

# **En-ROADS-Benutzerhandbuch**

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Über En-ROADS

En-ROADS-Tutorial

En-ROADS-Struktur

Kaya-Diagramme

Hintergrundinformationen zur En-ROADS-Dynamik

Kohle

Öl

Erdgas

Bioenergie

Erneuerbare Energien

Kernkraft

New Zero-Carbon

CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Energienormen

Transport & Verkehr – Energieeffizienz

Transport & Verkehr – Elektrifizierung

Gebäude und Industrie – Energieeffizienz

Gebäude und Industrie – Elektrifizierung

Bevölkerungswachstum

Wirtschaftswachstum

Entwaldung

Technologischer CO<sub>2</sub>-Abbau

# En-ROADS-Benutzerhandbuch

Von Andrew Jones, Yasmeen Zahar, Ellie Johnston, John Sterman, Lori Siegel, Cassandra Ceballos, Travis Franck, Florian Kapmeier, Stephanie McCauley, Rebecca Niles, Caroline Reed, Juliette Rooney-Varga und Elizabeth Sawin

*Letzte Änderung: September 2021*

Der [En-ROADS Climate Solutions Simulator](#) ist ein schnelles, leistungsfähiges Klimasimulationsmodell. Es verdeutlicht, wie wir durch Veränderungen in den Bereichen Energie, Flächennutzung, Verbrauch, Landwirtschaft und andere Maßnahmen unsere Klimaziele erreichen können. Der Simulator untersucht schwerpunktmäßig, wie Änderungen des globalen BIP, der Energieeffizienz, bei technologischen Innovationen und beim CO<sub>2</sub>-Preis die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die globale Temperatur und andere Faktoren beeinflussen. Das Tool soll eine Synthese der besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Klimälösungen bieten und diese den an interaktiven Workshops und Rollenspielen teilnehmenden Gruppen zur Verfügung stellen. Diese Erfahrungen sollen den Teilnehmenden dabei helfen, die langfristigen Klimafolgen globaler politischer Vorgaben und Investitionsentscheidungen zu untersuchen.

En-ROADS wird von [Climate Interactive](#), [Ventana Systems](#), [UML Climate Change Initiative](#) und [MIT Sloan](#) entwickelt.

Dieses Handbuch bietet Hintergrundinformationen zur Dynamik von En-ROADS, Tipps zur Verwendung des Simulators, allgemeine Beschreibungen, Praxisbeispiele, Informationen zu den Schiebereglerinstellungen und Hinweise zur Modellstruktur für die verschiedenen Schieberegler in En-ROADS.

Zusätzlich zu diesem Benutzerhandbuch gibt es ein umfangreiches [Referenz-Handbuch](#), das die Modellannahmen und die Modellstruktur sowie Referenzen zu den Datenquellen behandelt.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org).

# Über En-ROADS

En-ROADS ist ein leistungsstarkes Simulationsmodell, mit dem Sie untersuchen können, welche umfassenden politischen, technologischen und gesellschaftlichen Veränderungen notwendig und geeignet sind, um auf die globalen Herausforderungen für die Energiesicherheit und den Klimaschutz zu reagieren. Mit En-ROADS lassen sich Szenarien erstellen, die deutlich machen, wie sich Änderungen bei Steuern, Subventionen, Wirtschaftswachstum, Energieeffizienz, technologischer Innovation, CO<sub>2</sub>-Preisen, Brennstoffmix und anderen Faktoren auf die globalen Treibhausgasemissionen und die Temperatur auswirken.

En-ROADS ist so konzipiert, dass es interaktiv in Gruppen verwendet werden und als Grundlage für wissenschaftlich fundierte Gespräche über den Umgang mit dem Klimawandel dienen kann. Es ist damit ideal für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in Regierung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft geeignet – oder letztlich für alle Menschen, die neugierig darauf sind zu erfahren, wie die Weichen für unsere Welt gestellt werden. Climate Interactive stellt umfangreiche Materialien zur Verfügung, um Menschen bei ihren Aktivitäten mit En-ROADS – von interaktiven Workshops bis hin zu Rollenspielen – zu unterstützen.

Im Vergleich zu vielen globalen Energie- und Klimasystemmodellen liefert En-ROADS Ergebnisse in nur wenigen Sekunden und basiert auf einer transparenten mathematischen Logik. Mit diesem Modell lassen sich Hunderte Faktoren interaktiv testen. En-ROADS ergänzt dabei andere, stärker disaggregierte Modelle, die ähnliche Fragestellungen behandeln, wie z.B. die Modelle der EMF-22-Suite. Diese umfassenderen disaggregierten Modelle werden für die Daten und die Kalibrierung der Simulationsergebnisse in En-ROADS verwendet.

En-ROADS steht für "Energy-Rapid Overview and Decision-Support". Unter der Leitung des Teams von Climate Interactive entstand En-ROADS im Zuge einer engen Zusammenarbeit zwischen Climate Interactive, Tom Fiddaman von Ventana Systems, Prof. John Sterman von der MIT Sloan School of Management und Prof. Juliette Rooney-Varga von der UMass Lowell's Climate Change Initiative. En-ROADS ist eine Erweiterung des mehrfach ausgezeichneten C-ROADS-Simulators, der tausendfach genutzt wurde, um nationale und regionale Zusagen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen zu bewerten und Klimaverhandlungen durchzuspielen. Beide Tools basieren auf dem Ansatz der System-Dynamics-Modellierung und den MIT-Dissertationen von Dr. John Sterman und Dr. Tom Fiddaman.

Das Modell stellt die systemweiten Wechselwirkungen politischer Maßnahmen in den Vordergrund. Hinter der Simulation steht eine umfangreiche Auswertung der jüngsten Forschungsliteratur zu zeitlichen Verzögerungen, Fortschrittsraten, Preissensitivitäten, der bisherigen Entwicklung von Energiequellen, dem Energieeffizienzpotenzial und anderen Faktoren. So kann En-ROADS die dynamischen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Hebeln deutlich machen, z. B. wie sich die Energieeffizienz auf Erneuerbare Energien auswirkt und welche Rückkopplungsschleifen besonders wichtig sind.

Für diejenigen, die C-ROADS kennen: Der Unterschied zwischen den beiden Tools besteht darin, dass C-ROADS vor allem darstellt, wie sich Änderungen bei den nationalen und regionalen Emissionen auf die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen und das Klima auswirken könnten, während En-ROADS in erster Linie der Frage nachgeht, was weltweit greifende Änderungen in den Bereichen Energie, Wirtschaft und Politik für die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen und das Klima bedeuten.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

# En-ROADS-Tutorial

En-ROADS ist so konzipiert, dass es leicht zu bedienen ist. Sie können sich dieses 20-minütige [Einführungsvideo](#) zu En-ROADS ansehen. Wir möchten Sie ermutigen, alle Funktionen von En-ROADS auszuprobieren, indem Sie einfach herunklicken. Dies sind einige wichtigsten Funktionen von En-ROADS:

## Diagramme

In En-ROADS sind fast 100 Diagramme verfügbar. Sie zeigen Daten aus verschiedenen Bereichen des globalen Energie- und Klimasystems. Sobald Sie einen Schieberegler in En-ROADS bewegen, aktualisiert sich der Kurvenverlauf in den entsprechenden Diagrammen.

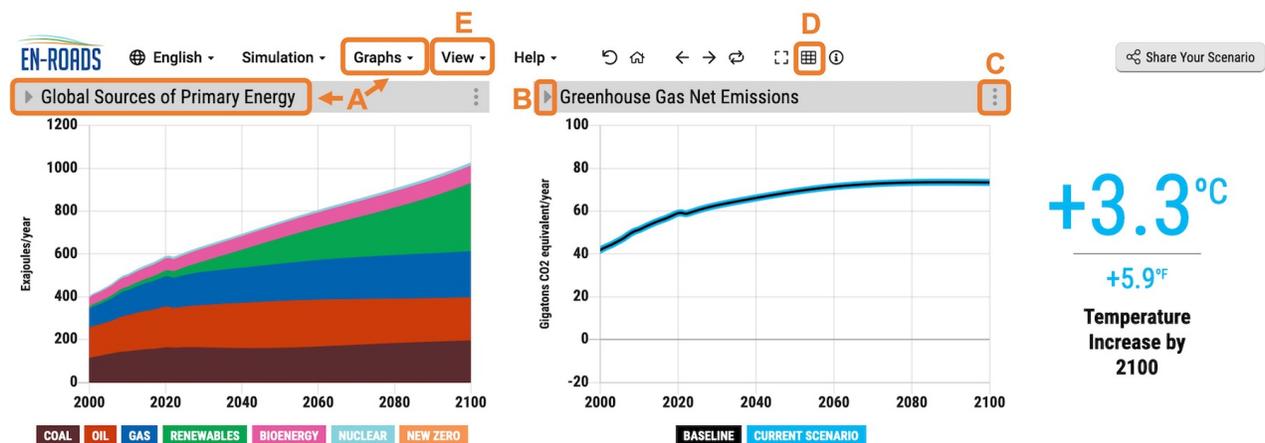
**A. Diagramme auswählen** – Wenn Sie En-ROADS zum ersten Mal öffnen, sehen Sie oben die beiden Standarddiagramme. Sie können aus der Liste aller Diagramme auswählen, indem Sie auf den Titel des linken oder rechten Standarddiagramms klicken. Sie können die Diagramme aber auch über das Menü "Diagramme" in der oberen Symbolleiste auswählen.

**B. Weitere Informationen** – Weitere Informationen zu einem Diagramm und dem, was es abbildet, erhalten Sie, wenn Sie das Dreiecksymbol links neben dem Diagrammtitel anklicken.

**C. Diagrammdaten kopieren** – Kopieren Sie die Diagrammdaten mithilfe des Kopiersymbols oben rechts im jeweiligen Diagramm in die Zwischenablage.

**D. Verknüpfung zu beliebigen Diagrammen** – Sie können schnell zu einer Auswahl der am häufigsten verwendeten Diagramme wechseln, indem Sie das Symbol "Miniaturdiagramme anzeigen" in der oberen Symbolleiste anklicken. Sie können eines dieser Miniaturdiagramme anklicken, um sich dieses Diagramm in der Hauptdiagrammansicht anzeigen zu lassen.

**E. Größere Diagramme anzeigen** – Wenn Sie sich eines der Diagramme in einem separaten Fenster in voller Größe anzeigen lassen möchten, erreichen Sie über das Menü "Ansicht" in der oberen Symbolleiste auf unsere Funktion "Linkes Diagramm – groß" oder "Rechtes Diagramm – groß".



# Schieberegler/Maßnahmen

Es gibt 19 Schieberegler, die verschiedene Maßnahmen darstellen, die Sie im En-ROADS-Simulator testen können. Klicken Sie auf den Titel des jeweiligen Schiebereglers oder auf die drei Punkte rechts neben dem Schieberegler, um die detaillierten Einstellungen für den Schieberegler aufzurufen:



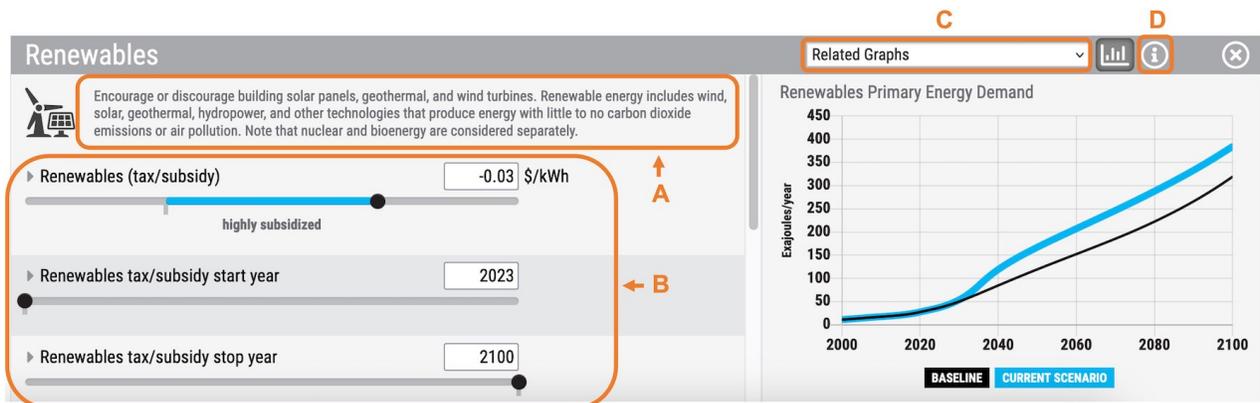
In der Detailansicht des jeweiligen Schiebereglers finden Sie folgende Elemente:

**A. Eine Beschreibung des Schiebereglers insgesamt** – Diese Beschreibung enthält weitere Einzelheiten zur jeweiligen Lösung.

**B. Genauere Steuerung des Hauptschiebereglers** – Hier sehen Sie die Einheiten, die dem Schieberegler zugeordnet sind, sowie die numerischen Werte der Punkte, auf die sich der Schieberegler einstellen lässt. Sie können numerische Werte direkt eingeben, um den Schieberegler auf einen bestimmten Wert Ihrer Wahl (innerhalb eines festen Bereichs) zu setzen. Scrollen Sie nach unten, um die zugehörigen Schieberegler zu verschieben und auszuprobieren. Klicken Sie auf das Dreieck links neben dem Titel des jeweiligen Schiebereglers, um sich eine kurze Beschreibung des Schiebereglers anzeigen zu lassen.

**C. Zugehörige Diagramme** – Im rechten Bereich sehen Sie ein Diagramm, das sich auf den Hauptschieberegler bezieht, sowie weitere zugehörige Diagrammen. Anhand dieser Diagramme können Sie die Änderungen genauer analysieren, die sich durch die Verschiebung der einzelnen Schieberegler ergeben. Wählen Sie einzelne Diagramme aus der Dropdown-Liste der zugehörigen Diagramme aus, um sie sich anzeigen zu lassen. Sie sehen auch in dieser Ansicht, wie sich die Verschiebung des Schiebereglers ebenso auf die Hauptdiagramme auswirkt.

**D. Hilfe** – Weitergehende Informationen zum Schieberegler erhalten Sie über das Info-Symbol. Dies sind dieselben Informationen, die zu diesem Thema im En-ROADS-Benutzerhandbuch zu finden sind.



## Funktionen der obersten Symbolleiste

Viele nützliche Funktionen sind in En-ROADS nur einen Klick von der oberen Symbolleiste entfernt. Hier sind einige der Funktionen, die Sie nutzen können.



