

CO₂-Emissionen und Indikatoren bis 2014 und notwendiges Szenario zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels

2

Die Abb. 2.1 zeigt die Anteile der Weltregionen an den weltweiten, für den Klimawandel ausschlaggebenden, **kumulierten Emissionen von 1971 bis 2014**. Die stark industrialisierten Länder sind eindeutig die Hauptverursacher des Klimawandels wie die Abb. 2.2 noch etwas detaillierter zeigt. Zu den 262 Gt kumulierten Kohlenstoff-Emissionen von 1971 bis 2014 kommen noch etwa 100 Gt von 1870 bis 1971 hinzu, letztere in erster Linie von Europa und USA verursacht. Seit Beginn der Industrialisierung sind also **362 Gt C** an die Atmosphäre abgegeben worden. Für das 2-Grad-Ziel sind bis 2100 maximal **800 Gt C** zulässig, für das 1,5-Grad-Ziel nur **550 Gt C** [2].

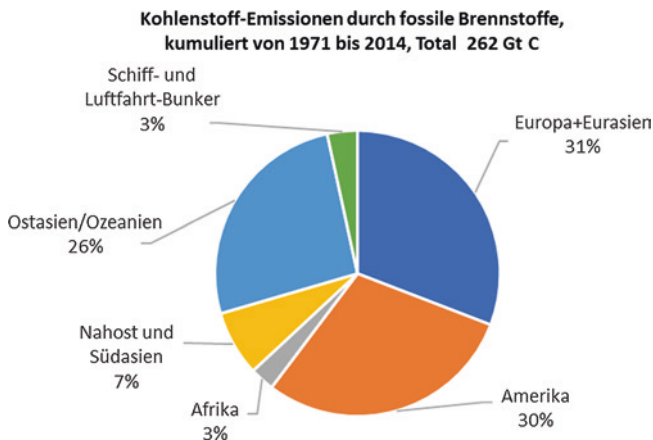


Abb. 2.1 Prozent-Anteile der kumulierten Kohlenstoff-Emissionen von 1971 bis 2014. Gt C = Gigatonnen Kohlenstoff (1 Gt C = 3.67 Gt CO₂)

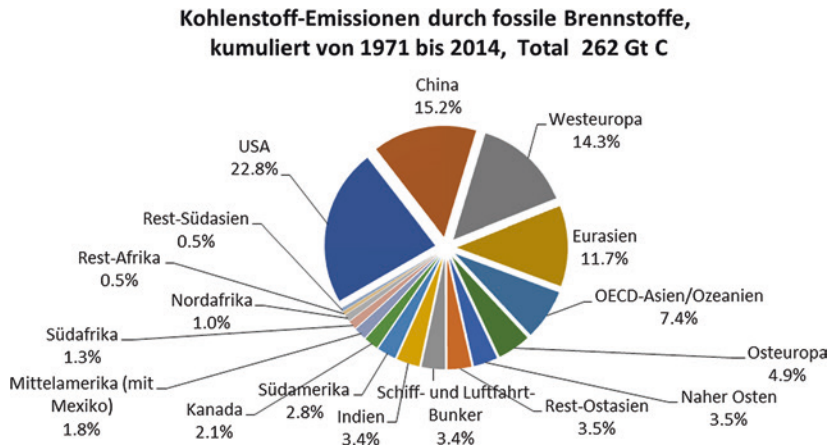


Abb. 2.2 Verursacher der kumulierten Emissionen seit 1971

2.1 USA

Ein mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario bis 2050 für die USA zeigt Abb. 2.3. Der entsprechende Verlauf der Indikatoren ist in Abb. 2.4 wiedergegeben. Die Trends von Energieeffizienz und CO₂-Intensität der Energie sind beide bis 2030 mindestens zu behalten bzw. zu verbessern.

Die Variante *a* ist vor allem anzustreben. Sie würde bei verstärkter Reduktionstendenz der Indikatoren ab 2030 auch Ziele unter 2 °C (z. B. 1,5 °C) ermöglichen.

Die dazu notwendigen prozentualen jährlichen Änderungen bis 2030 für die beiden Varianten *a* und *b* [2] sind detaillierter in Abb. 2.5 wiedergegeben.

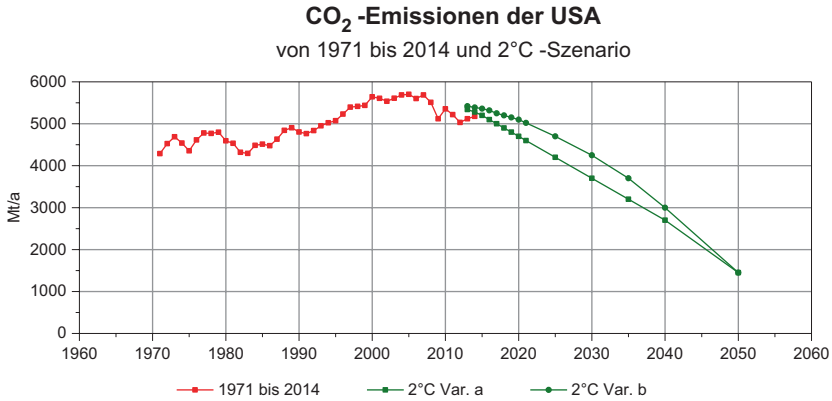


Abb. 2.3 Mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Emissions-Szenario für die USA

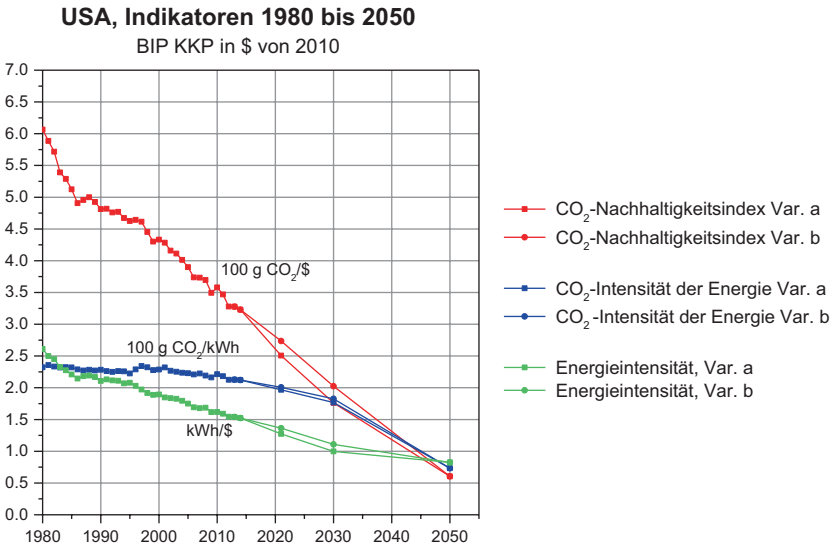


Abb. 2.4 Indikatoren-Verlauf von 1980 bis 2014 und mit dem 2 °C-Ziel kompatibler Verlauf bis 2050

