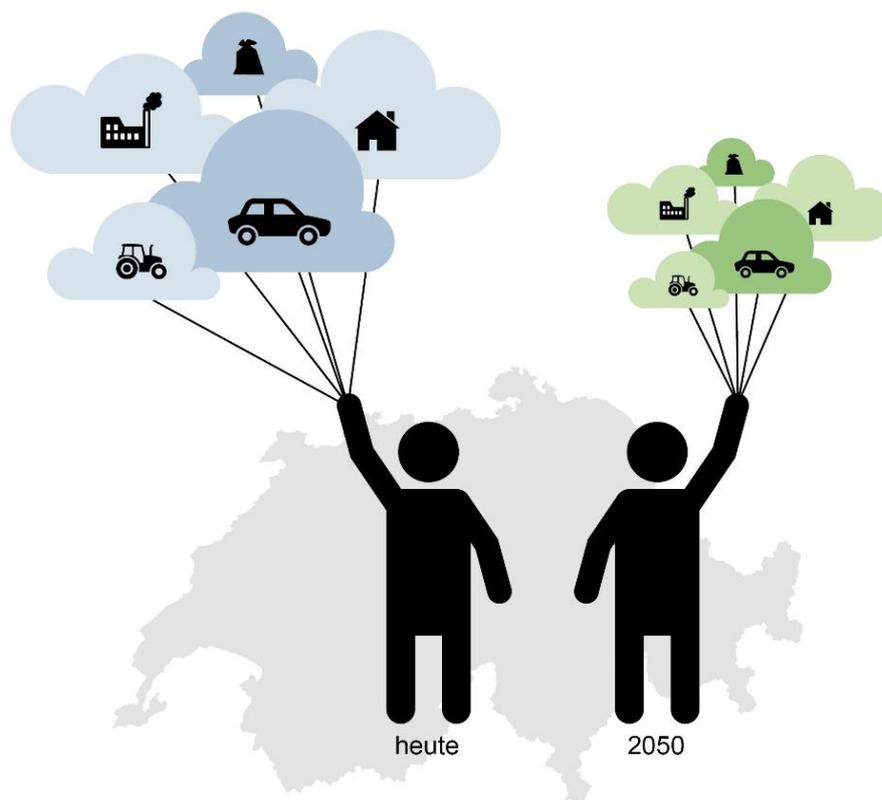


CO₂-Budget der Schweiz

Kurzbericht
19.09.2017



Projektteam



Barla Vieli
Denise Fussen
Michel Müller

EBP Schweiz AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Schweiz
Telefon +41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Druck: 19. September 2017
EBP_Kurzbericht_170919.docx

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|-----------------------------------|---|
| 1. | Einführung | 1 |
| 2. | Methode | 2 |
| 2.1 | Globales CO ₂ -Budget | 2 |
| 2.2 | Aufteilungsansatz | 3 |
| 2.3 | Schweizer CO ₂ -Budget | 5 |
| 3. | Resultat | 6 |
| 4. | Diskussion | 7 |
| 5. | Quellenverzeichnis | 8 |

1. Einführung

Im Rahmen der 21. UN-Klimakonferenz in Paris im 2015 wurde von den 195 Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention beschlossen, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu beschränken, mit Bemühungen auf ein 1.5°C-Ziel (Pariser Abkommen). Zudem sollen die Nettoemissionen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts auf null gesenkt werden, das bedeutet, dass sich die Quellen und Senken aufheben müssen. Im Vorfeld der Klimakonferenz haben diese Vertragsstaaten ihre Klimaschutzbeiträge (*Intended Nationally Determined Contributions*, INDCs) quantifiziert und bei der Klimarahmenkonvention eingereicht. Die individuellen Länderziele wurden jedoch nicht in Übereinstimmung mit der 2°C-Grenze in einem top-down Ansatz hergeleitet, sondern bottom-up durch die Länder bestimmt. Gemäss dem «Climate Action Tracker» bewirken die derzeitigen Ziele den Temperaturanstieg auf ca. 2.8°C bis 2100, mit weiterem Anstieg danach, und erreichen das global festgelegte Ziel nicht (Climate Action Tracker, 2016).