**A. Teilen Sie Ihr Szenario** – Sie können Ihren Szenario-Link mit anderen teilen. So können andere Personen Ihr En-ROADS-Szenario mit allen von Ihnen ausgewählten Einstellungen und den letzten Hauptdiagrammen, die Sie sich angesehen haben, ebenfalls öffnen. Sie können Ihr Szenario auch auf Social-Media-Kanälen teilen. Sie können den Link auch aus der URL-Leiste Ihres Browsers kopieren, dann werden Ihre zuletzt angezeigten Diagramme jedoch nicht erfasst.

**B. Letzte Änderung erneut wiedergeben** – Mithilfe dieser originellen Funktion können Sie Ihre letzte Änderung mehrmals erneut abspielen. Dadurch wird deutlicher, wie die verschiedenen Teile des Systems auf Ihre Maßnahme reagieren, da Sie so mehr Zeit haben, um die zugehörigen Diagrammen nach Änderungen zu durchsuchen. Sie können auch die anderen Steuerelemente verwenden, um Ihre letzte Aktion rückgängig zu machen oder zu wiederholen (in der oberen Symbolleiste links neben dem Steuerelement "Letzte Änderung erneut wiedergeben").

**C. Annahmen** [im Menü "Simulation"] – Greifen Sie auf wichtige Annahmen zu, die das En-ROADS-Modell steuern, und nehmen Sie Änderungen daran vor.

**D. US-Einheiten** [im Menü "Ansicht"] – Wechseln Sie von metrischen Einheiten zu US-Einheiten.

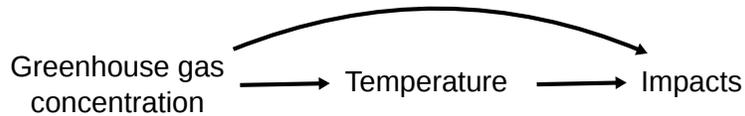
**E. Maßnahmen und Ergebnisse** [im Menü "Ansicht"] – Diese Übersicht fasst sämtliche Maßnahmen und die wichtigsten Klimaergebnisse aus Ihrem Szenario zusammen.

**F. Zugehörige Beispiele** [im Menü "Hilfe"] – In dieser Liste finden Sie gängige Beispiele zu Themen und Lösungen im Zusammenhang mit jedem der 19 Schieberegler. Dies ist hilfreich, wenn Sie schnell eine Liste von Beispielen zu jedem der Schieberegler aufrufen müssen.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

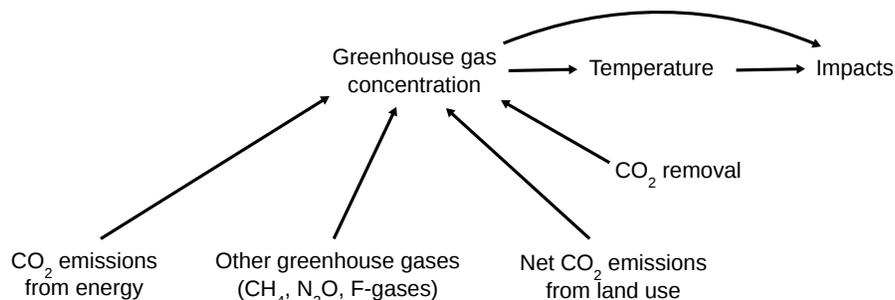
# En-ROADS-Struktur

Eine einfache Möglichkeit, sich die Struktur von En-ROADS vorzustellen, ist die Betrachtung der Treiber von Klimafolgen. Im Simulator treibt die Konzentration von Treibhausgasen die globale Temperatur nach oben, was verschiedene Auswirkungen zur Folge hat (z. B. Anstieg des Meeresspiegels und Versauerung der Ozeane).

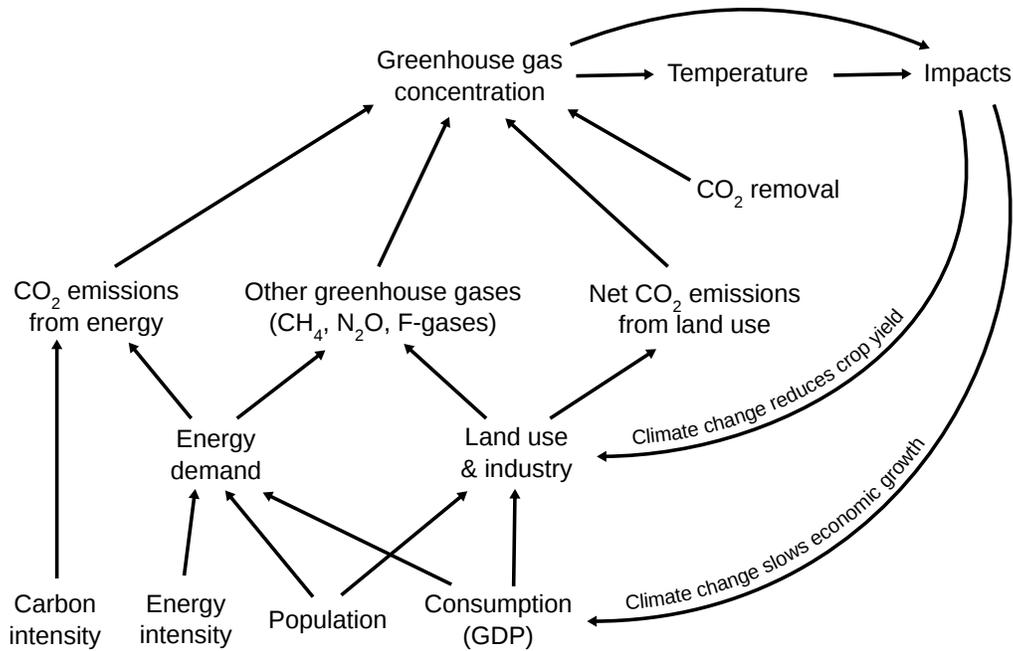


Die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre wird von vier Hauptquellen gesteuert:

1. **Energie-CO<sub>2</sub>-Emissionen** aus der Verbrennung von Kohle, Öl, Gas und Biomasse. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energieerzeugung machen derzeit etwa 65 % der Treibhausgasemissionen aus.
2. **CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Flächennutzung**, wie etwa Forstwirtschaft oder Landnutzungsänderungen. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Flächennutzung haben derzeit einen Anteil von 7% an den Treibhausgasemissionen.
3. **CO<sub>2</sub>-Entnahme**-Verfahren, die dazu dienen, der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid zu entziehen und es in Pflanzen, im Boden oder unterirdisch zu speichern und so eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zu erzielen.
4. **Andere Treibhausgasemissionen** wie Methan, N<sub>2</sub>O und F-Gase. Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen haben derzeit einen Anteil von etwa 28 % an den gesamten Treibhausgasemissionen.



Darüber hinaus werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energieerzeugung von vier Faktoren angetrieben, die als „Kaya-Identität“ bekannt sind. Bevölkerung, Verbrauch (BIP/Kopf), Energieintensität (Energieverbrauch pro Dollar des BIP) und Kohlenstoffintensität (CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Energieeinheit) werden miteinander multipliziert; dabei erhält man die gesamten energiebasierten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bei der Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen geht es, grob betrachtet, also um vier Dinge: weniger Menschen, weniger Verbrauch, mehr Effizienz und weniger kohlenstoffintensive Energieversorgung.



# Kaya-Diagramme

Diese Ansicht zeigt die Treiber der zunehmenden CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energieerzeugung, die etwa zwei Dritteln aller Treibhausgasemissionen entspricht.

Die Bezeichnung "Kaya-Diagramme" leitet sich von der folgenden Formel ab, die von Yoichi Kaya entwickelt wurde:

Weltbevölkerung × BIP pro Kopf × Energieintensität des BIP × Kohlenstoffintensität der Energie = CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energieerzeugung

Die sich daraus mit der Zeit ergebenden Entwicklungen lassen sich zum Beispiel folgendermaßen interpretieren:

Die **Weltbevölkerung** wächst – wir nähern uns derzeit einem Wert von 8 Milliarden Menschen und erwarten UN-Prognosen zufolge bis Ende des Jahrhunderts eine Weltbevölkerung von 11 Milliarden. Das Wachstum verlangsamt sich allerdings mit der Zeit, da die Menschen immer kleinere Familien haben.

Das **BIP pro Kopf** wächst pro Jahr kontinuierlich an, und wir gehen davon aus, dass sich diese Entwicklung weiter fortsetzen wird, vor allem weil die Menschen in Schwellenländern wie China, Indien, Südafrika, Mexiko, Brasilien und Indonesien einen höheren Lebensstandard erreichen.

Die **Energieintensität des BIP** nimmt mit der Zeit ab, da die Weltwirtschaft effizienter wird, d. h. weniger Energie pro Einheit der Wirtschaftsleistung verbraucht. Technologien werden immer besser – effizientere Autos, Gebäude und Maschinen – und die Wirtschaft verlagert sich von der Produktion zur Dienstleistung. Das Produkt aus Weltbevölkerung, BIP pro Kopf und Energieintensität des BIP entspricht der gesamten von der Weltwirtschaft verbrauchten Energiemenge.

Die **Kohlenstoffintensität der Endenergie**, also die im Rahmen des Energieverbrauchs emittierte Menge an CO<sub>2</sub>, dürfte im Laufe der Zeit voraussichtlich leicht abnehmen. Insgesamt ist dieser Abwärtstrend der Kohlenstoffintensität darauf zurückzuführen, dass fossile Brennstoffe zunehmend durch kohlenstoffarme Erneuerbaren Energien als Energiequelle abgelöst werden.

Die **CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energieerzeugung** sind das Ergebnis aller vier Faktoren, die miteinander multipliziert wurden. Im Baseline-Szenario steigen die Emissionen weiter an. Da der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre mit der Temperatur korreliert, führt eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre zu einem Anstieg der globalen Temperaturen.

Diese Faktoren erklären leicht verständlich, warum die Emissionen im Baseline-Szenario ansteigen: Die Fortschritte bei Energieeffizienz und Dekarbonisierung halten mit dem starken Bevölkerungswachstum und dem steigenden Verbrauch nicht Schritt.

# Hintergrundinformationen zur En-ROADS-Dynamik

Achten Sie bei der Verwendung von En-ROADS darauf, wann und in welchem Umfang Schieberegler-Anpassungen zu Abweichungen vom Baseline-Szenario führen. Bitten Sie die Teilnehmenden, darüber nachzudenken, warum dies geschieht – so schaffen Sie ein vertieftes Verständnis für die Dynamik des Klima- und Energiesystems, das En-ROADS simuliert.

Die Dynamik in En-ROADS lässt sich größtenteils anhand der folgenden Aspekte erklären:

## 1. Treiber des Baseline-Szenarios

Um ein tieferes Verständnis für das Modellverhalten zu erlangen, ist es wichtig zu verstehen, welche Faktoren das Baseline-Szenario antreiben.

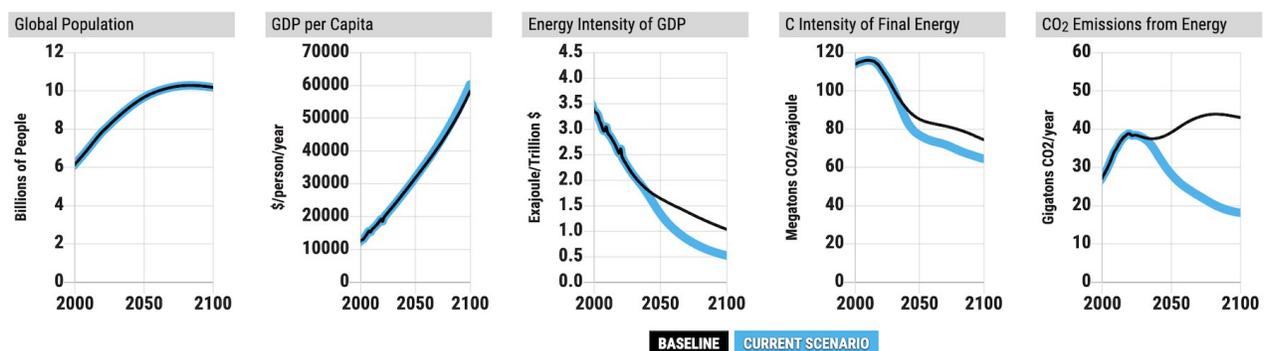
### Wachstumstreiber

Ein Problem bei der Begrenzung der zukünftigen Erwärmung in dieser Simulation ist das starke Wachstum des globalen BIP, das sich aus der Bevölkerungszahl multipliziert mit dem BIP pro Person ergibt. Energieeffizienz und Änderungen im Brennstoffmix können zwar dazu beitragen, die Emissionen aus der Energieerzeugung zu reduzieren, diese Erfolge werden jedoch durch das stetige Wachstum des BIP gedämpft. Die Erkenntnis dieser Tatsache veranlasst viele Teilnehmende dazu, verschiedene Szenarien für die künftige Bevölkerungsentwicklung (z. B. durch die Stärkung der Rolle von Frauen in Entwicklungsländern, was das Bevölkerungswachstum senken könnte) und das Wirtschaftswachstum, gemessen in BIP pro Person, (z. B. durch die Suche nach Möglichkeiten, die wirtschaftlichen Bedürfnisse ohne Steigerung des Verbrauchs zu befriedigen) zu prüfen.

Auf diese Weise werden zum Beispiel folgende Fragen thematisiert:

- "Wir haben schon viel für die Energieeffizienz und saubere Energie getan – warum konnten die Emissionen dann noch nicht in ausreichendem Maße reduziert werden?"

Um diesen Punkt zu veranschaulichen: Sehen Sie sich in den Kaya-Diagrammen ein emissionsarmes Szenario mit erhöhter Energieeffizienz und einem Übergang zu kohlenstoffarmen Energiequellen an. Obwohl sich die Energieintensität des BIP verbessert und die Kohlenstoffintensität der Energie sinkt, wachsen die Weltbevölkerung und das BIP pro Person weiter an.