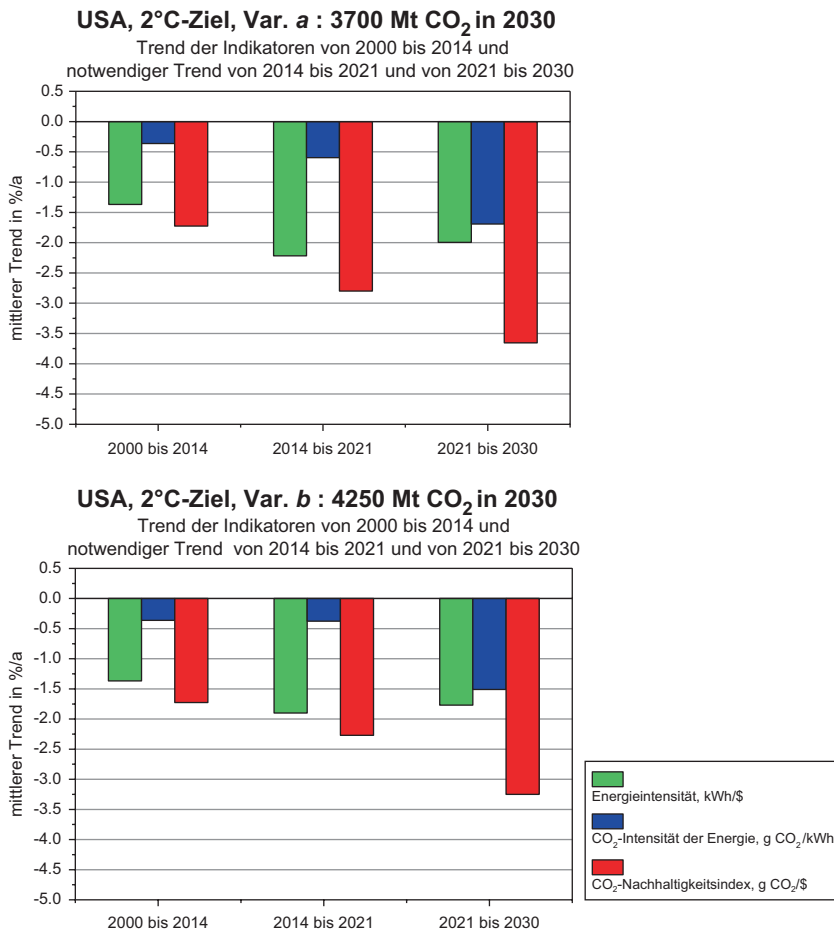


Abb. 2.5 Indikatoren-Trend in %/a von 2000 bis 2014 und notwendige Trendänderung ab 2014 zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels für die Varianten *a* und *b*

Der zugehörige Verlauf der pro Kopf Indikatoren für das kaufkraftbereinigte Bruttoinlandprodukt, die Bruttoenergie und den CO₂-Ausstoß sind schließlich in Abb. 2.6 dargestellt, für 1980 bis 2014 und entsprechend dem 2-Grad-Szenario.

USA, pro Kopf Indikatoren von 1980 bis 2050

BIP KKP in \$ von 2010

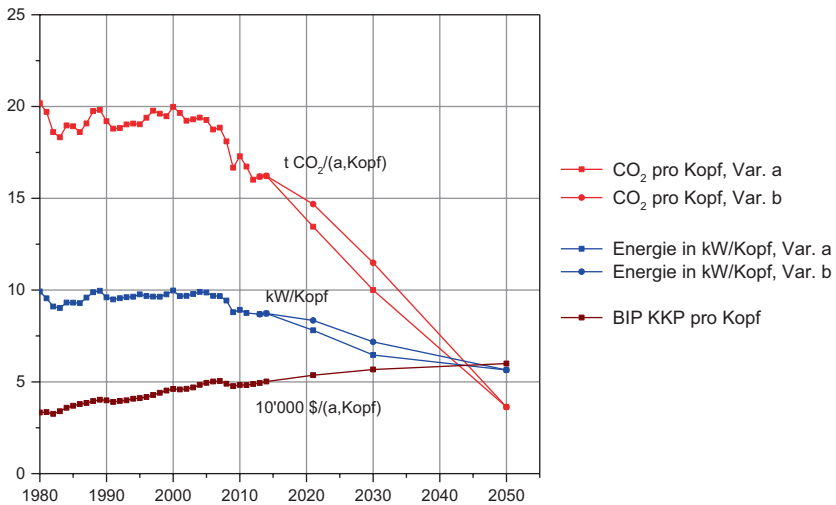


Abb. 2.6 Pro Kopf Indikatoren der USA von 1980 bis 2014 und 2-Grad-Szenario bis 2030

2.2 Kanada

Ein mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario bis 2050 für Kanada zeigt Abb. 2.7. Die in den letzten Jahren steigende Emissions-Tendenz muss gebrochen werden und einer deutlichen und konstanten Minderung Platz machen. Der entsprechende Verlauf der Indikatoren ist in Abb. 2.8 wiedergegeben.

Der Nachhaltigkeitsindikator ist 2014 mit rund $380 \text{ g CO}_2/\$$ weltweit gesehen immer noch sehr hoch und hat sich seit 2000 nur um $70 \text{ g CO}_2/\$$ verbessert. Durch weitere Verbesserung der Energieintensität und etwas zeitverzögert auch der CO_2 -Intensität der Energie (Abb. 2.8), sollten bis 2030 etwa $210 \text{ g CO}_2/\$$ und bis 2050 durch starke Umstellung auf erneuerbare Energien auch im Wärme und Verkehrsbereich sogar $100 \text{ g CO}_2/\$$ deutlich unterschritten werden können.

Die dazu notwendigen prozentualen jährlichen Änderungen bis 2030 für die beiden Varianten sind detaillierter in Abb. 2.9 wiedergegeben. Die Variante *a* ist vor allem anzustreben. Sie würde bei verstärkter Reduktionstendenz der Indikatoren ab 2030 auch Ziele unter 2°C (z. B. $1,5^\circ\text{C}$) ermöglichen.

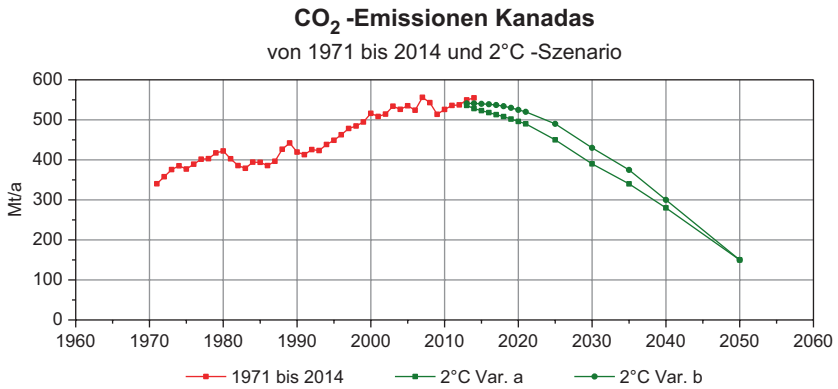


Abb. 2.7 Mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Emissions-Szenario für Kanada

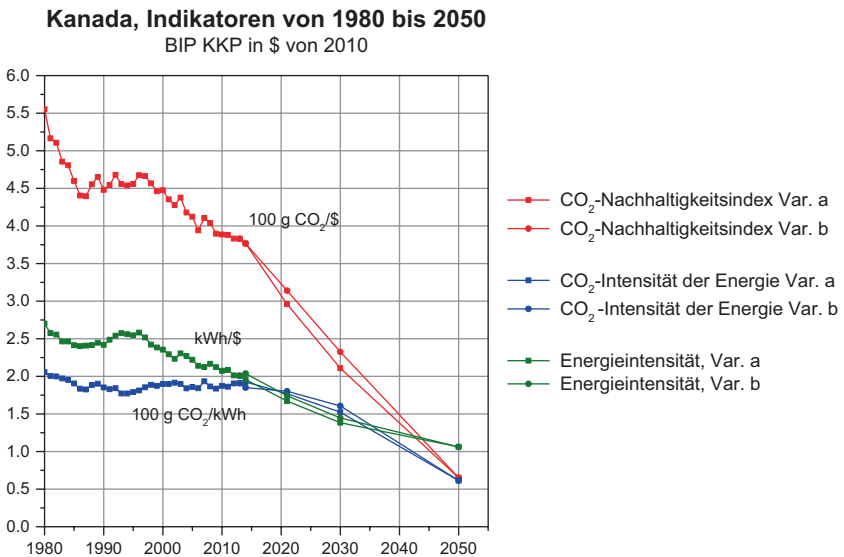


Abb. 2.8 Indikatoren-Verlauf von 1980 bis 2014 und mit dem 2 °C-Ziel kompatibler Verlauf bis 2050