Im Entwurf des CO₂-Gesetzes hat sich die Schweiz zum Ziel gesetzt, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um 50% zu senken (davon mindestens 30% im Inland) und im Durchschnitt der Jahre 2021 bis 2030 um 35%. Bis 2050 ist eine Reduktion von 70 bis 85% angedacht und eine Begrenzung des Pro-Kopf-Ausstosses auf 1 bis 1.5 Tonnen CO₂-Äquivalent¹ (tCO₂eq) vorgesehen (BAFU, 2016). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob das vorgesehene Schweizer Ziel mit dem Pariser Abkommen in Übereinstimmung ist. Um die Implikationen des Pariser Abkommens abzuschätzen, haben verschiedenen Studien berechnet, wieviel CO₂ weltweit noch emittiert werden darf ohne dabei die beschlossene Temperaturgrenze von 2 bzw. 1.5°C zu überschreiten. Doch wie soll das verbleibende globale CO₂-Budget auf die Länder aufgeteilt werden? Ziel des Kurzberichtes ist es, das Pariser Abkommen auf die Schweiz herunterzubrechen und zu quantifizieren, wieviel die Schweiz in Übereinstimmung mit der 1.5°C-Grenze in Zukunft noch emittieren darf.

¹ Unter dem Begriff CO₂-Äquivalent werden alle relevanten Treibhausgase (Methan, Lachgas etc.) zusammengefasst, wobei jedes Treibhausgas über das jeweilige Treibhauspotential in CO₂-Äquivalente umgerechnet wird.

2. Methode

Zur Bestimmung des verbleibenden CO₂-Budgets der Schweiz sind folgende Aspekte zu klären:

- Globales Budget: Wie hoch ist das noch verbleibende globale CO₂-Budget (siehe Kapitel 2.1)?
- Aufteilungsansatz: Wie wird das globale CO₂-Budget auf die verschiedenen Länder aufgeteilt (siehe Kapitel 2.2)?

Mit dem noch verbleibenden globalen CO₂-Budget und dem anzuwendenden Aufteilungsansatz kann das Schweizer CO₂-Budget berechnet werden.

Für die Berechnungen wurden folgende Systemgrenzen festgelegt:

- Treibhausgase: Das in der Literatur berechnete globale CO₂-Budget beinhaltet jeweils nur CO₂. Die anderen Treibhausgase sind im globalen Budget nicht enthalten, es wird angenommen, dass sich diese gemäss einem vorgegebenen Emissionsszenario entwickeln (siehe Kapitel 2.1). Dies liegt einerseits daran, dass CO₂ mengenmässig das wichtigste Treibhausgas ist. Andererseits ist aber auch die Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre mit ca. 120 Jahren deutlich höher als diejenige vom zweitwichtigsten Treibhausgas Methan, welche nur zwischen 9 und 15 Jahren beträgt (Umweltbundesamt, 2016). Das CO₂-Budget und der daraus errechnete Zielpfad beinhalten deshalb nur das CO₂, während sich das Schweizer Ziel auf die CO₂-Äquivalente bezieht. Um die beiden Werte vergleichbar zu machen, wird in der vorliegenden Studie deshalb vereinfacht angenommen, dass alle Treibhausgase im Schweizer Ziel gleichermaßen reduziert werden.
- Territorialprinzip: In Übereinstimmung mit der internationalen Klimakonvention werden nur die direkten Emissionen betrachtet, die innerhalb der Landesgrenzen anfallen. Die von der Schweiz im Ausland verursachten Emissionen werden bei der vorliegenden Berechnung nicht betrachtet. Unter Berücksichtigung dieser Emissionen, würde das Schweizer Budget viel früher aufgebraucht.

2.1 Globales CO₂-Budget

Um die Implikationen des 2°C-Zieles abzuschätzen, haben verschiedene Studien berechnet, wieviel CO₂ weltweit noch emittiert werden darf, ohne dabei die beschlossene Temperaturgrenze zu überschreiten. Die Berechnungen unterscheiden sich in einigen grundlegenden Punkten, wie zum Beispiel der Berücksichtigung der Erwärmung, die nicht auf das CO₂ zurückzuführen ist (sogenanntes «non-CO₂ Forcing²»). Eine Studie von Rogelj et al. (2016) hat diese verschiedenen Methoden zur Berechnung des CO₂-Budgets gegenübergestellt und empfohlen, eines der berechneten Budgets aus dem IPCC (2014) zu verwenden, da dieses das non-CO₂ Forcing berücksichtigt. Das erwähnte Budget gibt jedoch nicht eine konkrete Zahl, sondern eine Bandbreite an. Im Rahmen des vorliegenden Kurzberichtes ist eine konkrete Zahl notwendig und daher kommen

