrscheinlich nicht sozial verträglich gestaltet werden. Dies wurde mittlerweile sogar gerichtlich



bestätigt. Am 29.04.2021 hat das Bundesverfassungsgericht geurteilt, dass die Reduktionskurve heute so verlaufen muss, dass die Belastungen für die künftigen Generationen nicht zu groß werden. Würde heute zu wenig Klimaschutz gemacht, müssten spätere Generationen dies nachholen und dies würde deren Freiheitsrechte einschränken.<sup>1</sup> Vereinfacht gesagt bedeutet das: Es ist durch das Deutsche Grundgesetz vorgeschrieben, dass die Kurve am Ende nicht zu steil verlaufen darf.

## Wie hoch ist das Budget für die Welt?

In Tabelle 2 ist dargestellt, wie sich das Restbudget für die Welt berechnet. Da die Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre mit der Temperaturerhöhung auf der Erde zusammenhängt, kann ungefähr ausgerechnet werden, wie viel CO<sub>2</sub> noch ausgestoßen werden darf, bis ein bestimmtes Temperaturniveau (z.B. 1,5°C Grad) erreicht ist. Dafür sind 2 Fragen wichtig: 1.) Welches Klimaziel soll angestrebt werden? 2.) Mit welcher Wahrscheinlichkeit soll es erreicht werden?

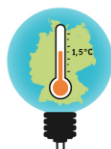
Allerdings sind noch zwei Dinge zu bedenken:

Erstens kann das Restbudget nur für CO<sub>2</sub> bestimmt werden, nicht für die anderen Treibhausgase. Das liegt daran, dass diese sich unterschiedlich schnell abbauen. Methan z.B. hat in den ersten Jahren eine sehr starke Wirkung auf das Klima, nach einigen Jahrzehnten lässt diese aber stark nach. CO<sub>2</sub> hingegen wirkt sehr lange relativ gleichmäßig. Soll ein bestimmtes Ziel (z.B. 1,5°C) eingehalten werden, sollte also das Restbudget für 1,5°C nicht komplett für CO<sub>2</sub> ausgenutzt werden, da die Wirkung der anderen Gase noch hinzukommt.

Zweitens unterliegen die Berechnungen gewissen Unsicherheiten. Dies hängt z.B. damit zusammen, dass bei stärkerer Erwärmung Klima-Kipp-Punkte angestoßen werden (z.B. das Tauen der Permafrostböden in Sibirien) und dann

---

<sup>1</sup> siehe <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>



noch weitere Treibhausgase in die Atmosphäre entweichen. Wie groß die Wirkung der Kipp-Punkte ist, ist schwer abzuschätzen. Je wärmer es wird, desto wahrscheinlicher ist es aber, dass die Kipp-Punkte große Mengen an Treibhausgas freisetzen und das Budget damit kleiner ist, als es berechnet wurde.

**Tabelle 2: Weltweites Restbudget<sup>2</sup>**

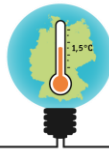
Klimaziel (max. durchschnittliche Erwärmung ggü. 1850- 1900)	Verbleibendes Restbudget weltweit (in GtCO <sub>2</sub> ) ab 01.01.2020	
	Zielerreichung mit 50% Wahrscheinlichkeit	Zielerreichung mit 67% Wahrscheinlichkeit
+ 1,5	500	340
+ 1,75	960	720
+ 2	1.420	1.090
+ 2,5	2.340	1.840
+ 3	3.840	3.010

<sup>2</sup> Eigene Rechnungen, basierend auf Rahmstorf 2019.

Zugrundeliegende Annahmen:

- Zwischen 1.1.2018 und 1.1.2020 wurden weltweit ca. 800 GtCO<sub>2</sub> ausgestoßen.
- Rahmstorfs Tabelle gibt nur Werte für 1,5°C und 2°C an, die Angaben für 2,5°C und 3°C Grad wurden ergänzt. Dabei wurde angenommen, dass das Verhältnis zwischen Budget und Erwärmung konstant ist, also der Unterschied zwischen den Budgets für 1,5°C und 2°C dem Unterschied zwischen 2°C und 2,5°C entspricht usw.





## Wie hoch ist das Restbudget für Deutschland?

Wenn das weltweite Budget berechnet ist, stellt sich die Frage, welchen Anteil Deutschland davon beanspruchen darf. Unterschiedliche Varianten sind in Tabelle 3 dargestellt.