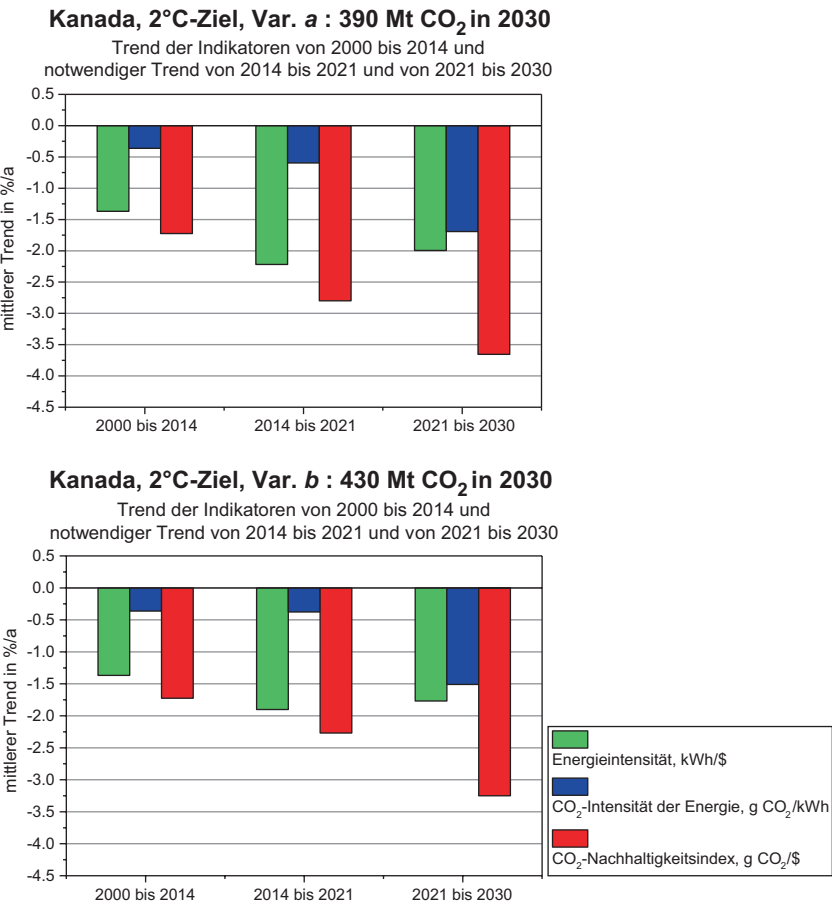


Abb. 2.9 Indikatoren-Trend in %/a von 2000 bis 2014 und notwendige Trendänderung ab 2014 zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels für die Varianten *a* und *b*

Der zugehörige Verlauf der pro Kopf Indikatoren für das kaufkraftbe-reinigte Bruttoinlandprodukt, die Bruttoenergie und den CO₂-Ausstoß sind schließlich in Abb. 2.10 dargestellt, für 1980 bis 2014 und entsprechend dem 2-Grad-Szenario.

Kanada, pro Kopf Indikatoren von 1980 bis 2030

BIP KKP in \$ von 2010

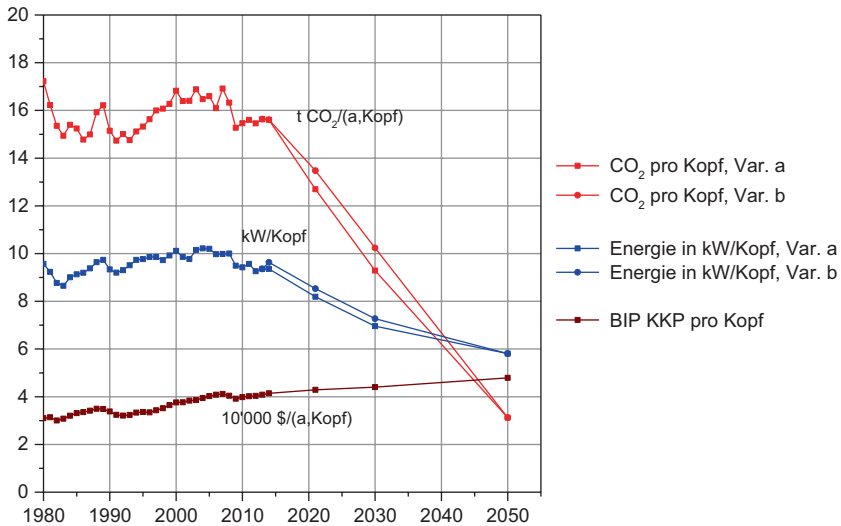


Abb. 2.10 Pro Kopf Indikatoren Kanadas von 1980 bis 2014 und 2-Grad-Szenario bis 2050

2.3 Mexiko

Ein mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario bis 2050 für Mexiko, für die Energiewirtschaft wichtigstes Land von Mittelamerika, ist in Abb. 2.11 dargestellt. Der entsprechende Verlauf der Indikatoren ist in Abb. 2.12 wiedergegeben. Der CO₂-Nachhaltigkeitsindikator konnte, vor allem dank der Verbesserung der CO₂-Intensität der Energie in den letzten Jahren, sogar leicht reduziert werden. Bis 2030 sollte in erster Linie eine Reduktion der Energieintensität angestrebt werden durch Verbesserung der Effizienz, vor allem im Energiesektor, danach auch der CO₂-Intensität der Energie durch starke Förderung CO₂-armer Energien mit Zielwert unter 100 g CO₂/kWh für 2050. Die Geothermie könnte wesentliche Beiträge leisten.

Die bis 2030 notwendigen prozentualen jährlichen Änderungen der Indikatoren für die beiden Varianten sind detaillierter in Abb. 2.13 wiedergegeben. Die

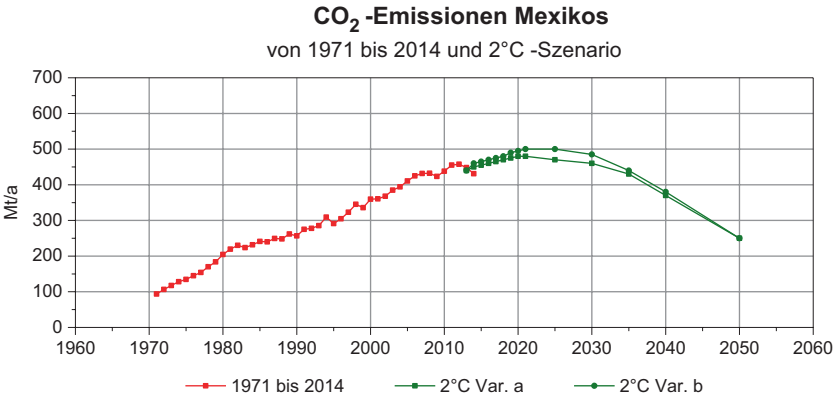


Abb. 2.11 Mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario für Mexiko

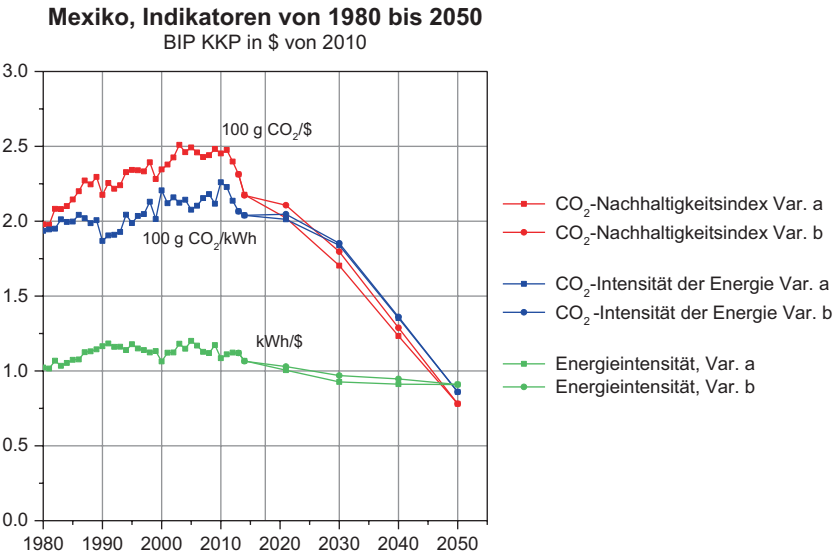
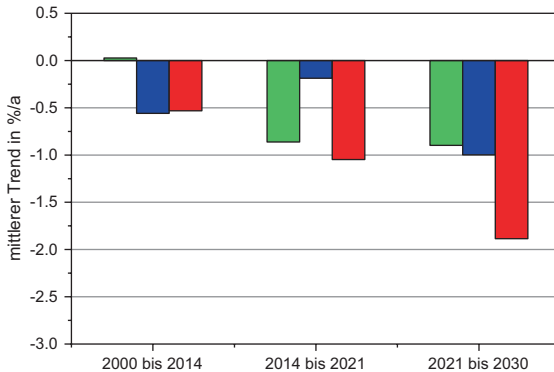