² Das non CO₂-Forcing beinhaltet die Erwärmung durch andere Treibhausgase, wie zum Beispiel Methan und Lachgas, aber auch andere Effekte durch Aerosole, Wolken etc.

folgende globale CO₂-Budgets aus derselben IPCC-Studie in Frage, welche in etwa in der Mitte der oben genannten Bandbreite liegen (IPCC, 2014):

- Das CO₂-Budget, bei dem 66% der Simulationen die Temperaturgrenze von 2°C nicht überschreiten, beträgt 1'000 Gigatonnen CO₂ (GtCO₂) ab 2011.
- Das CO₂-Budget, bei dem 33% der Simulationen die Temperaturgrenze von 1.5°C nicht überschreiten, beträgt 850 GtCO₂ ab 2011.

Im Pariser Abkommen wurde vereinbart, den Temperaturanstieg deutlich unter 2°C zu begrenzen mit Anstrengungen, die Erwärmung auf 1.5°C zu begrenzen. Vor diesem Hintergrund wurde für die vorliegende Berechnung letzteres Budget von 850 GtCO₂ verwendet.

Das gewählte CO₂-Budget bezieht sich auf die Emissionen ab 2011. Da aber auch ein Teil der historischen Verantwortung berücksichtigt wird (siehe Kapitel 2.2), muss das CO₂-Budget ab 1990 berechnet werden. Hierzu werden die vergangenen Emissionen von 1990 bis 2010 auf das CO₂-Budget aufsummiert (siehe Tabelle 1).

| | Wert | Quelle |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Emissionen 1990 - 2010 | 561 GtCO ₂ | Olivier JGJ et al. (2015) |
| Budget ab 2011 | 850 GtCO ₂ | IPCC (2017) |
| Budget ab 1990 | 1'411 GtCO ₂ | berechnet |

Tabelle 1: Berechnung des globalen CO₂-Budgets ab 1990

2.2 Aufteilungsansatz

Wie das globale Budget auf die verschiedenen Länder aufgeteilt wird, ist sowohl eine politische als auch eine ethische Frage. Im vorliegenden Kapitel werden die gängigsten und meistdiskutierten Ansätze kurz vorgestellt (NCEE, 2016 und IPCC, 2014):

- **Gleichheit** («equality»): Dieser Ansatz geht davon aus, dass jeder Mensch gleiches Recht an den gemeinsamen Ressourcen hat. Daraus ergibt sich eine pro-Kopf Aufteilung der Emissionen – das CO₂-Budget eines Landes bemisst sich an dessen Einwohnerzahl.
- **Fähigkeit** («capability»): Gemäss diesem Ansatz können gewisse Länder die Kosten für Minderungsmaßnahmen besser bewältigen als andere. Das globale Budget wird in Abhängigkeit des Entwicklungsstandes, gemessen am Bruttoinlandprodukt (BIP), auf die Länder aufgeteilt, wobei weiter entwickelte Länder mit einem hohen BIP weniger Budget erhielten.
- **Historische Verantwortung** («responsibility»): Die Industriestaaten haben in der Vergangenheit deutlich mehr Treibhausgase ausgestossen als Entwicklungsländer und auch dadurch ihren Entwicklungsvorsprung erreicht. Unter diesem Ansatz sollen die Industriestaaten die historische Verantwortung wahrnehmen, was konkret bedeutet, dass für die Aufteilung des globalen Budgets auch die bereits in der Vergangenheit emittierten Treibhausgase berücksichtigt werden.

- **Souveränität** («sovereignty): Dieser Ansatz besagt, dass alle Länder prozentual gleichviel reduzieren sollen, unabhängig von den nationalen Gegebenheiten.

Die wichtigsten Grundsätze des Pariser Abkommens sind die Gerechtigkeit sowie die gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten und jeweiligen Fähigkeiten unter Berücksichtigung der nationalen Gegebenheiten³. Der Ansatz der «Souveränität», welcher explizit keine nationalen Gegebenheiten berücksichtigt, ist nicht in Übereinstimmung mit dem Pariser Abkommen und wird hier nicht weiter berücksichtigt. Die gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten, sowie die Aussage, dass den Entwicklungsländern mehr Zeit eingeräumt wird um die Emissionen zu reduzieren, deuten darauf hin, dass die historischen Emissionen berücksichtigt werden sollen.