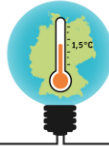
**Tabelle 3: Deutschlands Restbudget<sup>3</sup>**

Klimaziel (max. durchschnittliche Erwärmung ggü. 1850- 1900)	Verbleibendes Restbudget für Deutschland (in MtCO <sub>2</sub> ) ab 01.01.2020			
	Zielerreichung mit 50% Wahrscheinlichkeit		Zielerreichung mit 67% Wahrscheinlichkeit	
	1-faches Pro-Kopf- Budget	2-faches Pro-Kopf- Budget	1-faches Pro-Kopf- Budget	2-faches Pro-Kopf- Budget
+ 1,5	5.000	10.000	3.400	6.800
+ 1,75	9.600	19.200	7.200	14.400
+ 2	14.200	28.400	10.900	21.800
+ 2,5	23.400	46.800	18.400	36.800
+ 3	38.400	76.800	30.100	60.200

*Anmerkung:* 1-faches Pro-Kopf-Budget bedeutet, dass das weltweite Restbudget zu gleichen Teilen auf alle Menschen aufgeteilt wird. 2-faches-Pro-Kopf-Budget bedeutet, dass Deutschland, wie bisher, doppelt so viel beansprucht wie der weltweite Durchschnitt.

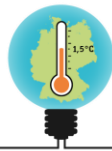
<sup>3</sup> Als Parameter wurden angenommen: Bevölkerung Welt: 7,840 Milliarden Menschen (Quelle: <https://countrysmeters.info/en>, Abruf 22.10.2020); Bevölkerung Deutschland: 83 Millionen Menschen (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Deutschland>, Abruf 22.10.2020); Deutschlands Anteil an der Weltbevölkerung: 1,06%. Angesichts dessen, dass sich Deutschlands Anteil an der Weltbevölkerung weiter verringern wird, wurde mit 1% gerechnet.

Für Deutschland wurden die Werte von GtCO<sub>2</sub> (Gigatonnen) umgerechnet in MtCO<sub>2</sub> (Megatonnen).



## Quellen

- Agora Energiewende. (2020). Klimaneutrales Deutschland. Abgerufen von <https://www.agora-energiewende.de/projekte/klimaneutrales-deutschland-2050/> am 23.10.2020
- Agora Energiewende. (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045. Abgerufen von [https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021\\_04\\_KNDE45/A-EW\\_209\\_KNDE2045\\_Zusammenfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf) am 10.05.2021
- BDI. (2018). Klimapfade für Deutschland. Abgerufen von [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2018/Januar/Klimapfade\\_fuer\\_Deutschland\\_BDI-Studie\\_/Klimapfade-fuer-Deutschland-BDI-Studie-12-01-2018.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2018/Januar/Klimapfade_fuer_Deutschland_BDI-Studie_/Klimapfade-fuer-Deutschland-BDI-Studie-12-01-2018.pdf) am 23.10.2020
- Jülich Forschungszentrum. (2019). Wege für die Energiewende. Abgerufen von [https://www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE/\\_Documents/Downloads/transformationStrategies2050\\_studySummary\\_2019-10-31.pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE/_Documents/Downloads/transformationStrategies2050_studySummary_2019-10-31.pdf.pdf?__blob=publicationFile) am 23.10.2020
- Rahmstorf, S. (2019). Wie viel CO<sub>2</sub> kann Deutschland noch ausstossen? *Scilogs.Spektrum.De*, 2020. Abgerufen von <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/wie-viel-co2-kann-deutschland-noch-ausstossen/> am 23.10.2020
- SRU. (2019). Für die Umsetzung ambitionierter Klimapolitik und Klimaschutzmaßnahmen. Abgerufen von [https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2016\\_2020/2019\\_09\\_Brief\\_Klimakabinett.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2016_2020/2019_09_Brief_Klimakabinett.pdf?__blob=publicationFile&v=5) am 23.10.2020
- Umweltbundesamt. (2019). Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie. Abgerufen von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue\\_studie\\_cc\\_36-2019\\_wege\\_in\\_eine\\_ressourcenschonende\\_treibhausgasneutralitaet.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf) am 23.10.2020
- Wuppertal Institut. (2020). CO<sub>2</sub>-neutral bis 2035 : Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung, 1–113. Abgerufen von [https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/CO2-neutral\\_2035.pdf](https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/CO2-neutral_2035.pdf) am 23.10.2020



Grafik 2: Treibhausgasreduzierungswege unterschiedlicher Szenarien