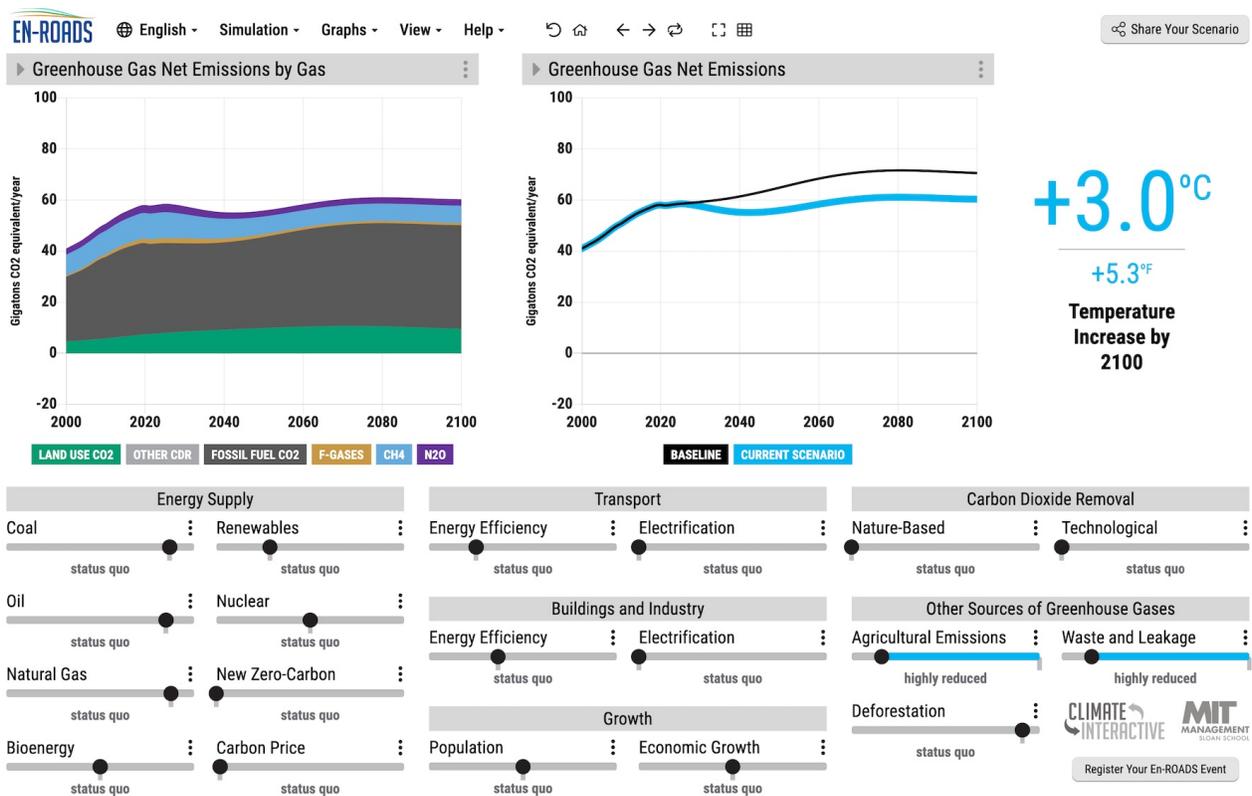
## Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen wirken sich signifikant auf die Temperatur aus

Methan, N<sub>2</sub>O und die F-Gase lassen sich über den Schieberegler "Methan & andere" steuern. Eine Verschiebung dieses Reglers wirkt sich maßgeblich auf den Temperaturanstieg aus. Das bedeutet erhebliche Änderungen in der Viehhaltung und im Verbrauch, in der Abfallwirtschaft, im Einsatz von Düngemitteln und in der Industrie. Diese Emissionen machen derzeit etwa 28 % der gesamten Treibhausgasemissionen aus.

Auf diese Weise werden zum Beispiel folgende Fragen thematisiert:

- "Wir haben schon viel im Energiebereich getan – warum haben wir die Klimakrise dann noch nicht gelöst?"

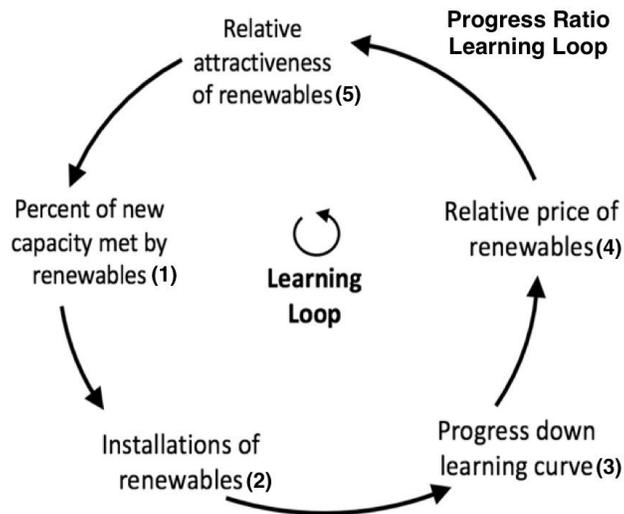
Um diesen Punkt zu veranschaulichen: Sehen Sie sich die Diagramme "Treibhausgas-Nettoemissionen nach Gas – Fläche" und "Treibhausgas-Nettoemissionen" an und verschieben Sie den Schieberegler 'Methan & andere'. Betrachten Sie das Szenario – eine deutliche Reduzierung der Emissionen von Methan und anderen Gasen erzielt eine signifikante Reduzierung des Temperaturanstiegs bis 2100.



## 2. Komplexe Wechselwirkungen zwischen konkurrierenden Energieträgern und der Nachfrage

### Skalen- und Lerneffekte

Die Kosten der Energieträger, wie etwa der Erneuerbaren Energien, sinken mit zunehmender Erfahrung infolge von Rückkopplungsschleifen durch Lerneffekte, die auch als "Skaleneffekte" bekannt sind. Jede Verdopplung der kumulierten installierten Kapazität Erneuerbarer Energien senkt die Kosten um etwa 20 %, wodurch eine sich selbst-verstärkende Schleife entsteht ("Fortschrittsrate" oder "Fortschrittsquote"). Eine Steigerung der Leistung (1) und die Installation (2) mehr erneuerbarer Energiequellen erzeugt verstärkte Lerneffekte (3), eine Preissenkung (4), eine Steigerung der Attraktivität der Erneuerbaren Energien (5) und führt damit zu noch mehr Leistung und Installationen:

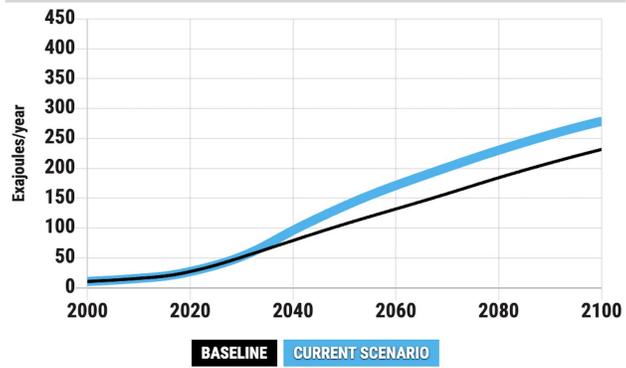


Auf diese Weise werden zum Beispiel folgende Fragen thematisiert:

- "Warum sollten wir Hoffnung haben?"
- "Wie können wir uns den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft leisten?"
- "Sind die Kosten für Erneuerbare Energien nicht unerschwinglich?"

Um diesen Punkt zu veranschaulichen: Sehen Sie sich das Diagramm "Primärenergiebedarf – Erneuerbare Energien" an, legen Sie dabei ein Szenario zugrunde, in dem Erneuerbare Energien subventioniert werden. Dies löst ein anfängliches exponentielles Wachstum aus, das durch die bereits erwähnte sich selbst-verstärkende Lernschleife angetrieben und aufrechterhalten wird.

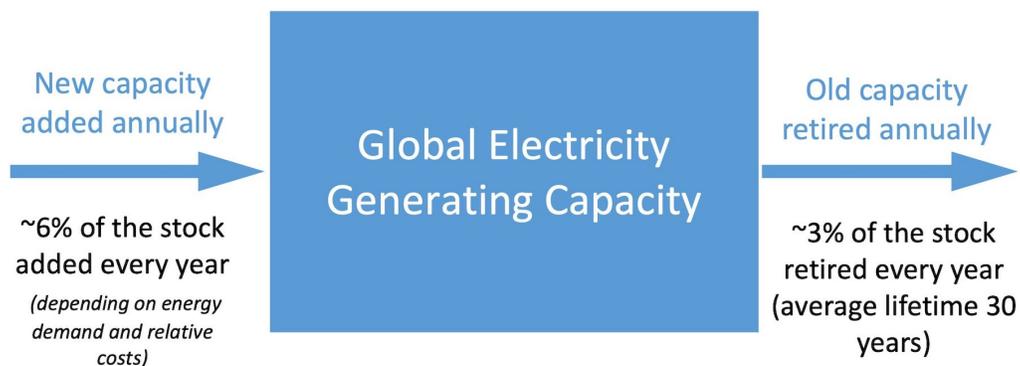
Renewables Primary Energy Demand



## Verzögerungen und Erneuerung des Anlagenbestands

Neue Energiequellen (z. B. Erneuerbare Energien und neue CO<sub>2</sub>-freie Energiequellen) brauchen Jahrzehnte (und nicht nur Jahre), bis sie so weit sind, dass sie weltweit ernsthaft mit Kohle, Öl und Gas konkurrieren können. Eine der Hauptursachen für diese Verzögerungen ist, dass neue Energieinfrastrukturen nur dann gebaut werden, wenn alte Infrastrukturen stillgelegt werden oder ein erhöhter Energiebedarf gedeckt werden muss. Nur etwa 6 % der gesamten Energieinfrastruktur der Welt wird jedes Jahr ausgetauscht, da Infrastrukturobjekte wie Kohlekraftwerke und Ölraffinerien 30 Jahre oder noch länger genutzt werden können. Während also neue CO<sub>2</sub>-freie Energiequellen zwar den größten Marktanteil an neuen Energieanlagen haben, wird es noch viele Jahre dauern, bis der alte Anlagenbestand stillgelegt und erneuert wird. Dem Klima ist letztlich nur mit einem Ausstieg aus Kohle, Öl und Gas geholfen, ohne zusätzliche Maßnahmen kommen wir hier jedoch auf lediglich 3 % pro Jahr, was recht wenig ist.

## Slow Capital Stock Turnover

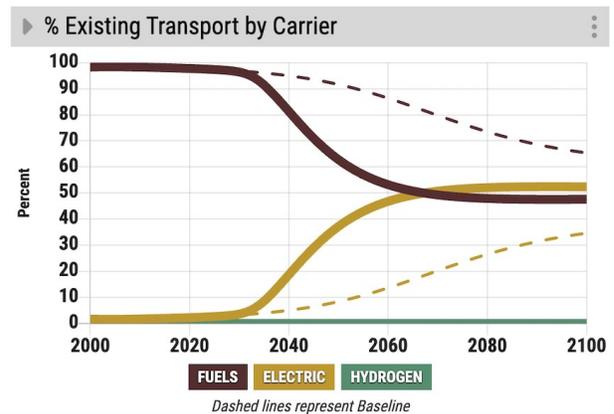
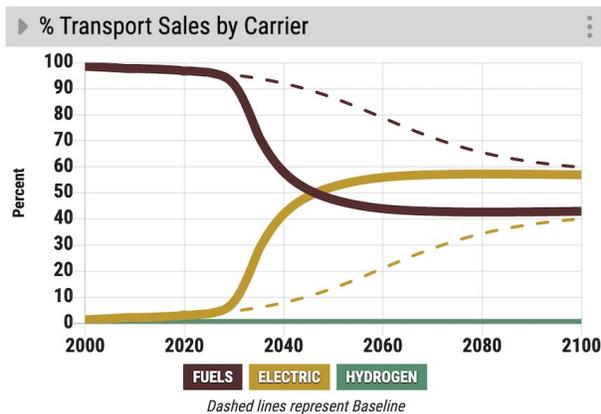


Auf diese Weise werden zum Beispiel folgende Fragen thematisiert:

- "Warum trägt die Subventionierung von Erneuerbaren Energien, Kernkraft oder einer neuen CO<sub>2</sub>-freien Energiequelle nicht dazu bei, die Erwärmung noch deutlicher zu vermeiden?"

Diese Dynamik ist auch für die Steigerung der Energieeffizienz relevant, allerdings haben energieverbrauchende Investitionsgüter wie Fahrzeuge, Gebäude und Industrieanlagen eine deutlich kürzere durchschnittliche Lebensdauer (10-15 Jahre). So kann man zwar die Energieeffizienz von Neuwagen unverzüglich fördern, es dauert jedoch Jahrzehnte, bis sich die durchschnittliche Energieeffizienz aller Autos verbessert, weil es Zeit braucht, bis alle alten ineffizienten Autos aus dem Verkehr gezogen werden.

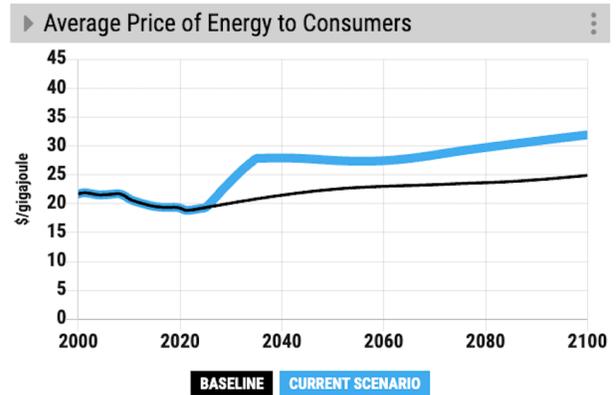
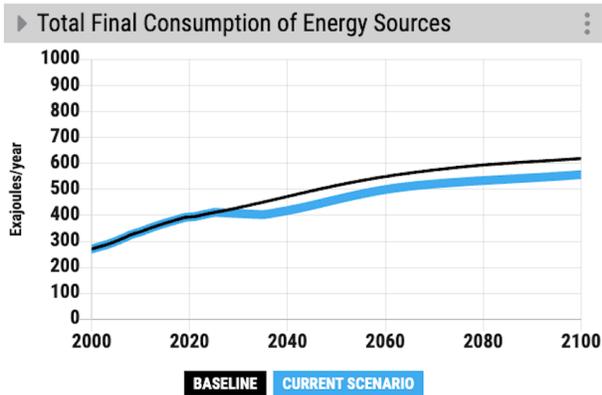
Um diesen Punkt zu veranschaulichen: Stellen Sie den Schieberegler "New Zero-Carbon" auf "massiven Durchbruch" und betrachten Sie das Diagramm "Globale Primärenergiequellen". Sie werden sehen, dass es selbst bei einem Zuwachs an kohlenstoffarmen Quellen mehrere Jahrzehnte dauert, bis genügend fossile Brennstoffkapazitäten abgeschaltet werden, um eine große Wirkung zu erzielen. Beachten Sie, dass Kohle, Öl und Erdgas im Laufe der 2020er und 2030er Jahre stetig weiter wachsen und es einige Zeit braucht, bis die Treibhausgasemissionen vom Baseline-Szenario abweichen.