Vor diesem Hintergrund und in Absprache mit dem WWF wurden deshalb für die vorliegende Berechnung die beiden Ansätze der «Gleichheit» und der «historischen Verantwortung» kombiniert. Das heisst, die Emissionen werden anhand der Bevölkerungszahlen aufgeteilt unter Berücksichtigung des bereits emittierten CO₂ ab 1990. Als Ausgangsjahr wurde bewusst das Jahr 1990 gewählt, weil in diesem Jahr der erste Bericht des IPCC veröffentlicht wurde und somit alle Staaten über verlässliche Informationen zum Klimawandel verfügten. Es wäre aber auch eine Berücksichtigung von länger zurückliegenden historischen Emissionen denkbar. Da die Schweiz in der Vergangenheit überdurchschnittlich hohe Emissionen hatte, resultiert unter Berücksichtigung der historischen Emissionen ein kleineres CO₂-Budget für die Schweiz (siehe Tabelle 2). Je weiter zurück die Emissionen berücksichtigt werden, desto kleiner wird dieses. Das kleinere CO₂-Budget, das durch die Berücksichtigung der historischen Verantwortung resultiert, wird wiederum durch die weniger strenge pro-Kopf Aufteilung, im Gegensatz zum Ansatz der Fähigkeit, ausgeglichen.

Für die pro-Kopf Aufteilung anhand der Bevölkerungszahlen muss ein demographisches Referenzjahr bestimmt werden. Das Referenzjahr kann entweder zu Beginn, in der Mitte oder am Ende der betrachteten Periode liegen. Das Bevölkerungswachstum in der Schweiz ist tiefer als im Weltdurchschnitt und resultiert in einem über die Jahre immer kleiner werdenden Anteil der Schweizer Bevölkerung gegenüber der Weltbevölkerung. Je später das Referenzjahr gewählt wird, desto kleiner ist das CO₂-Budget der Schweiz (siehe Tabelle 2). Für die vorliegende Berechnung wurde als demographisches Referenzjahr das Jahr 2016 gewählt. Hierbei handelt es sich um die aktuellsten Bevölkerungszahlen, zudem liegt das Jahr 2016 in etwa in der Mitte der betrachteten Periode (1990 bis 2050).

Die nachfolgende Tabelle zeigt den gewählten Aufteilungsansatz und dessen Einfluss auf das CO₂-Budget der Schweiz.

| | Gewählter Ansatz | Einfluss auf das CO₂-Budget der Schweiz |
|------------|-----------------------------|--|
| Aufteilung | Gleiche pro-Kopf Emissionen | Aufgrund der pro-Kopf Aufteilung resultiert ein grösseres CO ₂ -Budget für die Schweiz, als dies mit einer Aufteilung gemäss dem Ansatz der Fähigkeit der Fall wäre. Das heisst die Schweiz darf in Zukunft mehr ausstossen, wenn man die |

³ Auszug aus dem Pariser Abkommen: "In pursuit of the objective of the Convention, and being guided by its principles, including the principle of equity and common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances"

| | | |
|-----------------------------|---------|--|
| | | Emissionen nach der Einwohnerzahl zuteilt als nach der Wirtschaftskraft. |
| Historische Verantwortung | Ab 1990 | Die Schweiz hatte in der Vergangenheit überdurchschnittlich hohe Emissionen. Durch die Berücksichtigung eines Teils der historischen Verantwortung resultiert ein kleineres CO ₂ -Budget für die Schweiz. |
| Demografisches Referenzjahr | 2016 | Das Bevölkerungswachstum in der Schweiz ist tiefer als im Weltdurchschnitt. D. h. je später das Referenzjahr, desto kleiner das CO ₂ -Budget der Schweiz. Insofern ist ein Referenzjahr in der Mitte des Zeitraums naheliegend. |

Tabelle 2: Eckdaten des gewählten Verteilungsansatzes und deren Einfluss auf das CO₂-Budget der Schweiz

2.3 Schweizer CO₂-Budget

Basierend auf den historischen Emissionen der Schweiz gemäss Treibhausgasinventar, dem Bevölkerungsanteil der Schweiz und dem globalen CO₂-Budget kann das Budget ab 2016 berechnet werden (siehe Tabelle 3).

| | Wert | Quelle |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| Anteil CH an Weltbevölkerung 2016 | 0.11% | Schweizer Bevölkerung 8.4 Mio (BFS, 2017) Weltbevölkerung 7486.5 Mio. (Countrymeters, 2017) |
| CH Budget ab 1990 | 1.59 GtCO ₂ | Berechnet: 0.11% des globalen Budgets gemäss Tabelle 1 |
| CH Emissionen 1990-2015 | 1.14 GtCO ₂ | Treibhausgasinventar vom April 2017 (BAFU, 2017) |
| CH Budget ab 2016 | 0.45 GtCO ₂ | Berechnet: Budget ab 1990 abzüglich der Emissionen 1990-2015 |

Tabelle 3: Berechnung des Schweizer CO₂-Budgets ab 2016

3. Resultat

Basierend auf den Verteilungsansätzen «Gleichheit» und «historische Verantwortung» beträgt das CO₂-Budget der Schweiz ab 1990 1.59 GtCO₂.