Abb. 2.12 Indikatoren-Verlauf von 1980 bis 2014 und mit dem 2 °C-Ziel kompatibler Verlauf bis 2050

Mexiko, 2°C-Ziel, Var. a : 460 Mt CO₂ in 2030

Trend der Indikatoren von 2000 bis 2014 und
notwendiger Trend von 2014 bis 2021 und von 2021 bis 2030



Mexiko, 2°C-Ziel, Var. b : 485 Mt CO₂ in 2030

Trend der Indikatoren von 2000 bis 2012 und
notwendiger Trend von 2012 bis 2019 und von 2019 bis 2030

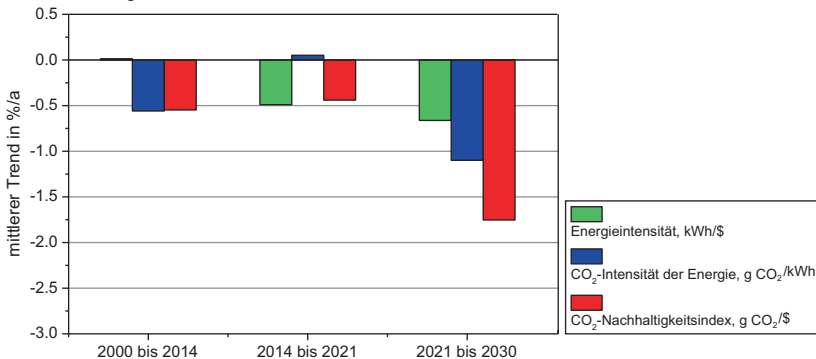


Abb. 2.13 Indikatoren-Trend in %/a von 2000 bis 2014 und für Mexiko notwendige Trendänderung ab 2014 zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels für die Varianten *a* und *b*

Variante *a* ist vor allem anzustreben da sie bei starker Anstrengung ab 2030 Zielwerte unter 2 °C eher möglich macht.

Der zugehörige Verlauf der pro Kopf-Indikatoren für das kaufkraftbereinigte Bruttoinlandprodukt, die Bruttoenergie und den CO₂-Ausstoß sind schließlich in Abb. 2.14 dargestellt, für 1980 bis 2014 und entsprechend dem

Mexiko, pro Kopf Indikatoren von 1980 bis 2050

BIP KKP in \$ von 2010

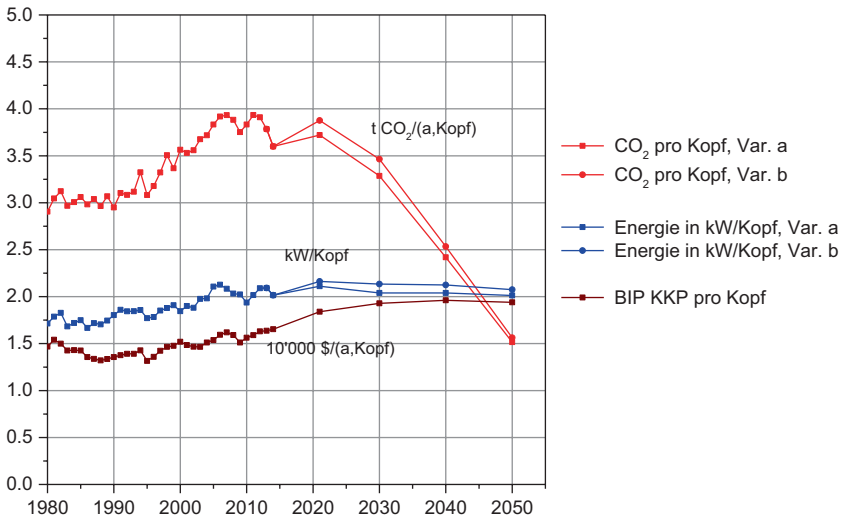


Abb. 2.14 Pro Kopf Indikatoren Mexikos von 1980 bis 2014 und 2-Grad-Szenario bis 2050

2-Grad-Szenario. Mexiko hat bei zielbewusster Anstrengung alle Voraussetzungen, um als Beispiel für die Realisierung der 2000-Watt-Gesellschaft in die Geschichte einzugehen.

2.4 Restliches Mittel-Amerika

Ein mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario bis 2050 für das restliche Mittelamerika ist in Abb. 2.15 dargestellt. Der entsprechende Verlauf der Indikatoren ist in Abb. 2.16 wiedergegeben. Die seit 2000 deutliche Verbesserung des CO₂-Nachhaltigkeitsindikators, vor allem dank Verbesserung der Energieintensität, soll weitergeführt werden. Eine Trendwende sollte auch für die CO₂-Intensität der Energie erfolgen, durch starke Förderung CO₂-armer Energien, mit Zielwert 100 g CO₂/kWh für 2050.

Die bis 2030 notwendigen prozentualen jährlichen Änderungen der Indikatoren für die beiden Varianten sind detaillierter in Abb. 2.17 wiedergegeben.

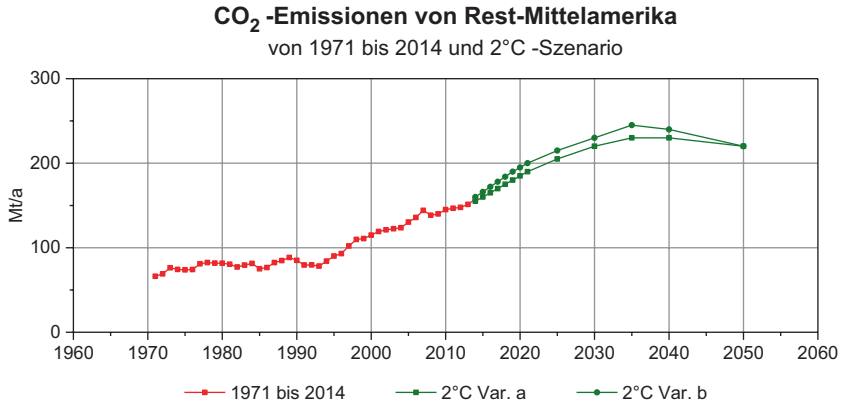


Abb. 2.15 Mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario für das restliche Mittelamerika

Rest-Mittelamerika, Indikatoren von 1990 bis 2050

BIP KKP in \$ von 2010

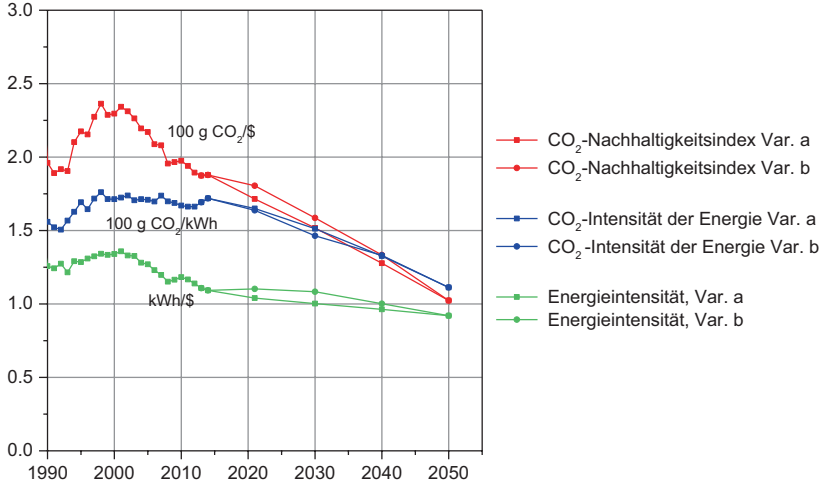
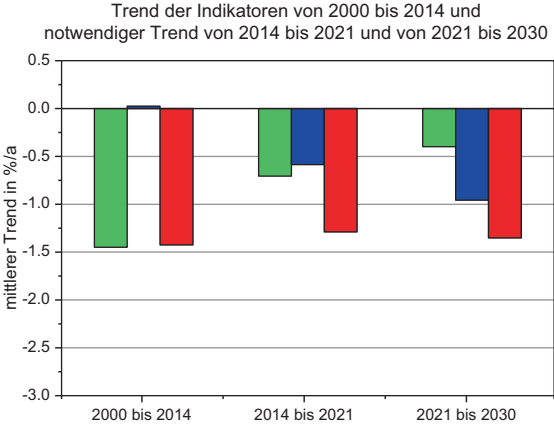