Was aus dieser Dynamik folgt: Politische Vorgaben, die lediglich Alternativen zu fossilen Brennstoffen fördern, brauchen mehrere Jahrzehnte, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen wirksam zu reduzieren – es dauert längere Zeit, bis die bestehende Infrastruktur abgeschaltet wird. Um die Klimaziele zu erreichen, müssen also auch Bedingungen geschaffen werden, die weiteren Bauvorhaben und der Nutzung von Infrastruktur für fossile Brennstoffe jegliche Anreize unmittelbar entziehen.

## Preis- und Nachfrageeffekte

Die Energienachfrage sinkt, wenn die Energiepreise steigen, und die Nachfrage steigt, wenn die Preise fallen. Die erste Dynamik zeigt sich bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen. Die zweite Dynamik greift dann, wenn CO<sub>2</sub>-freie Energieträger wie Erneuerbare Energien oder eine neue CO<sub>2</sub>-freie Energiequelle entweder subventioniert werden oder bei der Kostensenkung ein Durchbruch erzielt wird.



## Verdrängung oder Luftballoneffekt

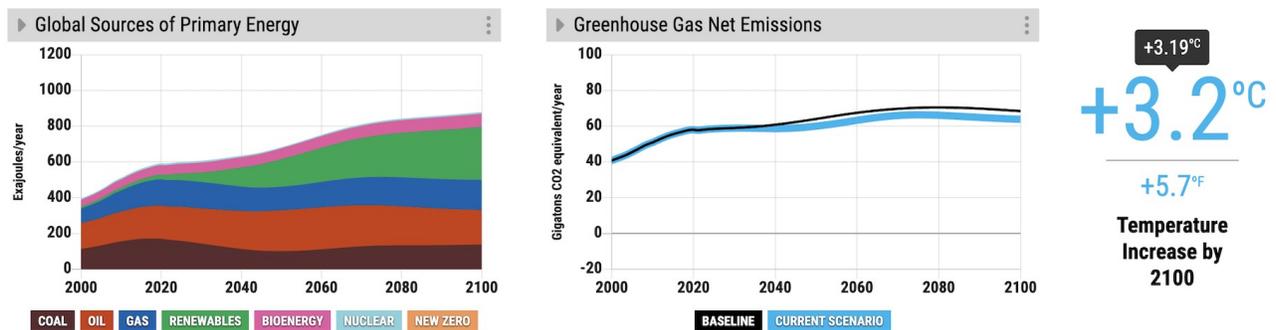
Viele Menschen gehen davon aus, dass, wenn man weltweit mehrere langfristig kohlenstofffreie Energiequellen wie Kernkraft, Windkraft und Solarenergie fördern würde, diese Energiequellen in Summe (additiv) zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen würden. Tatsächlich konkurrieren sie jedoch. Auf der einen Seite mehr, auf der anderen weniger.

Auf diese Weise werden zum Beispiel folgende Fragen thematisiert:

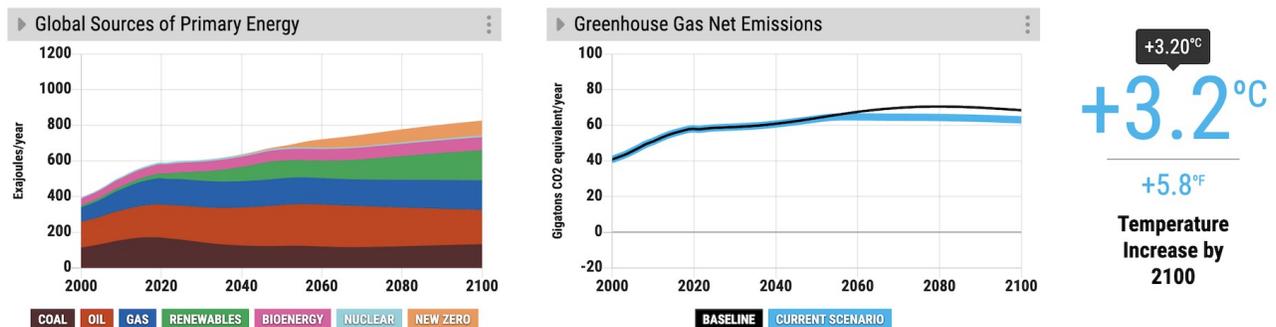
- "Warum hat es nichts genützt, in diesem Szenario, in dem Erneuerbare Energien die maßgebliche Rolle spielen, einen Durchbruch bei einer neuen CO<sub>2</sub>-freien Energiequelle zu erzielen?"

Um diesen Punkt zu veranschaulichen: Sehen Sie sich das Diagramm "Globale Primärenergiequellen" in den drei folgenden Szenarien an. Im ersten Szenario werden nur die Erneuerbaren Energien subventioniert; im zweiten gibt es einen Durchbruch bei einer neuen CO<sub>2</sub>-freien Energiequelle ("New Zero-Carbon"), im dritten Szenario unterstellen wir sowohl eine Subventionierung der Erneuerbaren Energien als auch einen Durchbruch bei New Zero-Carbon.

Im folgenden Szenario führt eine massive Subventionierung der Erneuerbaren Energien zu einer Reduzierung des Temperaturanstiegs um 0,2 Grad Celsius:

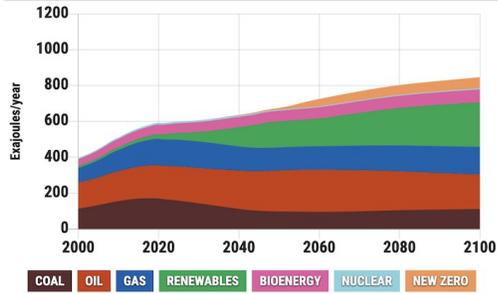


Ein massiver Durchbruch bei New Zero-Carbon bewirkt für sich genommen ebenfalls eine Reduzierung um 0,2 Grad Celsius:

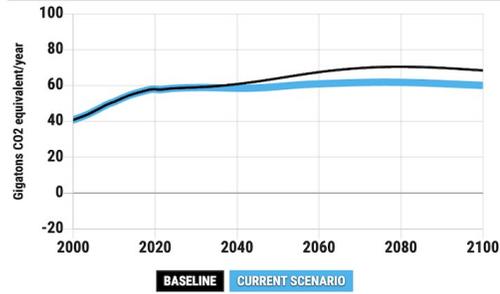


Nimmt man beide Änderungen zusammen, ergibt sich jedoch nicht die Summe aus beiden (0,4 Grad Celsius) – vielmehr sehen wir, dass der Temperaturanstieg lediglich um 0,3 Grad fällt, weil die Energieträger miteinander um Marktanteile konkurrieren:

Global Sources of Primary Energy



Greenhouse Gas Net Emissions



+3.12°C  
**+3.1°C**  
+5.6°F  
**Temperature Increase by 2100**

### 3. Systemdynamik des Klimas

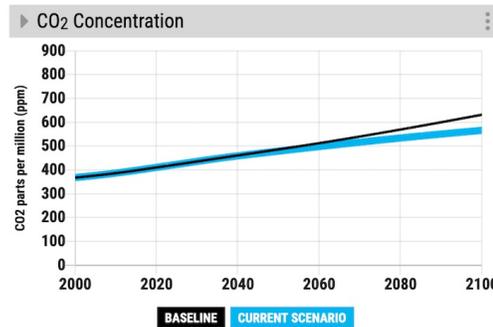
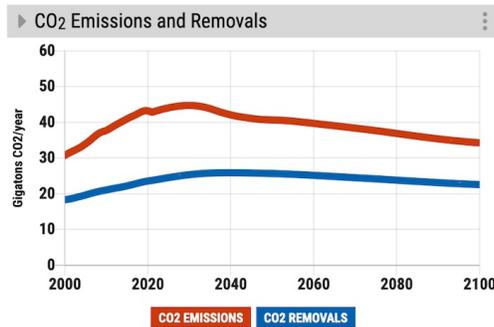
#### Badewannenprinzip – Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration reagieren anscheinend nur schwach auf Änderungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die Emissionen müssen deutlich zurückgehen, um den Temperaturanstieg und die Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auch nur leicht zu verändern. Diese Dynamik, die unserer Intuition zuwiderläuft, ist ein wichtiges Merkmal des Kohlenstoff- und Klimasystems. Eine kurze Erklärung für diese Dynamik ist die Tatsache, dass die dem Kohlenstoffkreislauf und dem Klima zugrunde liegende Dynamik zu längeren Verzögerungen zwischen Emissionen und Temperaturänderung führt.

Auf diese Weise werden zum Beispiel folgende Fragen thematisiert:

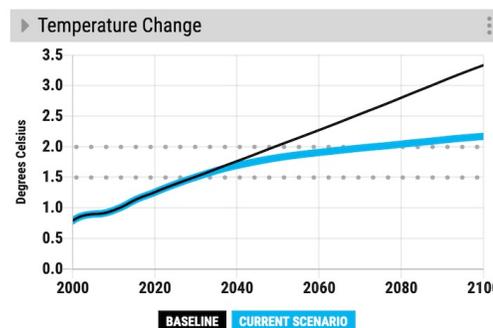
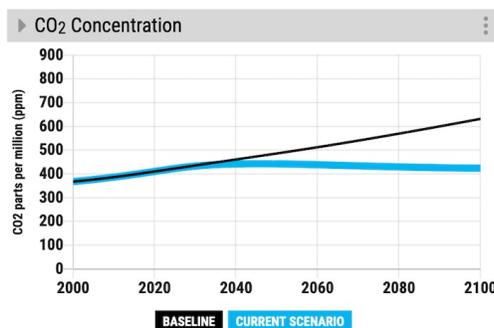
- "Die Emissionen haben sich stabilisiert, warum steigen die Temperatur oder die CO<sub>2</sub>-Konzentration dann immer noch an?"

Um diesen Punkt zu veranschaulichen: Sehen Sie sich die Diagramme "CO<sub>2</sub>-Emissionen und -Entnahmen" und "CO<sub>2</sub>-Emissionen" an. Verwenden Sie ein Szenario, in dem sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen stabilisieren. Obwohl sich die Kurve der CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeflacht hat, steigen die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (rechts in blau) weiter an:



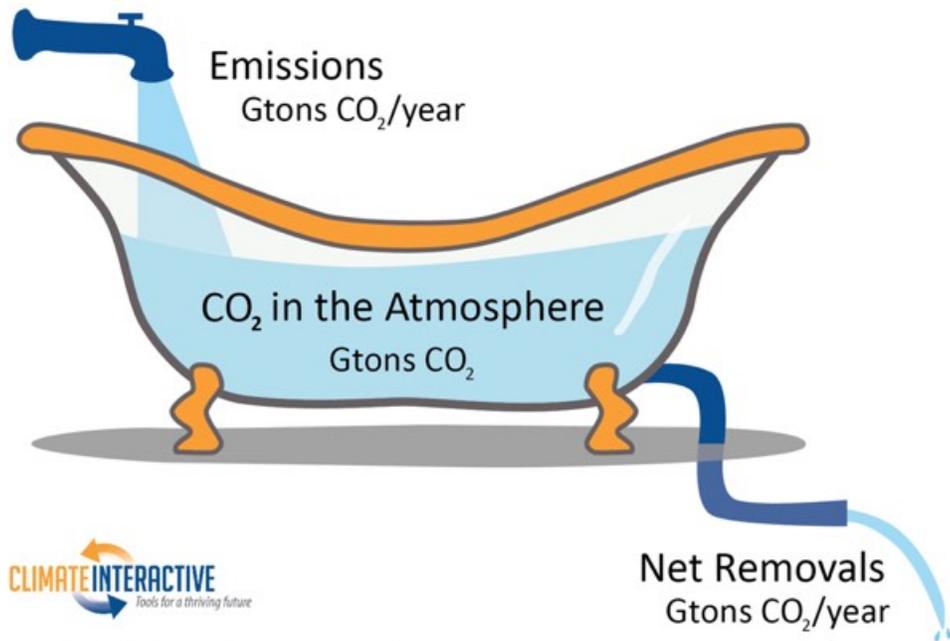
**+3.0°C**  
+5.4°F  
Temperature Increase by 2100

Entsprechend nimmt die Temperaturänderung in einem deutlich konsequenteren Szenario, in dem sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration stabilisiert, weiter zu:



**+2.2°C**  
+3.9°F  
Temperature Increase by 2100

Weitere Erläuterungen zu Mengen, Flüssen und dem Badewannenbild erhalten Sie im Rahmen unserer [Climate Leader](#) Lernreihe.



Overall framing by Dr. John Sterman, MIT Sloan

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org).



**Erschweren oder fördern Sie den Abbau von Kohle und deren Verbrennung in Kraftwerken.** Kohle ist der schädlichste fossile Brennstoff in punkto CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie im Hinblick auf Luftschadstoffe mit gravierenden gesundheitlichen Auswirkungen. Kohle gehört jedoch weltweit nach wie vor zu den bedeutendsten Energiequellen, da sie relativ preiswert zu fördern und zu transportieren ist.

## Beispiele

- Staatliche Vorgaben zur schrittweisen Abschaltung von Kraftwerken oder deren Verteuerung, etwa durch eine Kohlesteuer.
- Finanzdienstleistungsunternehmen (z. B. Banken) oder globale Entwicklungsinstitutionen (z. B. Weltbank), die den Zugang zu Kapital für neue Kohlebergbau-, Raffinerie- und Kraftwerksinfrastruktur einschränken.

## Kernbotschaften

- Den Abbau und die Nutzung von Kohle zu erschweren, ist eine hochwirksame Strategie, um den künftigen Temperaturanstieg zu begrenzen. So bleibt die Kohle in der Erde, die Energiekosten steigen und die Energienachfrage sinkt.
- Der Ausstieg aus der Kohle verbessert zudem die öffentliche Gesundheit und führt dank verbesserter Luftqualität zu Einsparungen im Gesundheitswesen.