Zwischen 1990 und 2015 hat die Schweiz bereits 1.14 GtCO₂ emittiert und somit über 70% des Budgets aufgebraucht. Das Restbudget ab 2016 beträgt 0.45 GtCO₂. Mit einem linearen Zielpfad für die künftigen Emissionen müsste die Schweiz bereits Ende 2038 CO₂-neutral sein (siehe Abbildung 1). In Übereinstimmung mit diesem Zielpfad müsste die Schweiz ihre Emissionen pro Jahr um 3.6% und damit im 2030 um 67% gegenüber 1990 reduzieren (siehe Anhang A1).

CO₂-Reduktionsziele

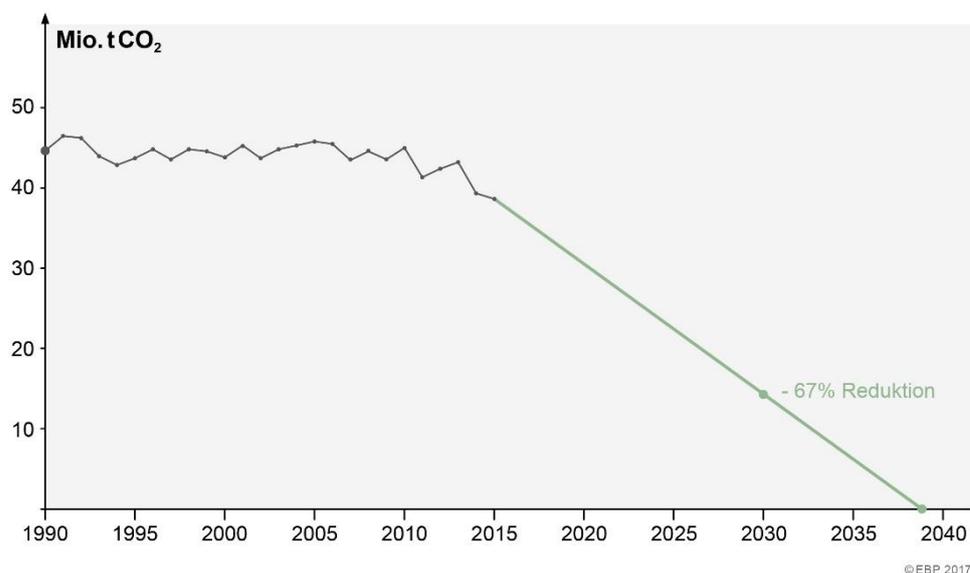


Abbildung 1: Historische Emissionen (schwarz) und vorgeschlagener Zielpfad (grün) basierend auf dem berechneten CO₂-Budget der Schweiz. Quelle: Eigene Darstellung

4. Diskussion

Um die Übereinstimmung mit dem Pariser Abkommen zu gewährleisten, muss die Schweiz ihre CO₂-Emissionen ab 2020 jährlich um 3.6% reduzieren. Der vom Bundesrat vorgelegte Gesetzesentwurf sieht für die Zeit von 2020 bis 2030 eine Reduktion von 1% pro Jahr im Inland sowie zusätzlich 2% im Ausland vor. Das Ziel des Pariser Abkommens ist somit deutlich ambitionierter als das vorgesehene Ziel der Schweiz. Wie in der Beschreibung der Methode bereits erwähnt, beinhaltet das CO₂-Budget und der damit assoziierte Zielpfad nur die CO₂-Emissionen. Im Vergleich dazu beinhaltet das Emissionsreduktionsziel der Schweiz alle Treibhausgase. Der Vergleich zwischen dem CO₂-Budget und dem Schweizer Ziel beruht somit auf der Annahme, dass in der Schweiz alle Treibhausgase gleichermassen reduziert werden.