Abb. 2.16 Indikatoren-Verlauf von 1990 bis 2014 und mit dem 2 °C-Ziel kompatibler Verlauf bis 2050

Rest-Mittelamerika, 2°C-Ziel, Var. a : 220 Mt CO₂ in 2030



Rest-Mittelamerika, 2°C-Ziel, Var. b : 230 Mt CO₂ in 2030

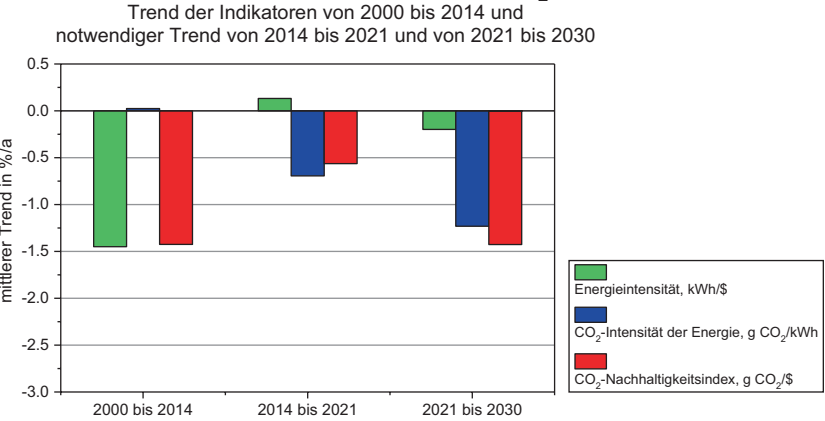


Abb. 2.17 Indikatoren-Trend in %/a von 2000 bis 2014 und für das restliche Mittelamerika notwendige Trends ab 2014 zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels für die Varianten *a* und *b*

Die Variante *a* ist vor allem anzustreben, da sie bei stärkerer Anstrengung ab 2030 Zielwerte unter 2 °C eher möglich macht.

Der zugehörige Verlauf der pro Kopf Indikatoren für das kaufkraftbereinigte Bruttoinlandprodukt, die Bruttoenergie und den CO₂-Ausstoß sind schließlich in Abb. 2.18 dargestellt, für 1980 bis 2014 und entsprechend dem 2-Grad-Szenario.

Rest-Mittelamerika, pro Kopf Indikatoren von 1990 bis 2050

BIP KKP in \$ von 2010

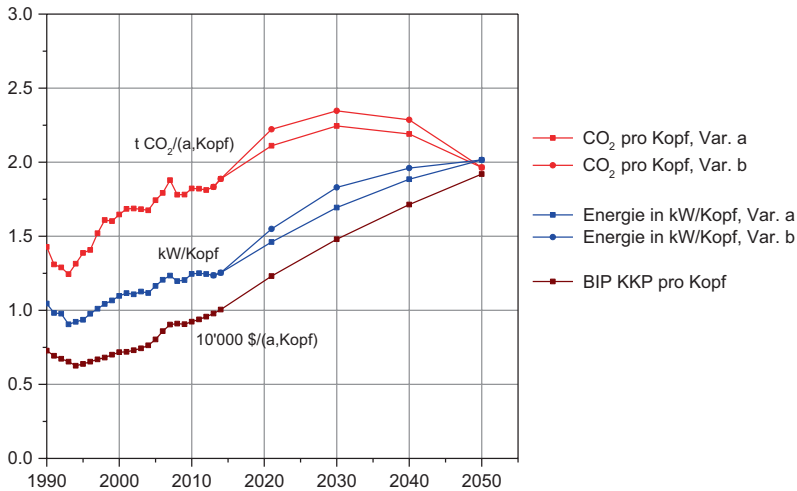


Abb. 2.18 Pro Kopf Indikatoren des restlichen Mittelamerikas von 1990 bis 2014 und 2-Grad-Szenario bis 2050

2.5 Brasilien

Ein mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario bis 2050 für Brasilien, als energiewirtschaftlich gesehen wichtigstes Land Südamerikas, ist in Abb. 2.19 dargestellt. Der entsprechende Verlauf der Indikatoren ist in Abb. 2.20 wiedergegeben. Obwohl Brasilien im weltweiten Vergleich bezüglich des CO₂-Ausstoßes eher als nachhaltig betrachtet werden kann, haben die Emissionen in den letzten Jahren unverhältnismäßig stark zugenommen, was auf die Verschlechterung der Energieintensität als auch der CO₂-Intensität der Energie zurückzuführen ist. Der Nachhaltigkeitsindikator, der 2009 auf nahezu 120 g CO₂/\$ gesunken war, ist bis 2014 auf 160 g CO₂/\$ geklettert. Zumindest eine Stabilisierung auf diesen Wert bis 2030 und dann bis 2050 eine Reduktion auf Werte deutlich unter 80 g CO₂/\$ ist zum Erreichen oder Unterschreiten des 2 °C-Ziels notwendig.

Die bis 2030 notwendigen prozentualen jährlichen Änderungen der Indikatoren für die beiden Varianten *a* und *b* sind detaillierter in Abb. 2.21 wiedergegeben. Eine Tendenzänderung ist spätestens ab 2020 sowohl für die Energieintensität als auch für die CO₂-Intensität der Energie notwendig.

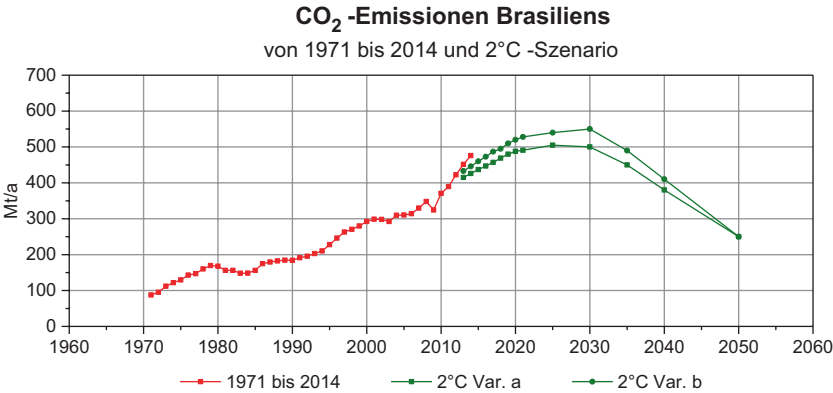


Abb. 2.19 Mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario für Brasilien