## Maßgebliche Prozesse

- Wird die Nutzung von Kohle durch eine Besteuerung erschwert, nimmt der Kohleanteil im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" ab. Kohle ist eine der Energiequellen, die am empfindlichsten auf Kostenerhöhungen reagiert. Im Gegensatz zu Öl lässt sie sich oft durch Erdgas und Erneuerbare Energien ersetzen.
- Die Besteuerung von Kohle reduziert zudem die Energienachfrage (siehe Diagramme "Endenergieverbrauch" und "Energiekosten"). Bei höheren Energiepreisen neigen wir dazu, Energie effizienter zu nutzen und Energie zu sparen. Die Steuerpolitik muss jedoch auch auf ärmere Bevölkerungsschichten Rücksicht nehmen, die durch hohe Energiepreise zusätzlich benachteiligt werden könnten.

## Potenzielle Co-Benefits einer Politik, die die Nutzung von Kohle erschwert

- Eine Reduzierung der Luftschadstoffe aus der Kohleverbrennung verbessert die Luftqualität und die Gesundheitsparameter für umliegende Gemeinden.
- Wird der Kohleabbau zurückgefahren, gelangen weniger Schwermetalle und Abfälle von Abbaugeländen in die Umwelt, was die Wasserqualität verbessert und zum Schutz der Lebensräume von Wildtieren, der Artenvielfalt und der Ökosystemdienstleistungen beiträgt.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Die Besteuerung von Kohle kann die Energiekosten für Haushalte und Unternehmen erhöhen, die zur Deckung ihres Energiebedarfs auf Kohle angewiesen sind.
- Einkommensschwache Gemeinschaften leiden oft am meisten unter negativen gesundheitlichen Auswirkungen, sind jedoch am häufigsten an der Kohleproduktion beteiligt. Es wird von entscheidender Bedeutung sein, diesen Menschen Möglichkeiten zu bieten, neue Arbeitsplätze zu finden.

## Schieberegler-Einstellungen

Die folgende Tabelle weist die numerischen Bereiche für die markierten Eingabestufen des Schiebereglers "Kohle" aus. Jeder der Schieberegler im Bereich Energieerzeugung ist so eingestellt, dass er eine ähnliche prozentuale Kostensteigerung oder -senkung für jede Eingabestufe abbildet.

	<b>sehr hoch besteuert</b>	<b>hoch besteuert</b>	<b>besteuert</b>	<b>Status quo</b>	<b>subventioniert</b>
Veränderung des Preises pro Tonne Steinkohleeinheit (t SKE)	+110 \$ bis +40 \$	+40 \$ bis +20 \$	+20 \$ bis +6 \$	<b>+6 \$ bis -6 \$</b>	-6 \$ bis -20 \$
Kostensteigerung oder -senkung	+200 % bis +60 %	+60 % bis +30 %	+30 % bis +10 %	<b>+10 % bis -10 %</b>	-10 % bis -30 %

## Modellstruktur

Die Kosten für Kohle wirken sich auf drei wesentliche Entscheidungen zur Energieinfrastruktur aus:

1. Investitionen in neue Kapazitäten (ob also neue Verarbeitungsanlagen und Kraftwerke gebaut werden sollen oder nicht);
2. Nutzung bestehender Kapazitäten (ob bestehende Anlagen weiter genutzt werden sollen);
3. Abschaltung von Kapazitäten (ob also Anlagen länger oder kürzer als im Durchschnitt von ~30 Jahren in Betrieb bleiben sollen).

## Fallstudien

Vereinigte Staaten: Würde man den gesamten mit Kohle erzeugten Strom in den USA durch Solarstrom ersetzen, könnte man 52.000 Menschenleben pro Jahr retten, die sonst frühzeitig aufgrund schlechter Luftqualität sterben würden – das ist mehr als die Anzahl der Menschen, die heute in der Kohlebranche beschäftigt sind.<sup>1</sup>

Vereinigte Staaten: Die Gesamtkosten, die sich für die US-Wirtschaft aus der Abhängigkeit von Kohle ergeben, werden auf 344 Mrd. \$ pro Jahr geschätzt. Von diesen Kosten entfallen 187 Mrd. \$ auf die Luftverschmutzung, 74,6 Mrd. \$ auf Beeinträchtigungen der öffentlichen Gesundheit im Gebiet der Appalachen und 61,7 Mrd. \$ auf Klimaschäden.<sup>2</sup>

Indien: Eine Erhöhung der Kohlekraftwerkskapazität um ein Gigawatt entspricht einem Anstieg der Kindersterblichkeit um fast 15% in Gegenden in der Nähe von Kohlekraftwerken. Dieser Effekt war bei älteren Kraftwerken, bei Kraftwerken in Gegenden mit relativ höherer Luftverschmutzung und bei Kraftwerken, die eher heimische als importierte Kohle verbrennen, am stärksten ausgeprägt.<sup>3</sup>

## FAQ

**Wie kann ich unmittelbar eine tiefere Reduzierung des Kohleverbrauchs erzwingen?** Aktivieren Sie bei Bedarf in der erweiterten Ansicht den Schalter "Einstellung der Baumaßnahmen für neue Kohleinfrastruktur" und ändern Sie die Position des Schiebereglers "% Verringerung der Kohlenutzung".

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Prehoda, E. W., & Pearce, J. M. (2017). [Potential lives saved by replacing coal with solar photovoltaic electricity production in the U.S.](#) *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 710–715.

[2]: Epstein, P. R., Buonocore, J. J., Eckerle, K., Hendryx, M., Iii, B. M. S., Heinberg, R., ... Glustrom, L. (2011). [Full cost accounting for the life cycle of coal.](#) *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219(1), 73–98.

[3]: Barrows, G., Garg, T., & Jha, A. (2019). [The Health Costs of Coal-Fired Power Plants in India.](#) SSRN.



**Erschweren oder fördern Sie Ölbohrungen, das Raffinieren von Öl und dessen Verbrauch zur Energiegewinnung.** Öl ist als Kraftstoff in Autos, Schiffen und Flugzeugen weitverbreitet, wird aber auch in der Industrie, zu Heizzwecken und zur Stromerzeugung verwendet. Um den Zugang zu Öl hat es in der Vergangenheit immer wieder größere Konflikte gegeben, und Ölnfälle sind eine Gefahr für Ökosysteme und Wasserqualität.

## Beispiele

- Regierungen, die Erdölbohrungen und -exploration einschränken, Subventionen streichen und Öl besteuern.
- Universitäten, Unternehmen und Einzelpersonen, die Anteile von Ölfirmen abstoßen.
- Finanzdienstleistungsunternehmen (z. B. Banken) oder globale Entwicklungsinstitutionen (z. B. die Weltbank), die den Zugang zu Kapital für Exploration, Bohrung, Raffination und Transport einschränken.

## Kernbotschaften

- Wenn als einzige Maßnahme eine hohe Erdölsteuer eingeführt wird, wirkt sich das nur geringfügig auf den Temperaturanstieg aus, weil die Nachfrage nach Kohle und Erdgas als Reaktion darauf steigt und so eine deutlichere Verringerung der Temperaturen verhindert.

## Maßgebliche Prozesse

- Wird die Nutzung von Öl durch eine Besteuerung erschwert, nimmt der Anteil des Öls (rot) im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" ab.
- Sehen Sie sich an, wie Kohle und Gas auf die Besteuerung von Öl reagieren. Sofern keine Beschränkungen für Kohle und Gas gelten, steigt die Nachfrage danach als Reaktion auf die Verteuerung des Öls. Wir nennen dies das Problem des "Luftballoneffekts" – eine Verringerung der Emissionen fossiler Brennstoffe in einem Bereich führt dazu, dass sie in einem anderen Bereich mehr werden. Die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises ist eine gute Lösung für das Problem des "Luftballoneffekts", da ein CO<sub>2</sub>-Preis alle fossilen Brennstoffe anspricht.
- Beachten Sie, dass die Besteuerung von Öl eine zunehmende Elektrifizierung der Fahrzeugflotte bewirkt, da elektrisch betriebene Verkehrsmittel angesichts höherer Ölpreise erschwinglicher werden. Dieser Aspekt wird im Diagramm "Elektrischer Anteil an Gesamtinvestitionsgütern – Transport & Verkehr" abgebildet.

## Potenzielle Co-Benefits einer Politik, die die Nutzung von Öl erschwert

- Wenn weniger Ölbohrungen stattfinden, verringert sich das Risiko für Ölnfälle, was dazu beiträgt, Lebensräume von Wildtieren, Artenvielfalt und Ökosystemdienstleistungen an den Produktionsstandorten und entlang der Transportwege zu schützen.
- Durch eine Verringerung der wirtschaftlichen Abhängigkeit vom Öl können Staaten ihre nationale Sicherheit verbessern und ihre Militärausgaben senken.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Die Ölindustrie bietet Menschen mit technischem Hintergrund viele gut bezahlte Arbeitsplätze. Es wird daher wichtig sein, diesen Menschen Optionen für neue Arbeitsplätze zu eröffnen.
- Ölkonzerne verfügen lokal und global über enorme wirtschaftliche und politische Macht. Um die Nutzung von Öl zu erschweren, müssen bestimmte Schutzmechanismen der Branche abgeschafft werden.
- Dass Ö Raffinerien gern in marginalisierten Gemeinden angesiedelt werden und Unternehmen versuchen, Umweltvorschriften zu umgehen oder deren Anwendung zu beschränken, hat lange Tradition.

## Schieberegler-Einstellungen

Die folgende Tabelle weist die numerischen Bereiche für die markierten Eingabestufen des Schiebereglers "Öl" aus. Jeder der Schieberegler im Bereich Energieerzeugung ist so eingestellt, dass er eine ähnliche prozentuale Kostensteigerung oder -senkung für jede Eingabestufe abbildet.

	sehr hoch besteuert	hoch besteuert	besteuert	Status quo	subventioniert
Preisänderung je Barrel Öläquivalent (boe)	+100 \$ bis +30 \$	+30 \$ bis +15 \$	+15 \$ bis +5 \$	<b>+\$5 to -5</b>	-5 \$ bis -15 \$
Kostensteigerung oder - senkung	+200 % bis +60 %	+60 % bis +30 %	+30 % bis +10 %	<b>+10 % bis -10 %</b>	-10 % bis -30 %

## Modellstruktur

Die Kosten für Öl wirken sich auf drei wesentliche Entscheidungen zur Energieinfrastruktur aus:

1. Investition in neue Kapazitäten (ob also neue Bohranlagen und Raffinerien gebaut werden sollen oder nicht);
2. Nutzung bestehender Kapazitäten (ob bestehende Unternehmungen weiter geführt werden sollen);
3. Abschaltung von Kapazitäten (ob also Infrastrukturen länger oder kürzer als im Durchschnitt von ~30 Jahren in Betrieb bleiben sollen).

## FAQ

**Wie kann ich unmittelbar eine tiefere Reduzierung des Ölverbrauchs erzwingen?** Aktivieren Sie bei Bedarf in der erweiterten Ansicht den Schalter "Einstellung der Baumaßnahmen für neue Ölinfrastruktur" und ändern Sie die Position des Schiebereglers "% Verringerung der Ölnutzung".

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).



**Erschweren oder fördern Sie das Bohren nach Erdgas und dessen Verbrennung zur Energiegewinnung.** Erdgas ist ein fossiler Brennstoff, der für die Stromerzeugung, zu Heizzwecken und in der Industrie eingesetzt wird. Bei der Verbrennung von Erdgas wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt (wenn auch weniger als bei Kohle und Öl); tritt Erdgas aus, wird dabei Methan in großen Mengen freigesetzt. Beim Bohren nach Erdgas wird sehr viel Wasser eingesetzt, Kontaminierungen der Umwelt sind möglich.

## Beispiele

- Regierungen führen Erdgassteuern und Gesetze gegen Fracking ein.
- Finanzdienstleistungsunternehmen (z. B. Banken) oder globale Entwicklungsinstitutionen (z. B. Weltbank) beschränken den Zugang zu Kapital.

## Kernbotschaften

- Mehr Erdgas ist keine wirksame langfristige Klimaschutzstrategie – es ist zwar weniger kohlenstoffintensiv als Kohle, doch die Erdgasinfrastruktur hat eine lange Lebensdauer, so dass es mit der Expansion kohlenstoffärmerer Alternativen konkurriert.

## Maßgebliche Prozesse

- Wenn Gas besteuert wird und weitere politische Vorgaben fehlen, sinkt die Primärenergienachfrage nach Erdgas, während die Nachfrage nach kohlenstoffreicher Kohle und Öl leicht ansteigt. Wir nennen dies das Problem des "Luftballoneffekts" – eine Verringerung der Emissionen fossiler Brennstoffe in einem Bereich führt dazu, dass sie in einem anderen Bereich mehr werden. Die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises ist eine gute Lösung für das Problem des "Luftballoneffekts", da ein CO<sub>2</sub>-Preis alle fossilen Brennstoffe anspricht.