In Übereinstimmung mit dem Pariser Abkommen muss die Schweiz bis Ende 2038 CO₂-neutral sein, das bedeutet die Quellen und Senken von Kohlenstoff müssen sich aufheben (Netto-Null Emissionen). Eine Kohlenstoffsenke ist ein System, das mehr Kohlenstoff aufnimmt, als es abgibt. Natürliche Kohlenstoffsenken sind zum Beispiel die Wälder, Ozeane und Böden. Es gibt aber auch verschiedene technische Möglichkeiten das CO₂ aus der Atmosphäre abzuscheiden und zu speichern. Es ist jedoch noch offen, wie sich das Potential hierzu entwickelt. Unter der Annahme, dass bis im Jahr 2038 keine nennenswerten Kohlenstoffsenken in der Schweiz vorhanden sind, müssen die Emissionen komplett eingestellt werden.

Die Berechnung des Schweizer CO₂-Budgets beruht in Übereinstimmung mit der internationalen Klimakonvention auf dem Territorialprinzip. Das heisst, es werden nur die direkten Emissionen betrachtet, die innerhalb der Landesgrenzen anfallen. Die Emissionen der Güter, die in der Schweiz konsumiert, aber im Ausland produziert werden, sind somit nicht berücksichtigt. Bezieht man diese grauen Emissionen im Ausland mit ein, wären die Emissionen der Schweiz doppelt so hoch (BAFU, 2014). Gemäss dem Territorialprinzip liegt die Reduktion dieser grauen Emissionen jedoch in der Verantwortung des jeweiligen Produzentenlandes. Um die Verantwortung für die grauen Emissionen wahrzunehmen, kann die Schweiz z.B. durch Technologietransfer, Direktinvestitionen, Grenzsteuerausgleich sowie finanzielle Unterstützung dazu beitragen, dass die Emissionen in diesen Ländern in Übereinstimmung mit dem Pariser Abkommen reduziert werden.

5. Quellenverzeichnis

BAFU (2014): Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz. Umweltbelastung durch Konsum und Produktion von 1996 bis 2011. Bundesamt für Umwelt.

BAFU (2016): Entwurf CO₂-Gesetz vom 31.08.2016 <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/recht/vernehmlassungen/vernehmlassung-vom-31-08-2016-30-11-2016-ueber-die-zukuenftige-k/unterlagen-fuer-die-vernehmlassung-vom-31-08-2016-30-11-2016-ueb.html>, abgerufen am 19.07.2017

BAFU (2017): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory Report 1990 – 2015, Submission of April 2017

BFS (2017): Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung 2005-2016, Stand am 06.04.2017

Climate Action Tracker (2016): <http://climateactiontracker.org/global.html>, abgerufen am 19.07.2017

Countrymeters (2017): <http://countrymeters.info/de/World>, abgerufen am 05.07.2017

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 [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

NCEE (2016): Burden Sharing Under the Paris Climate Agreement, Working Paper #16-04, September 2016 <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-10/documents/2016-04.pdf>

Olivier JGJ. et al. (2015): Trends in global CO₂ emissions; 2015 Report, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Ispra: European Commission, Joint Research Centre

Rogelj J. et al. (2016): Differences between carbon budget estimates unravelled, Nat. Clim. Change 6, 245–252

Umweltbundesamt (2016): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>, abgerufen am 09.08.2017

A1 Zielpfad

| Jahr | Emissionen [Mio. tCO₂] | Reduktion ggü. Basis [%] |
|-------------|--|---|
| Basis | 44.52 | |
| 2016 | 37.23 | 16% |
| 2017 | 35.60 | 20% |
| 2018 | 33.98 | 24% |
| 2019 | 32.36 | 27% |
| 2020 | 30.73 | 31% |
| 2021 | 29.11 | 35% |
| 2022 | 27.48 | 38% |
| 2023 | 25.86 | 42% |
| 2024 | 24.23 | 46% |
| 2025 | 22.61 | 49% |
| 2026 | 20.99 | 53% |
| 2027 | 19.36 | 57% |
| 2028 | 17.74 | 60% |
| 2029 | 16.11 | 64% |
| 2030 | 14.49 | 67% |
| 2031 | 12.86 | 71% |
| 2032 | 11.24 | 75% |
| 2033 | 9.62 | 78% |
| 2034 | 7.99 | 82% |
| 2035 | 6.37 | 86% |
| 2036 | 4.74 | 89% |
| 2037 | 3.12 | 93% |
| 2038 | 1.49 | 97% |