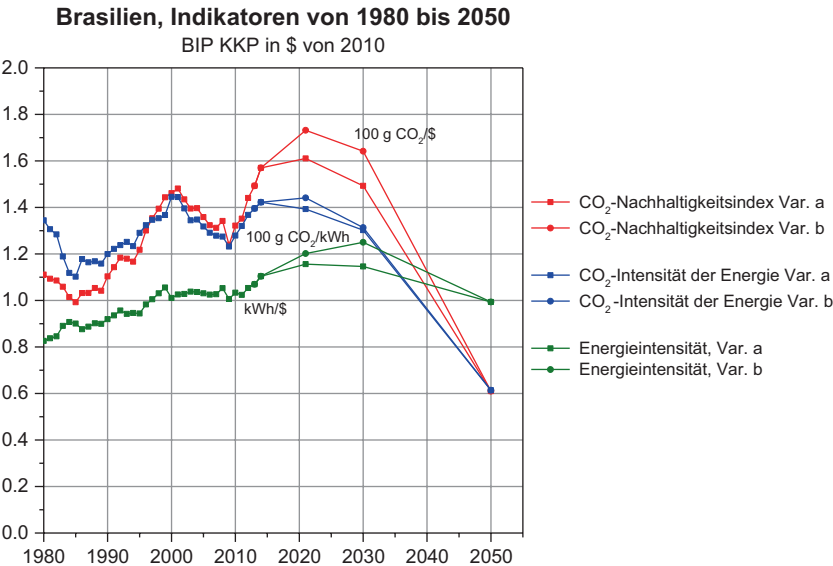
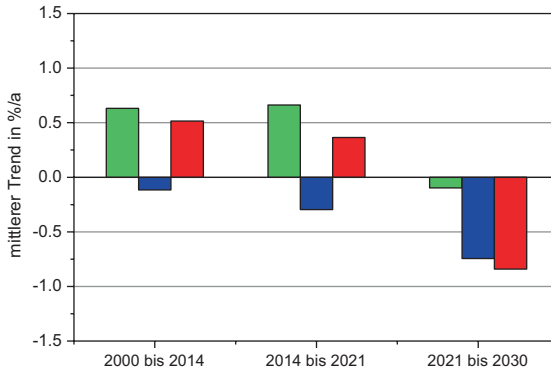


Abb. 2.20 Indikatoren von 1980 bis 2014 und mit dem 2 °C-Ziel kompatibler Verlauf bis 2050

Brasilien, 2°C-Ziel, Var. a : 500 Mt CO₂ in 2030

Trend der Indikatoren von 2000 bis 2014 und
notwendiger Trend von 2014 bis 2021 und von 2021 bis 2030



Brasilien, 2°C-Ziel, Var. b : 550 Mt CO₂ in 2030

Trend der Indikatoren von 2000 bis 2014 und
notwendiger Trend von 2014 bis 2021 und von 2021 bis 2030

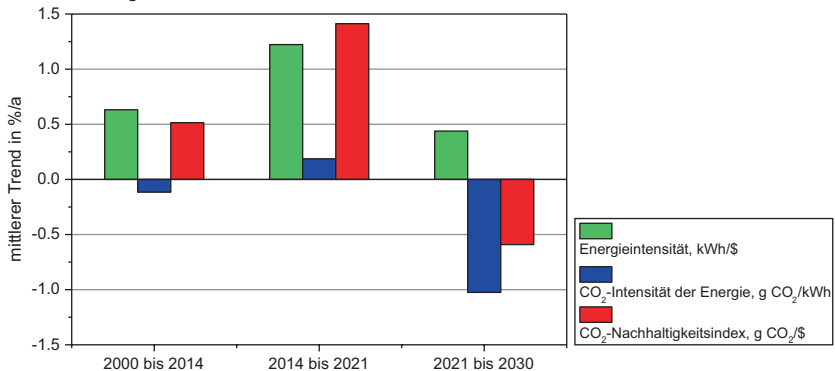


Abb. 2.21 Indikatoren-Trend in %/a von 2000 bis 2014 und für Brasilien notwendige Trendänderung ab 2014 zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels für die Varianten *a* und *b*

Der zugehörige Verlauf der pro Kopf Indikatoren für das kaufkraftbereinigte Bruttoinlandprodukt, die Bruttoenergie und den CO₂-Ausstoß sind schließlich in Abb. 2.22 dargestellt, für 1980 bis 2014 und entsprechend dem 2-Grad-Szenario. Die Abschwächung des BIP für 2020 entspricht den Voraussagen des Internationalen Währungsfonds.

Brasilien, pro Kopf Indikatoren von 1980 bis 2050

BIP KKP in \$ von 2010

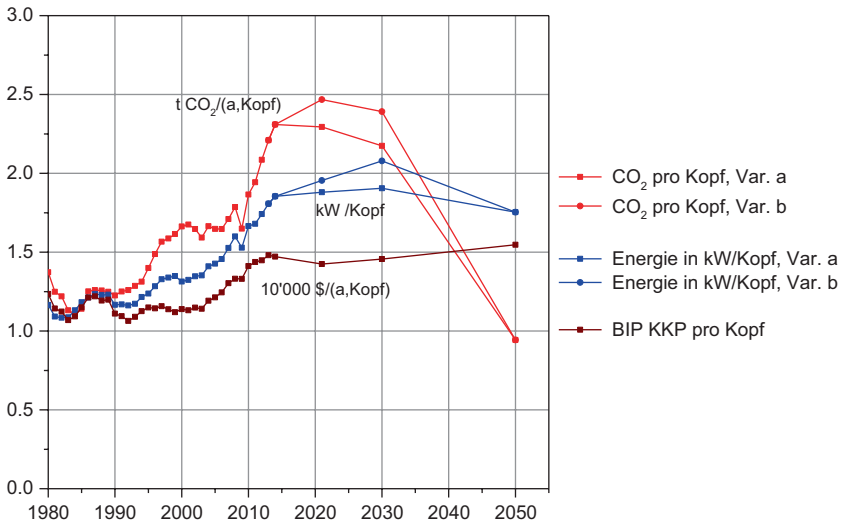


Abb. 2.22 Pro Kopf Indikatoren Brasiliens von 1980 bis 2014 und 2-Grad-Szenario bis 2050

2.6 Restliches Süd-Amerika

Ein mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario bis 2050 für das restliche Süd-amerika ist in Abb. 2.23 dargestellt. Der entsprechende Verlauf der Indikatoren ist in Abb. 2.24 wiedergegeben. Die Beibehaltung der guten Energieintensität und deren anschließende weitere Verminderung sowie eine Trendwende bei der CO₂-Intensität der Energie sind zur Einhaltung der Ziele notwendig. Vor allem Länder wie Venezuela, Kolumbien und Argentinien sind diesbezüglich entscheidend (s. dazu auch Kap. 3).

Der Nachhaltigkeitsindikator, heute über 200 g CO₂/\$, sollte bis 2030 die 180 g CO₂/\$-Marke unterschreiten. Bis 2050 wäre eine Reduktion auf 90 g CO₂/\$ zum Erreichen oder Unterschreiten des 2 °C-Ziels notwendig.

Die bis 2030 notwendigen prozentualen jährlichen Änderungen der Indikatoren für die beiden Varianten a und b sind detaillierter in Abb. 2.25 wiedergegeben. Eine Tendenzänderung ist vor allem für die CO₂-Intensität der Energie notwendig.