## Potenzielle Co-Benefits einer Politik, die die Nutzung von Erdgas erschwert

- Gasbohrungen sind wasserintensiv, daher kann eine Begrenzung der Förderung die Wassersicherheit und -qualität an der Quelle der Produktion verbessern und die Lebensräume wilder Tiere, die Artenvielfalt und die Ökosystemdienstleistungen schützen.<sup>1 2</sup>
- Es gibt Bedenken hinsichtlich der gesundheitlichen und ökologischen Folgen des als Fracking bekannten Gasbohrverfahrens, die vielerorts zu einem Fracking-Verbot geführt haben.<sup>3 4 5</sup>

## Gerechtigkeitsaspekte

- Im Allgemeinen findet die Erdgasförderung in Industrieländern überproportional häufig in der Nähe einkommensschwacher oder vorwiegend von Minderheiten bewohnter Gemeinden statt.<sup>6 7</sup>
- Es hat Fälle gegeben, in denen sich wohlhabende weiße Gemeinden erfolgreich gegen die Förderung von Erdgas in ihrer Nähe gewehrt haben und die Förderung in einkommensschwache, überwiegend von "People of Color" bewohnte Gemeinden verlagert wurde. Einkommensschwache Gemeinden haben oft weniger Möglichkeiten, bestimmte Entwicklungen zu beeinflussen.<sup>8 9</sup>
- Daten über Fracking- und Kraftwerksstandorte in Entwicklungsländern liegen nur in begrenztem Umfang vor, doch Untersuchungen auf Makroebene zeigen, dass einkommensschwache Gemeinden und Gemeinden

mit überwiegend farbiger Bevölkerung unverhältnismäßig stark von den negativen Auswirkungen von Erdgasbohrungen und der Verbrennung von Erdgas betroffen sind.<sup>10</sup>

## Schieberegler-Einstellungen

Die folgende Tabelle weist die numerischen Bereiche für die markierten Eingabestufen des Schiebereglers "Erdgas" aus. Jeder der Schieberegler im Bereich Energieerzeugung ist so eingestellt, dass er eine ähnliche prozentuale Kostensteigerung oder -senkung für jede Eingabestufe abbildet.

	sehr hoch besteuert	hoch besteuert	besteuert	Status quo	subventioniert
Preisänderung pro tausend Kubikfuß (Mcf)	+5,00 \$ bis +2,00 \$	+2,00 \$ bis +1,00 \$	+1,00 \$ bis +0,30 \$	<b>+0,30 \$ bis -0,30 \$</b>	-0,30 \$ bis -1,00 \$
Kostensteigerung oder - senkung	+200 % bis +60 %	+60 % bis +30 %	+30 % bis +10 %	<b>+10 % bis -10 %</b>	-10 % bis -30 %

## Modellstruktur

Die Kosten für Erdgas wirken sich auf drei wesentliche Entscheidungen zur Energieinfrastruktur aus:

1. Investitionen in neue Kapazitäten (ob also neue Verarbeitungsanlagen und Kraftwerke gebaut werden sollen oder nicht);
2. Nutzung bestehender Kapazitäten (ob bestehende Anlagen weiter genutzt werden sollen);
3. Abschaltung von Kapazitäten (ob also Anlagen länger oder kürzer als im Durchschnitt von ~30 Jahren in Betrieb bleiben sollen).

## FAQ

**Wie kann ich unmittelbar eine tieferegehende Reduzierung des Erdgasverbrauchs erzwingen?** Aktivieren Sie bei Bedarf in der erweiterten Ansicht den Schalter "Einstellung der Baumaßnahmen für neue Gasinfrastruktur" und ändern Sie die Position des Schiebereglers "% Verringerung der Gasnutzung".

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Bamberger, M., & Oswald, R. E. (2012). [Impacts of Gas Drilling on Human and Animal Health](#). *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 22(1), 51–77.

[2]: Ridlington, E., & Rumpler, J. (2013). [Fracking by the Numbers: Key Impacts of Dirty Drilling at the State and National Level](#). *Environment America*.

[3]: Good, K. (2015, February 12). [These 4 Countries Have Banned Fracking ... Why Can't the U.S. Get On Board?](#)

[4]: Food & Water Watch. (2019, August 12). [Local Resolutions Against Fracking](#).

[5]: Carpenter, D. O. (2016). [Hydraulic fracturing for natural gas: impact on health and environment](#). *Reviews on Environmental Health*, 31(1).

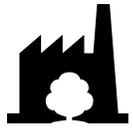
[6]: Clough, E. (2018). [Environmental justice and fracking: A review](#). *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 3, 14–18.

[7]: Bienkowski, B. (2016, February 17). [Fracking's Costs Fall Disproportionately on the Poor and Minorities in South Texas](#). *Inside Climate News*.

[8]: Jula, M. (2018, April 17). [Parents didn't want fracking near their school. So the oil company chose a poorer school, instead](#). *Mother Jones*.

[9]: Gislason, M., & Andersen, H. (2016). [The Interacting Axes of Environmental, Health, and Social Justice Cumulative Impacts: A Case Study of the Blueberry River First Nations](#). *Healthcare*, 4(4), 78.

[10]: Perera, F. (2017). [Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist](#). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 16.



# Bioenergie

## **Erschweren oder fördern Sie die Nutzung von Bäumen, Forstabfällen und Nutzpflanzen zur Energieerzeugung.**

Bioenergie ist eine Energie, die durch die Verbrennung von lebendem organischen Material, wie etwa Holz, Algen oder landwirtschaftlichen Nutzpflanzen gewonnen wird. Es gibt verschiedenste Bioenergie-Quellen, die zum Teil nachhaltig, zum Teil aber auch schädlicher als die Verbrennung von Kohle sind.

## **Beispiele**

- Staatliche Anreize und/oder Zielvorgaben für die Umwandlung von Land in Fläche für den Anbau von Biokraftstoff-Rohstoffen und die Förderung der Bioenergie.
- Forschung, Entwicklung und Investitionen in neue Technologien zur Erzeugung neuartiger Biokraftstoffe sowie in Fahrzeuge und Industrieanlagen, die diese Biokraftstoffe nutzen können oder deren Nutzung unterstützen.

## **Kernbotschaften**

- Bioenergie ist als Antwort auf den Klimawandel nur bedingt geeignet – sie nutzt zwar eine erneuerbare Ressource, emittiert aber immer noch große Mengen an Kohlenstoffdioxid und sieht sich im Zuge ihres Ausbaus mit Versorgungsengpässe konfrontiert.

## **Maßgebliche Prozesse**

- Wenn Bioenergie entweder subventioniert oder besteuert wird, wirkt sie sich kaum auf die Temperatur aus. Änderungen, die sich auf die Bioenergie beziehen, verschieben die Anteile anderer Energiequellen, was zum Beispiel mehr Kohle bedeuten kann, wenn Bioenergie besteuert wird, oder weniger Erneuerbare Energien, wenn sie subventioniert wird.
- Bioenergie ist nur dann CO<sub>2</sub>-frei, wenn der Rohstoff nachwachsen kann, um das freigesetzte Kohlenstoffdioxid zu kompensieren. In einigen Gebieten werden Bäume für die Erzeugung von Bioenergie verwendet, die Jahrzehnte brauchen, um nachzuwachsen und den bei der Verbrennung freigesetzten Kohlenstoff auszugleichen.

## **Potenzielle Co-Benefits einer Politik, die Bioenergie erschwert**

- Wird der Einsatz von Bioenergie erschwert, werden Nutzpflanzen und Ackerland für andere Nutzungsarten frei, z. B. für die Nahrungsmittelproduktion.
- Bleiben Biomassequellen, wie etwa Wälder, unversehrt, lässt sich die Artenvielfalt erhalten.
- Wird weniger Biomasse verbrannt, verbessert sich die Luftqualität in Innenräumen und im Freien, weil weniger Ruß und Feinstaub freigesetzt werden.
- Die Nutzung von Bioenergie kann die Entwaldung beschleunigen – durch die Abhängigkeit von Holz als Brennstoff und den zunehmenden Anbau von Bioenergiepflanzen, vor allem in den Tropen. Eine Reduzierung der Entwaldung hat viele Vorteile, unter anderem eine verbesserte Kohlenstoffbindung.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Flächen, die für den Anbau von Bioenergiepflanzen genutzt werden, können die Verfügbarkeit von Land für die Nahrungsmittelproduktion einschränken und die Ernährungssicherheit gefährden.
- Die Lebensgrundlagen der Landwirte können durch Verschiebungen auf den Agrarmärkten massiv beeinträchtigt werden; es sollten also Schritte unternommen werden, um Beschäftigte und Landwirte beim Übergang zu einer sich ändernden Nachfrage nach bestimmten Nutzpflanzen zu unterstützen.

## Schieberegler-Einstellungen

Die folgende Tabelle weist die numerischen Bereiche für die markierten Eingabestufen des Schiebereglers "Bioenergie" aus. Jeder der Schieberegler im Bereich Energieerzeugung ist so eingestellt, dass er eine ähnliche prozentuale Kostensteigerung oder -senkung für jede Eingabestufe abbildet.

	hoch besteuert	besteuert	Status quo	subventioniert	stark subventioniert
Preisänderung je Barrel Öläquivalent (boe)	+30 \$ bis +15 \$	+15 \$ bis +5 \$	<b>+5 \$ bis -5 \$</b>	-5 \$ bis -15 \$	-15 \$ bis -30 \$
Kostensteigerung oder - senkung	+60 % bis +30 %	+30 % bis +10 %	<b>+10 % bis -10 %</b>	-10 % bis -30 %	-30 % bis -60 %

## Modellstruktur

- Dieser Sektor verfolgt mehrere Phasen bei Bioenergieanlagen oder Energieerzeugungskapazitäten, darunter: in der Entwicklung, im Bau und bereits in der Energieerzeugung sowie die Verzögerungen zwischen den einzelnen Phasen.
- Zukünftige Modellierungen in diesem Sektor werden die Darstellung der Bioenergieversorgung weiter verfeinern und auch die verfügbaren Flächen stärker berücksichtigen.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).



# Erneuerbare Energien

**Erschweren oder fördern Sie die Errichtung von Solar-, Geothermie- und Windkraft-Anlagen.** Zu den Erneuerbaren Energien gehören Windkraft, Solarenergie, Geothermie, Wasserkraft und andere Technologien zur Energieerzeugung, die dabei nur geringfügige bis gar keine Kohlenstoffdioxid-Emissionen freisetzen. Beachten Sie, dass Kernkraft und Bioenergie gesondert betrachtet werden.

## Beispiele

- Regierungen bieten Familien, die Solaranlagen auf ihren Dächern installieren, Steuervergünstigungen.
- Landwirte und Landbesitzer erlauben die Errichtung von Windkraftanlagen auf ihren Grundstücken.
- Forschung und Entwicklung zur Verbesserung von Technologien für Erneuerbare Energien, um die Effizienz zu steigern und/oder die Kosten zu senken.
- Unternehmen, die sich verpflichten, sich zu 100 % mit Erneuerbarer Energie zu versorgen.

## Kernbotschaften

- Die Subventionierung Erneuerbarer Energien trägt dazu bei, die Nachfrage nach Kohle und Gas zu begrenzen und die zukünftigen Temperaturen zu senken. Ohne weitere Maßnahmen genügt es jedoch nicht, fossile Brennstoffe in der Erde zu halten.

## Maßgebliche Prozesse

- **Auswirkung.** Fördern Sie den Ausbau Erneuerbarer Energien und beobachten Sie dabei im Diagramm "Globale Primärenergiequellen", wie die Nachfrage nach Erneuerbaren Energien (grün) steigt, während die Nachfrage nach Kohle (braun) und Erdgas (blau) sinkt. Bereits das Baseline-Szenario geht von einem stetigen Ausbau der Erneuerbaren Energien aus, so dass die zusätzlichen Subventionen zwar durchaus zur Eindämmung der Emissionen beitragen, aber eben nur begrenzt.
- **Preis-Nachfrage-Rückkopplung.** Darüber hinaus senken Subventionen für Erneuerbare Energien die Energiekosten. Infolgedessen steigt die Energienachfrage im Vergleich zu dem, was sonst zu erwarten gewesen wäre (Menschen verbrauchen mehr Energie, wenn sie billig ist). Diese Rückkopplung schwächt die positiven Auswirkungen der Förderung Erneuerbarer Energien etwas ab. Sehen Sie sich diese Dynamik im Diagramm "Endenergieverbrauch" an.
- **Verzögerungen.** Es dauert eine gewisse Zeit, bis sich die Subventionen und die Förderung der Erneuerbaren Energien in der installierten Leistung niederschlagen. Subventionen werden schrittweise über einen Zeitraum von 10 Jahren eingeführt. Sie sehen daher im Diagramm "Endenergieverbrauch Erneuerbare Energien", dass das aktuelle Szenario nicht sofort von der Baseline abweicht.

## Potenzielle Co-Benefits der Förderung Erneuerbarer Energien

- Wenn mit der Abkehr von fossilen Brennstoffen die Luft- und Wasserverschmutzung zurückgeht, wirkt sich dies potenziell positiv auf die öffentliche Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten aus und trägt bei den Staatsausgaben und in privaten Haushalten zu Einsparungen bei.
- Erneuerbare Energien können dazu beitragen, den Zugang zu Energie bei Stromausfällen zu verbessern.
- Erneuerbare Energien bieten Möglichkeiten für hoch- und geringqualifizierte Beschäftigung.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Obwohl die Preise für Erneuerbare-Energien-Infrastrukturen immer weiter sinken, haben viele einkommensschwache Gemeinden sowohl in Industrie- als auch in Entwicklungsländern nach wie vor keinen Zugang zu diesen Technologien. Bemühungen um eine gerechte Energiewende können dazu beitragen, dass alle von den Vorteilen profitieren.<sup>1</sup>
- In vielen Industrieländern beschränken sich Förderprogramme für Solar- und Windkraftanlagen auf Hausbesitzer, die oft in höheren Einkommensschichten angesiedelt sind.

## Schieberegler-Einstellungen

Die folgende Tabelle weist die numerischen Bereiche für die markierten Eingabestufen des Schiebereglers "Erneuerbare Energien" aus. Jeder der Schieberegler im Bereich Energieerzeugung ist so eingestellt, dass er eine ähnliche prozentuale Kostensteigerung oder -senkung für jede Eingabestufe abbildet.

	besteuert	Status quo	subventioniert	stark subventioniert
Änderung des Preises pro Kilowattstunde (kWh)	+0,02 \$ bis +0,01 \$	<b>+0,01 \$ bis</b> <b>-0,01 \$</b>	-0,01 \$ bis -0,02 \$	-0,02 \$ bis -0,03 \$
Kostensteigerung oder -senkung	+30 % bis +10 %	<b>+10 % bis</b> <b>-10 %</b>	-10 % bis -30 %	-30 % bis -60 %

## Modellstruktur

Dieser Sektor erfasst die Zeit, die Windkraft- und Solaranlagen benötigen, um mehrere Phasen zu durchlaufen – in der Entwicklung, im Bau und bereits in der Energieerzeugung.

Zu den wichtigsten Rückkopplungsschleifen im Bereich der Erneuerbaren Energien gehören:

1. Überhitzung – die Kosten steigen, wenn die Nachfrage schneller zunimmt, als Produktion und Zulieferer mithalten können.
2. Standortverfügbarkeit – die Effizienz sinkt und die Kosten steigen, wenn Erzeugungsanlagen für Erneuerbare Energien an weniger optimalen Standorten installiert werden (z. B. Solarkraftwerke in regenreichen Klimazonen).
3. Lerneffekt – jede Verdoppelung der kumulierten Produktion senkt die Kosten um 20 % ("Fortschrittsrate"). Die Kosten sinken mit wachsenden Lieferketten, Geschäftsmodellen und Produktionskapazitäten.