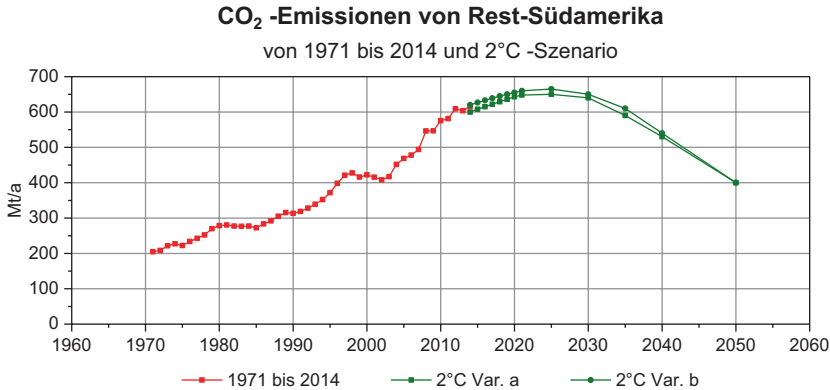


Abb. 2.23 Mit dem 2-Grad-Ziel kompatibles Szenario für das restliche Südamerika

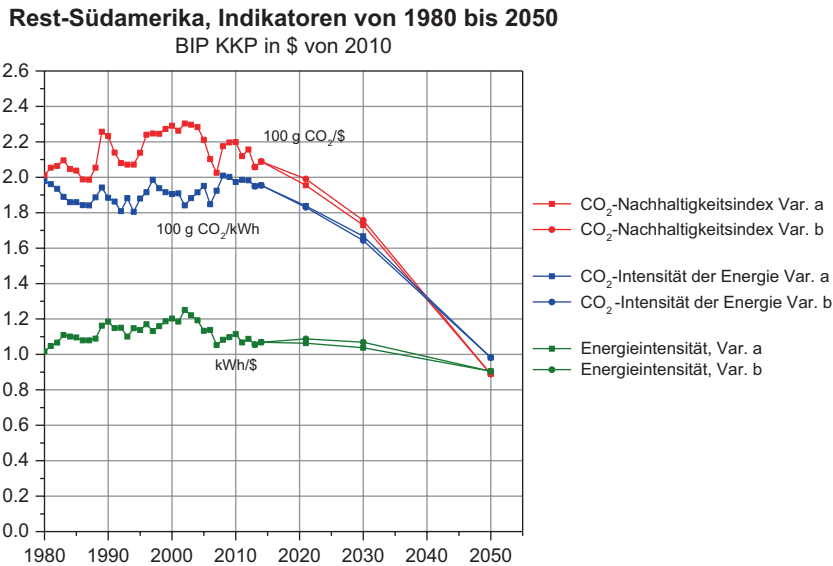
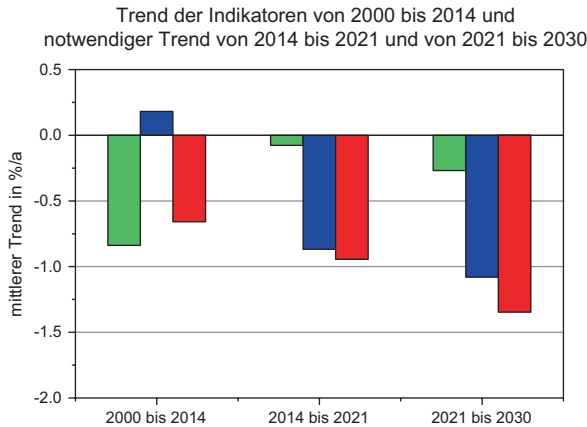


Abb. 2.24 Indikatoren von 1980 bis 2014 und mit dem 2 °C-Ziel kompatibler Verlauf bis 2050

Rest-Südamerika, 2°C-Ziel, Var. a : 640 Mt CO₂ in 2030



Rest-Südamerika, 2°C-Ziel, Var. b : 650 Mt CO₂ in 2030

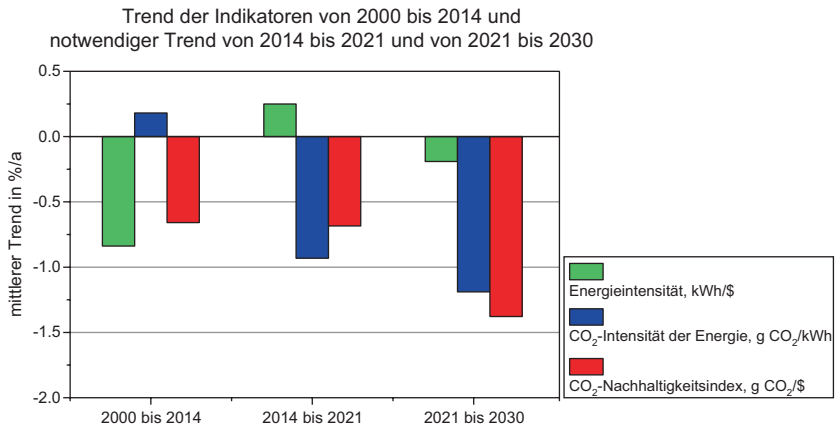


Abb. 2.25 Indikatoren-Trend in %/a von 2000 bis 2014 und für das restliche Südamerika notwendige Trendänderungen ab 2014 zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels für die Varianten *a* und *b*

Der zugehörige Verlauf der pro Kopf-Indikatoren für das kaufkraftbereinigte Bruttoinlandprodukt, die Bruttoenergie und den CO₂-Ausstoß sind schließlich in Abb. 2.26 dargestellt, für 1980 bis 2014 und entsprechend dem 2-Grad-Szenario. Das BIP für 2021 entspricht den Voraussagen des Internationalen Währungsfonds.

Rest-Südamerika, pro Kopf Indikatoren von 1980 bis 2050

BIP KKP in \$ von 2010

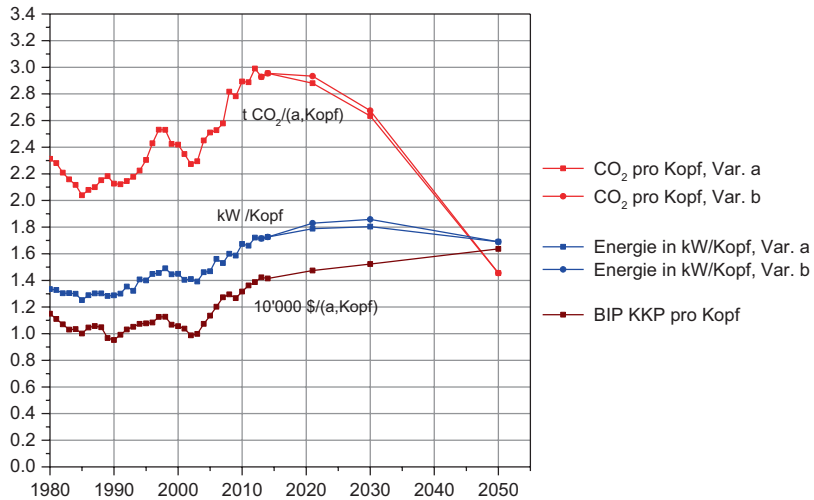


Abb. 2.26 Pro Kopf Indikatoren des restlichen Südamerikas von 1980 bis 2014 und 2-Grad-Szenario bis 2050

2.7 Zusammenfassung

Die Abb. 2.27 und 2.28 geben die notwendige Änderung in % des Indikators $\text{g CO}_2/\$$ von 2014 bis 2030, für die beiden Varianten *a* und *b*, um das 2 °C-Klimaziel zu erreichen.

Die **grüne Linie** entspricht der im **Mittel weltweit notwendigen Reduktion des Indikators** [2]. Die strengere Variante *a* ist wenn möglich anzustreben. Die Variante *b* ist großzügiger, hat aber den Nachteil, dass ab 2030 umso größere Anstrengungen notwendig werden, um das 2 °C-Ziel überhaupt zu erreichen. Mit der Variante *a* liegen auch Ziele unter 2 °C drin, z. B. 1,5 °C, aber nur mit verstärkten Anstrengungen spätestens ab 2030.

Die **roten Werte** geben, in Übereinstimmung mit der vorangehenden Analyse, die **empfohlene Änderung** für die USA, Kanada, Mexiko, das restliche Mittelamerika, Brasilien und das restliche Südamerika. USA, Kanada, Mexiko und Brasilien erbringen zusammen mit 70 % der Bevölkerung 86 % des BIP (KKP) des amerikanischen Kontinents und verursachen 90 % der CO₂-Emissionen. Der Wert der USA ist angesichts des Gewichts dieses Landes besonders zentral und es

Amerika: Änderung bis 2030 des Indikators $\text{g CO}_2/\text{\$}$, Var. *a*
in Abhängigkeit des Werts in 2014, für das 2°C -Klimaziel

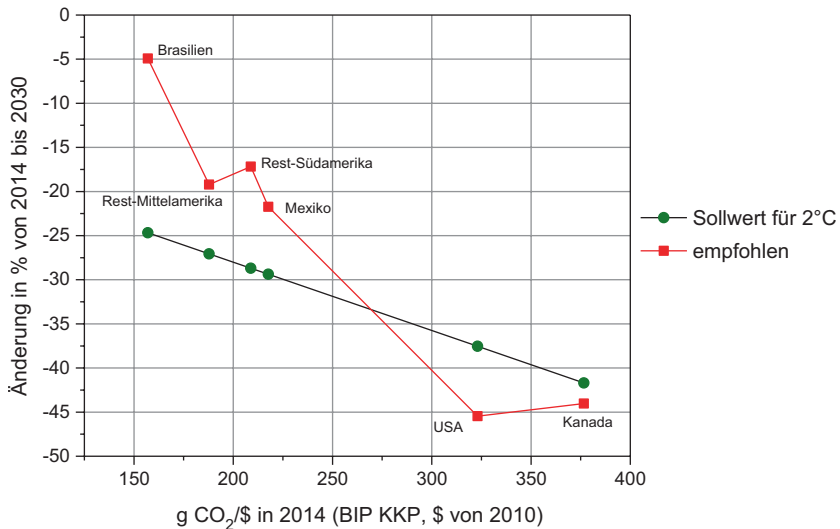


Abb. 2.27 Notwendige Änderung des Indikators $\text{g CO}_2/\text{\$}$, um das 2°C -Klimaziel zu erreichen, Variante *a*

müsste alles getan werden, um auch die Trump-Administration von der Notwendigkeit zu überzeugen die entsprechende Reduktion der CO_2 -Emissionen mindestens einzuhalten.