## Fallstudien

Vereinigte Staaten: Durch den Ausbau von Windkraft und Solarenergie wurden im Zeitraum 2007-2015 schätzungsweise 7.000 vorzeitige Todesfälle vermieden und 87,6 Mrd. \$ an Gesundheitskosten und Klimafolgen eingespart.<sup>2</sup>

Benin: Dank solarbetriebener Tröpfchenbewässerung für Bäuerinnen konnten Produktion und Konsum von Gemüse in Haushalten nachweislich gesteigert, das Einkommensniveau erhöht und die Ernährungsunsicherheit verringert werden.<sup>3</sup>

Global: Eine Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien an der globalen Energieversorgung auf 65 % könnte bis 2050 6 Millionen Arbeitsplätze schaffen und der Weltwirtschaft 19 Billionen Dollar an Wert hinzufügen.<sup>4</sup>

## FAQ

### Warum genügt es zur Vermeidung einer massiven künftigen Erwärmung nicht, nur die Erneuerbaren Energien über hohe Subventionen zu fördern?

- Erneuerbare Energien reduzieren CO<sub>2</sub>-Emissionen nur dann, wenn sie fossile Brennstoffe verdrängen. In einigen Fällen decken die Erneuerbaren Energien lediglich den neuen Energiebedarf, ersetzen jedoch nicht den Bedarf, der durch Kohle und Gas gedeckt wird.
- Zweitens wirkt hier ein Preis-Nachfrage-Rückkopplungs-Effekt – um einen Zuwachs der Erneuerbaren Energien zu ermöglichen, werden sie billiger gemacht. Der sinkende Energiepreis kurbelt die Nachfrage an und macht damit einen Teil des positiven Effekts wieder zunichte.

### Wie kann ich erreichen, dass die Erneuerbaren schneller wachsen?

- Erschweren Sie die Nutzung von Kohle und Öl, indem Sie sie einzeln besteuern oder einen CO<sub>2</sub>-Preis festlegen.
- Passen Sie den Schieberegler "Erneuerbare Energien – Kostensenkung durch F&E-Durchbruch" an, um einen plötzlichen Durchbruch zu simulieren, der die Kosten für Erneuerbare Energien drastisch senken würde.

### Wie gehen Sie mit der schwankenden Verfügbarkeit und den Kosten für die Speicherung von Strom aus Erneuerbaren Energien um?

- Die Kosten für die Speicherung Erneuerbarer Energien werden in En-ROADS explizit modelliert. Da Erneuerbare Energien eine bedeutende Komponente der Energieversorgung sein werden, muss die Speicherung kosteneffizient sein, um einen weiteren Ausbau zu ermöglichen.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

## Fußnoten

[1]: Eisenberg, A. (2018). [Just Transitions](#). *Southern California Law Review*, Vol. 92, No. 101, 2019.

[2]: Millstein, D., Wiser, R., Bolinger, M., & Barbose, G. (2017). [The climate and air-quality benefits of wind and solar power in the United States](#). *Nature Energy*, 2(9).

[3]: Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R., & Pasternak, D. (2010). [Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano–Sahel](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1848–1853.

[4]: IEA/IRENA. (2017) [Perspectives for the Energy Transition – Investment Needs for a Low-carbon Energy System](#). Paris/Abu Dhabi: IEA/IRENA.



**Erschweren oder fördern Sie die Errichtung von Kernkraftwerken.** Bei der Stromerzeugung in Kernkraftwerken wird zwar kein Kohlenstoffdioxid freigesetzt, es entstehen jedoch gefährliche radioaktive Abfälle.

## Beispiele

Was die Nutzung der Kernkraft erschwert:

- Öffentliche Informationskampagnen, um die Öffentlichkeit für die Risiken der Kernkraft zu sensibilisieren.
- Politische Vorgaben zur Abschaltung bestehender Kernkraftwerke.

Was die Nutzung der Kernkraft fördert:

- Staatliche Vorgaben zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zur Verringerung der Kosten der Kernkraft.
- Bemühungen von Unternehmen, die öffentliche Akzeptanz von Kernkraftwerken zu fördern.

## Kernbotschaften

- Die Kernkraft ist kein maßgeblicher Treiber zukünftiger Temperaturentwicklungen und konkurriert mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und neuer CO<sub>2</sub>-freier Technologien ("New Zero-Carbon").
- Sie könnte Bestandteil eines größeren Maßnahmenpakets zum Klimaschutz sein, sofern man bereit ist, die Umweltkosten in Kauf zu nehmen, z. B. die Entsorgung der Abfälle und das Risiko von Strahlenschäden in der Nähe der Anlagen.

## Maßgebliche Prozesse

- Sehen Sie sich im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" an, wie bei Subventionierung der Kernkraft der Anteil der Kernkraft (hellblau) zunimmt, während Kohle (braun) und Erdgas (dunkelblau) abnehmen. Die Kernkraft ersetzt einige fossile Brennstoffe und trägt so dazu bei, dass mehr Kohlenstoff in der Erde verbleibt und die Temperaturen etwas weniger ansteigen.
- Die Kernkraft konkurriert mit allen verfügbaren Energiequellen, beachten Sie also auch, was mit den Erneuerbaren Energien (grün) passiert, wenn die Kernkraft subventioniert wird – auch deren Anteil nimmt ab.

## Potenzielle Co-Benefits einer Politik, die die Nutzung von Kernkraft erschwert

- Das Risiko von Strahlenschäden im Fall einer Kernschmelze oder durch radioaktive Abfälle verringert sich.
- Kernkraft verbraucht zum Teil mehr Wasser als Kohle für die Stromerzeugung, ein Ausstieg aus der Kernenergie kann daher die Wassersicherheit erhöhen und zum Schutz der Lebensräume von Wildtieren, der Artenvielfalt und der Ökosystemdienstleistungen beitragen.<sup>1</sup>
- Die Kernkraft benötigt Uran, der Uranbergbau kann jedoch gefährlich sein. Durch eine Politik, die die Nutzung der Kernenergie erschwert, kann das Risiko für Bergleute verringert werden.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Kernkraftwerke, Uranbergwerke (die den Brennstoff für die Kernkraft liefern) und Atommülldeponien befinden sich häufig in einkommensschwachen, marginalisierten Gemeinden, denen es oft an Ressourcen mangelt, um sich für strengere Umweltbestimmungen und -kontrollen einzusetzen.<sup>2</sup>
- Der Abbau von Uran birgt erhebliche gesundheitliche Risiken für die Bergleute sowie für die umliegenden Gemeinden aufgrund von Wasserverschmutzung und toxischen Abfällen.

## Schieberegler-Einstellungen

Die folgende Tabelle weist die numerischen Bereiche für die markierten Eingabestufen des Schiebereglers "Kernkraft" aus. Jeder der Schieberegler im Bereich Energieerzeugung ist so eingestellt, dass er eine ähnliche prozentuale Kostensteigerung oder -senkung für jede Eingabestufe abbildet.

	hoch besteuert	besteuert	Status quo	subventioniert	stark subventioniert
Änderung des Preises pro Kilowattstunde (kWh)	+0,07 \$ bis +0,03 \$	+0,03 \$ bis +0,01 \$	<b>+0,01 \$ bis -0,01 \$</b>	-0,01 \$ bis -0,03 \$	-0,03 \$ bis -0,07 \$
Kostensteigerung oder - senkung	+60 % bis +30 %	+30 % bis +10 %	<b>+10 % bis -10 %</b>	-10 % bis -30 %	-30 % bis -60 %

## Modellstruktur

Dieser Sektor verfolgt mehrere Phasen bei Kernkraftwerken oder Energieerzeugungskapazitäten, darunter: in der Entwicklung, im Bau und bereits in der Energieerzeugung sowie die Verzögerungen zwischen den einzelnen Phasen.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Union of Concerned Scientists. (2013, July). [How it Works: Water for Nuclear](#).

[2]: Kyne, D., & Bolin, B. (2016). [Emerging Environmental Justice Issues in Nuclear Power and Radioactive Contamination](#). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7), 700.



## New Zero-Carbon

**Entdecken Sie eine völlig neue, kostengünstige Quelle zur Stromerzeugung, die keine Treibhausgasemissionen verursacht.** Es wird zum Teil bereits spekuliert, dass die Kernfusion oder die Kernspaltung auf Thorium-Basis einen solchen Durchbruch bringen könnte, doch jede neue Energiequelle birgt auch unbekannte Risiken. Legen Sie fest, wann der Durchbruch kommen soll, wie hoch die Anfangskosten im Verhältnis zur Kohle sind und wie lange es noch dauern wird, bis die Technologie kommerziell genutzt und im industriellen Maßstab eingesetzt werden kann.

### Beispiele

- Forschung und Entwicklung oder andere Investitionen in neue Energiequellen wie Thoriumspaltung oder Kernfusion.
- Hinweis: Dies umfasst nicht neue Technologien für CO<sub>2</sub>-Entnahme, Transport und Verkehr, Elektrifizierung oder Energieeffizienz.

### Kernbotschaften

- Der potenzielle Beitrag einer neuen Technologie zur Energieerzeugung ist aufgrund der langen Vorlaufzeiten bis zur Anwendung neuer Technologien im großen Maßstab deutlich eingeschränkt. Selbst unter optimalen Bedingungen würde es Jahrzehnte dauern, fossile Brennstoffe zu verdrängen und die Treibhausgasemissionen tatsächlich zu reduzieren.

### Maßgebliche Prozesse

- Im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" sehen Sie, wie sich der orangefarbene Bereich für New Zero-Carbon vergrößert, wenn ein Durchbruch zu einer neuen CO<sub>2</sub>-freien Energiequelle erzielt wird. Die Temperatur sinkt jedoch nur geringfügig. Dafür gibt es zwei Gründe:
  - Bedenken Sie dabei zunächst, dass die neue Technologie lange braucht, um sich zu etablieren und ein wichtiger Teil des globalen Energiemixes zu werden. Es gibt eine lange Verzögerung zwischen der Entdeckung der CO<sub>2</sub>-freien Energietechnologie und ihrer Dominanz auf dem Markt – 10 Jahre bis zur kommerziellen Nutzung, mehrere Jahre für Planung und Bau, doch erst, wenn bestehende Kohle- und Erdgasanlagen (die eine Lebensdauer von 30 Jahren haben) abgeschaltet werden, kann die neue Technologie wirklich wachsen. Achten Sie darauf, wie wenig Kohle- (braun) und Erdgas-Anlagen (dunkelblau) vor 2040 vom Netz gehen. Deshalb wird in diesem kritischen Zeitraum so wenig Kohlenstoff in der Erde bleiben.
  - Sehen Sie sich zweitens das Diagramm "Endenergieverbrauch" an. Die neue CO<sub>2</sub>-freie Technologie kann gerade deshalb so schnell wachsen, weil sie kostengünstiger als alle anderen Energiequellen ist – da damit nun große Mengen an preiswerter Energie verfügbar sind, fällt die Energienachfrage höher aus, als sie es sonst gewesen wäre.

## Potenzielle Co-Benefits eines Durchbruchs bei New Zero-Carbon

- Ein Durchbruch bei einer neuen Energiequelle würde viele Arbeitsplätze entlang der Wertschöpfungskette von Forschung und Entwicklung über Bau bis hin zum Betrieb schaffen.
- Fortschritte in der Forschung an neuen Technologien können auch für andere Anwendungen nützlich sein.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Neue Energiequellen bergen unbekannte Risiken und Folgen, und oft werden diese Technologien schließlich in einkommensschwächeren Gemeinden angesiedelt.

## Schieberegler-Einstellungen

	Status quo	Durchbruch	massiver Durchbruch
Jahr des Durchbruchs	kein Durchbruch	2023	2023
Zeit bis zur kommerziellen Anwendung		20 Jahre	20 Jahre
Anfangskosten im Vergleich zu Kohle		2	1

## Modellstruktur

Der Weg bis hin zur Anwendung braucht seine Zeit, nachdem die Technologie zunächst im Labor erfolgreich erprobt werden konnte: Kommerzialisierung (eingestellt auf 10 Jahre, ungefähr so lange, wie es bei der Uranspaltung dauerte), Planung (2 Jahre) und Bau (5 Jahre). Anschließend muss die neue Energiequelle mit anderen Energiequellen konkurrieren.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).



# CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Energienormen

Legen Sie einen global gültigen CO<sub>2</sub>-Preis fest, der Energiequellen teurer macht – je nachdem, wie viel Kohlenstoffdioxid die jeweilige Technologie freisetzt, oder führen Sie eine Norm für sauberen Strom oder eine Emissionsnorm ein. Energieerzeugungsunternehmen legen Zusatzkosten häufig auf ihre Kunden um. Die politischen Vorgaben müssen also so gestaltet sein, dass besonders arme Gruppen der Bevölkerung nicht noch zusätzlich belastet werden.

## Beispiele

- Länder und Regionen, die Kohlenstoffsteuern einführen.
- Grassroots-Kampagnen, die öffentliche Unterstützung für die CO<sub>2</sub>-Bepreisung generieren.
- Normen für sauberen Strom (Clean Electricity Standards) ähneln den in mehreren US-Bundesstaaten verwendeten Renewable Portfolio Standards oder der Renewables Obligation in Großbritannien.

## Kernbotschaften

- Die CO<sub>2</sub>-Bepreisung ist eine hochwirksame Strategie, da sie sowohl die Kohlenstoffintensität der Energieversorgung reduziert als auch den Gesamtenergiebedarf senkt.
- Normen für sauberen Strom betreffen nur einen Teil des Energiesystems, daher hängt ihre Wirkung davon ab, dass sie in Verbindung mit der Elektrifizierung von Verkehr, Gebäuden und Industrie eingesetzt werden.

## Maßgebliche Prozesse

- Erhöht sich der CO<sub>2</sub>-Preis, sinkt der Kohleanteil (brauner Bereich) im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" am stärksten. Kohle ist die kohlenstoffintensivste Energiequelle und reagiert daher am empfindlichsten auf einen CO<sub>2</sub>-Preis. Erdgas (dunkelblau) nimmt ebenfalls ab, wenn auch in geringerem Maße. Öl (rot) nimmt nur leicht ab, obwohl es kohlenstoffintensiver als Gas ist, weil es sich nicht so leicht durch andere Energiequellen ersetzen lässt (z.B. kann man einen Diesel-LKW nicht mit Windkraft betreiben). Erneuerbare Energien (grün) nehmen zu, da die relativen Kosten von Windkraft und Solarenergie sie attraktiver machen.
- Ebenso wie die Besteuerung von Kohle erhöht ein hoher CO<sub>2</sub>-Preis die Energiekosten, was die Energienachfrage reduziert. Sehen Sie sich das im Diagramm "Endenergieverbrauch" an und beachten Sie dabei, dass das Aktuelle Szenario mit hohem CO<sub>2</sub>-Preis (blaue Linie) unterhalb der Baseline (schwarze Linie) liegt.
- Die wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Maßnahmen lassen sich am besten anhand der Energiekosten plus Kosten für Subventionen minus Steuereinnahmen darstellen. Siehe die beiden Diagramme "Jährliche Gesamtkosten für Energie" und "Einnahmen & Kosten aus Steuern & Subventionen".