Ziele unter 2°C

Nur mit der Variante *a* liegen auch **Ziele unter 2°C drin, z. B. $1,5^\circ\text{C}$** , mit verstärkten Anstrengungen ab 2030. Für das $1,5^\circ\text{C}$ Ziel dürfen bis 2100 die kumulierten Emissionen seit 1870 höchstens 550 Gt C betragen [2]. Da weltweit bis 2030, selbst mit der strengeren Variante *a*, die kumulierten Emissionen bereits 500 Gt C erreichen, verbleibt eine Reserve von nur 50 Gt C, was 180 Gt CO_2 entspricht. Eine schärfere Gangart schon ab 2020 und die Hilfe sogenannter „negativer Emissionen“ [2] dürften notwendig werden. Ohne die Mitwirkung der USA ist dieses Ziel schwer erreichbar.

Amerika: Änderung bis 2030 des Indikators g CO₂/\$, Var. *b*
in Abhängigkeit des Werts in 2014, für das 2°C-Klimaziel

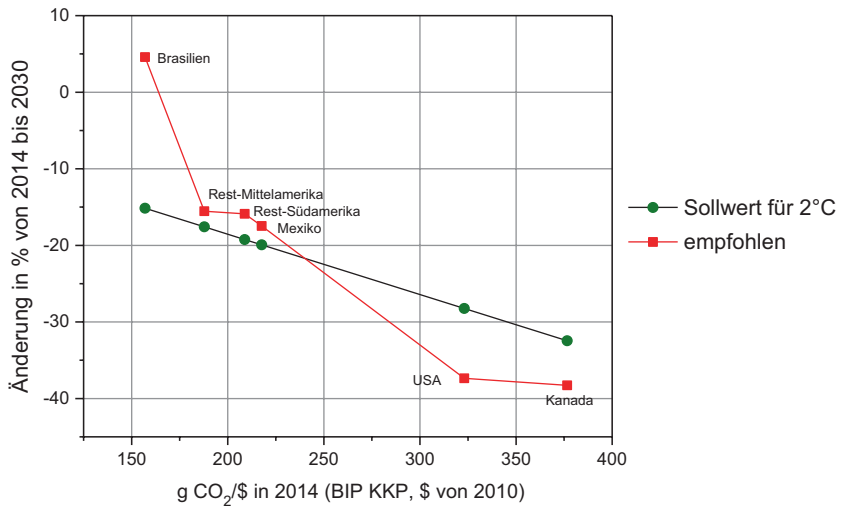


Abb. 2.28 Notwendige Änderung des Indikators g CO₂/\$, um das 2 °C-Klimaziel zu erreichen, Variante *b*

CO₂-Emissionen durch fossile Brennstoffe,
2014: Total 32 Gt

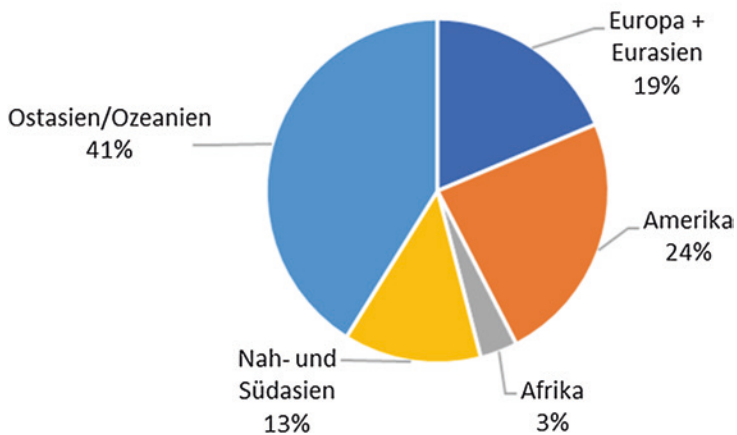


Abb. 2.29 Prozent-Anteile der fünf Weltregionen an den CO₂-Emissionen in 2014

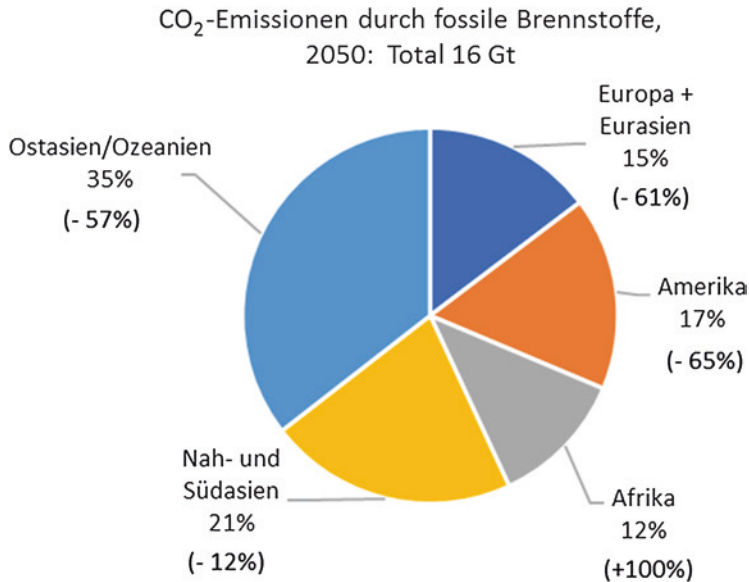


Abb. 2.30 Prozent-Anteile der CO₂-Emissionen in 2050, 2-Grad-Klimaziel

Die rasche und starke Verbesserung der CO₂-Nachhaltigkeit zur Gewährleistung mindestens des 2-Grad-Ziels erfordert:

- Bei Heizwärme- und Kühlung: bessere **Gebäudeisolation**, Ersatz von Ölheizungen durch Gasheizungen und vor allem durch **Wärmepumpenheizungen**, sowie durch möglichst **CO₂-frei erzeugte Fernwärme** und **Solar-Warmwasser**. Kühlung mit **Erdsonden** und **CO₂-arm erzeugte Elektrizität**.
- Bei Prozesswärme: Ersatz fossiler Energieträger soweit möglich durch **CO₂-arm erzeugte Elektrizität** und **Solarwärme**.
- Im Verkehr: **effizientere** Motoren und fortschreitende **Elektrifizierung**: Bahnverkehr, Elektro- und Hybridfahrzeuge für den Privat- und Warenverkehr. Letztere sind sehr sinnvoll ab einer **CO₂-armen Elektrizitätsproduktion** von mindestens 50 % (s. dazu Tab. 1.3).
- Dazugehörige wichtigste Maßnahme ist somit die rasch fortschreitende Entwicklung zu einer möglichst **CO₂-freien Elektrizitätsproduktion**. Diese kann durch erneuerbare Energien, durch Kernenergie und wenn nötig durch

CCS erreicht werden. Ebenso nötig ist die Anpassung der Netze und Speicherungstechniken an die hohe Variabilität von Solar- und Windenergie.

Die Abb. 2.29 zeigt den Anteil von Amerika und der übrigen Weltregionen an den weltweiten CO₂-Emissionen durch fossile Brennstoffe im Jahr 2014.

Die Abb. 2.30 zeigt, wie sich diese Anteile bis 2050 verändern werden, wenn die für das 2-Grad-Klimaziel notwendige Halbierung der Gesamtemissionen bis 2050 erzielt wird (in Klammern notwendige Änderung der effektiven Emissionen relativ zu 2014).

Klimawirksame Kennzahlen für Amerika
Statusreport und Empfehlungen für die
Energiewirtschaft

Crastan, V.

2018, IX, 74 S. 69 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-20438-9