## Potenzielle Co-Benefits eines CO<sub>2</sub>-Preises

- Erneuerbare Energien werden relativ billiger, was Anreize für die Schaffung von Arbeitsplätzen in diesem Sektor schaffen kann.
- Durch eine Verringerung der Nutzung fossiler Brennstoffe verbessert sich die Luftqualität und erhöht damit Einsparungen im Gesundheitswesen und die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten.
- Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung können sozialen Programmen zugewiesen werden, an denen alle teilhaben können.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Wenn die Kohlenstoffsteuern ein effektives Niveau erreichen, könnten Unternehmen versuchen, die Kosten auf ihre Kunden umzulegen, wobei die ärmsten Bevölkerungsgruppen potenziell am stärksten davon betroffen wären. Es können Richtlinien entwickelt werden, die diese Auswirkungen begrenzen.
- Beschäftigte, die in der fossilen Brennstoffindustrie tätig sind, laufen Gefahr, ihren Arbeitsplatz zu verlieren, wenn die Unternehmen als Reaktion auf höhere Produktionskosten Stellen kürzen, daher sollten Pläne für den Wechsel in andere Arbeitsstellen vorhanden sein und der Schutz der Beschäftigten gewährleistet werden.
- Da die Produktion fossiler Brennstoffe auch politisch ist, könnten staatliche Korruption und das Streben nach zusätzlichen Renten ("Rent-Seeking") für bestimmte Branchen Möglichkeiten eröffnen, mithilfe von Gesetzeslücken oder Ausnahmeregelungen den CO<sub>2</sub>-Preis zu umgehen.

## Schieberegler-Einstellungen

	Status quo	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
CO <sub>2</sub> -Preis pro Tonne	kein CO <sub>2</sub> -Preis	0 \$ bis 20 \$	20 \$ bis 60 \$	60 \$ bis 100 \$	100 \$ bis 250 \$

### *Norm für sauberen Strom*

Mit dem Schalter "Norm für sauberen Strom anwenden" werden politische Vorgaben festgelegt, die vorschreiben, dass ein bestimmter Prozentsatz des Stroms aus anerkannten Quellen stammen muss. Dadurch wird ein Anreizsystem geschaffen: Erzeuger von Strom aus anerkannten Quellen erhalten zusätzliche Einnahmen, ähnlich einer Subvention, nur mit dem Unterschied, dass die Mittel über die Strompreise und nicht über die Staatsausgaben ausgebracht werden. Die zusätzlichen Kosten und Einnahmen wirken sich auf die Strommärkte und auf Investitionen aus und führen dazu, dass der Strommix auf die Zielnormen ausgerichtet wird. Der Wert des Anreizes hängt von der Differenz zwischen Ziel und tatsächlicher Erzeugung und auch davon ab, wie ehrgeizig das Ziel ist.

Kreuzen Sie unter "Energiequellen, die als sauberer Strom anerkannt werden" an, welche Quellen als "sauber" gelten. Den prozentualen Anteil dieser Quellen sehen Sie in der Grafik "% Stromverbrauch aus anerkannten Quellen". Verwenden Sie den Schieberegler "Angestrebter % des Stroms aus anerkannten Quellen", um die erforderliche Menge an Strom aus anerkannten Quellen festzulegen.

## Fallstudien

Nordosten der Vereinigten Staaten: In einer MIT-Studie aus dem Jahr 2016 wurde ein Szenario untersucht, in dem der Nordosten der Vereinigten Staaten ein Emissionshandelssystem mit festen Obergrenzen ("cap and trade") implementierte, und festgestellt, dass die jährlichen Einsparungen im Gesundheitswesen für die Region fünfmal höher ausfallen könnten als die Kosten der zur Umsetzung der politischen Vorgaben erforderlichen Änderungen.<sup>1</sup>

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Thompson, T. M., Rausch, S., Saari, R. K., & Selin, N. E. (2016). [Air quality co-benefits of subnational carbon policies](#). *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66(10), 988–1002.



# Transport & Verkehr – Energieeffizienz

**Erhöhen oder verringern Sie die Energieeffizienz von Fahrzeugen, Schiffen, Flugreisen und Transportsystemen.** Zur Energieeffizienz gehören Hybridautos, erweiterte öffentliche Verkehrsmittel und andere Möglichkeiten, wie Menschen mobil bleiben können, ohne so viel Energie wie bisher zu verbrauchen. Die Einführung energieeffizienterer Praktiken, wie etwa der Fahrrad- oder Fußgängerverkehr, kann dazu beitragen, die öffentliche Gesundheit zu verbessern und Geld zu sparen.

## Beispiele

- Einzelpersonen, die ihr persönliches Verhalten ändern, um häufiger zu Fuß zu gehen, mit dem Fahrrad zu fahren, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, Fahrgemeinschaften zu bilden, in dichter besiedelten Wohngebieten zu leben, effizientere Fahrzeuge zu kaufen, weniger zu fliegen oder Teleheimarbeit zu leisten.
- Öffentliche Maßnahmen oder Vorgaben von Unternehmen, wie die Erhöhung der Parkgebühren, Investitionen in öffentliche Verkehrsmittel, Steuererleichterungen für effiziente Fahrzeuge, die Belohnung der Nutzung von Fahrgemeinschaften, der Bau von Fahrradwegen, die Schaffung fußgängerfreundlicher Stadtgebiete mit hoher Bevölkerungsdichte oder die Einführung von Leistungsstandards, die eine bestimmte Kraftstoffeffizienz vorschreiben.
- Forschung an und Entwicklung von Hocheffizienztechnologien für Schifffahrt, Fahrzeuge und Flugverkehr.

## Maßgebliche Prozesse

- Sehen Sie sich im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" an, wie der Öl-Anteil (rot) mit weltweit steigender Effizienz der Verkehrs- und Transportsysteme abnimmt. Mit zunehmender Effizienz elektrifizierter Verkehrs- und Transportmittel wird weniger Öl verbrannt, Gas und Kohle sind ebenfalls rückläufig.
- Das Diagramm "Endenergieverbrauch" zeigt den abnehmenden Energiebedarf.
- Sehen Sie sich das Diagramm "Energiekosten" an. Hier zeigt sich ein weiterer Vorteil: Mit einem Rückgang der Nachfrage nach Energie sinken auch die Preise.

## Potenzielle Co-Benefits der Energieeffizienzförderung

- Wenn weniger fossile Brennstoffe verbrannt werden und sich die Luftqualität infolgedessen verbessert, lässt sich im Gesundheitswesen mehr Geld einsparen und die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten erhöhen.
- Eine verbesserte Kraftstoffeffizienz bedeutet geringere Energiekosten.
- Öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Bahnen können dazu beitragen, Verkehrsstaus und Lärm zu reduzieren.
- Eine verbesserte Infrastruktur für Radfahrer und Fußgänger erhöht die körperliche Aktivität und Sicherheit, was zu beträchtlichen Einsparungen im Gesundheitssystem führt.

## Gerechtigkeitsaspekte

- In einigen Industrieländern, wie den Vereinigten Staaten, findet sich fußgänger- und fahrradfreundliche Infrastruktur vornehmlich in wohlhabenden Gemeinden, einkommensschwache Familien und "People of Color" bleiben oft außen vor.<sup>1</sup>
- Verbesserte Optionen für den öffentlichen Nahverkehr oder eine Senkung der Betriebskosten durch die Nutzung kraftstoffsparender Fahrzeuge ermöglicht mehr soziale Gerechtigkeit, da nun auch Personen mit geringem Einkommen mehr Möglichkeiten haben, Verkehrsmittel zu nutzen, um ihre persönlichen Bedürfnisse abzudecken.

## Schieberegler-Einstellungen

Die veränderliche Variable ist die jährliche Verbesserungsrate der Energieintensität neuer Verkehrsinvestitionsgüter, wie etwa Fahrzeuge, Züge und Schiffe.

	erschwert	Status quo	erhöht	stark erhöht
Jährliche Rate	-1 % bis 0 %	0 % bis +1 %	+1 % bis +3 %	+3 % bis +5 %

## Modellstruktur

Eine Steigerung der Verbesserungsrate des Energieverbrauchs neuer Fahrzeuge und anderer Infrastrukturobjekte trägt dazu bei, die Treibhausgasemissionen im gesamten Transport- und Verkehrssektor zurückzufahren. Die Beschleunigung dieses Vorgangs verzögert sich jedoch etwas, weil der Energieverbrauch vom Gesamtdurchschnitt aller (und nicht nur der neuen) Investitionsgüter gesteuert wird. Die Struktur des Modells erfasst die Gesamteffizienz, wozu auch die Nachrüstung bestehender Investitionsgüter gehört.

## Fallstudien

New York City: Im Rahmen eines Programms, das Schüler unterstützt, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad zur Schule kommen, wurden 10 Millionen Dollar ausgegeben und 230 Millionen Dollar eingespart – durch mehr körperliche Aktivität, verringerte Luftverschmutzung und geringere Verletzungsraten.<sup>2</sup>

Barcelona, Spanien: Fänden 20 % der Autofahrten in Barcelona mit dem Fahrrad statt, könnte man 38 Leben pro Jahr durch geringere Luftverschmutzung und mehr körperliche Aktivität retten und gleichzeitig 21.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr einsparen.<sup>3</sup>

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Lusk, A. (2019, August 23). [Stop Designing Bike-Friendly Cities Only for Wealthy White Cyclists](#). *City Lab*.

[2]: Muennig, P. A., Epstein, M., Li, G., & Dimaggio, C. (2014). [The Cost-Effectiveness of New York City's Safe Routes to School Program](#). *American Journal of Public Health*, 104(7), 1294–1299.

[3]: Rojas-Rueda, D., Nazelle, A. D., Teixidó, O., & Nieuwenhuijsen, M. (2012). [Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study](#). *Environment International*, 49, 100–109.



# Transport & Verkehr – Elektrifizierung

**Steigern Sie die Verkaufszahlen für neue Elektroautos, elektrische LKWs, Busse und Züge und womöglich sogar Schiffe und Flugzeuge.** Die Verwendung von Elektromotoren in Transport & Verkehr trägt dazu bei, die Treibhausgasemissionen und die Luftverschmutzung zu reduzieren, sofern der Strom aus kohlenstoffarmen Quellen wie Sonne und Wind stammt.

## Beispiele

- Investitionen in die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge.
- Forschung und Entwicklung von Fahrzeug-, Batterie- und Ladetechnologien.
- Zusagen von Unternehmen zum Verkauf von Elektrofahrzeugen.
- Rabatt- und Anreizprogramme für den Kauf von Elektroautos.

## Kernbotschaften

- Wenn die Welt bei der Stromerzeugung auf Kohle und Erdgas angewiesen ist, ändern sich die Emissionen und Temperaturen als Nettoeffekt der Elektrifizierung nur geringfügig.
- Die Umstellung auf elektrische Verkehrsmittel ist dann besonders klimawirksam, wenn der Strom dafür aus kohlenstoffarmen Quellen stammt.

## Maßgebliche Prozesse

- Im Zuge der Elektrifizierung von Transport & Verkehr ergeben sich zwei Faktoren, die sich maßgeblich auf die zukünftigen Temperaturen auswirken:
  - Der Gesamtwirkungsgrad elektrifizierter Verkehrsmittel ist höher als bei Verbrennungsmotoren – im Allgemeinen wird für den Antrieb von Verkehrsmitteln mit Strom weniger Kraftstoff verbraucht als mit Öl.
  - Sehen Sie sich das Diagramm "Globale Primärenergiequellen" an: Mit zunehmender Elektrifizierung von Transport und Verkehr geht der Ölanteil zurück. Gleichzeitig steigt der Primärenergiebedarf an Kohle, Erneuerbaren Energien und – in geringerem Maße – auch an Erdgas, um den steigenden Strombedarf zu decken.

## Potenzielle Co-Benefits einer Förderung der Elektrifizierung

- Mit rückläufiger Anzahl der Verbrennungsmotoren und infolgedessen verbesserter Luftqualität steigen die Einsparungen im Gesundheitswesen und die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten.
- Im Bereich Produktion und Verkauf von elektrischen Batterien und Elektromotoren entstehen neue Arbeitsplätze.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Obwohl die Kosten sinken, sind Elektrofahrzeuge möglicherweise nicht für alle erschwinglich oder verfügbar.
- Der Abbau von Lithium und Kupfer, zwei notwendigen Bestandteilen der in Elektrofahrzeugen verbauten Batterien, kann wertvolle Ökosysteme schädigen und das Wohlergehen der Gemeinden in der Nähe der Abbaustätten bedrohen.<sup>1</sup>
- Die Standorte der Elektroladestationen sind möglicherweise nicht immer zugänglich oder die Reichweite der Batterien reicht in einigen Situationen nicht aus.

## Schieberegler-Einstellungen

Mithilfe des Hauptschiebereglers für die Elektrifizierung von Transport und Verkehr können Sie politische Vorgaben hinzufügen, die festlegen, zu wie viel Prozent mindestens neuer Straßen- und Schienenverkehr (Autos, Lastwagen, Busse und Züge) mit Strom und nicht mit Kraftstoffen betrieben werden muss.

Beachten Sie, dass andere Maßnahmen zur Elektrifizierung beitragen und zu einem höheren Elektrifizierungsgrad führen können, als der Schieberegler dies vorgibt.

Mit dem Schieberegler „Elektrifizierung neuer Transport & Verkehr – Luft und Wasser“ in den erweiterten Einstellungen können Sie den Prozentsatz neuer Elektroflugzeuge, -schiffe, -boote usw. einstellen, die sich mithilfe von Luft oder Wasser fortbewegen. Derzeit sind Elektroflugzeuge und Elektroschiffe mit großer Reichweite nur als Prototypen verfügbar und stehen aufgrund der Beschränkungen der Energiespeicherung vor erheblichen technologischen Herausforderungen, sodass die Standardannahme davon ausgeht, dass sie nicht skaliert werden. Wenn der Schieberegler bewegt wird, würde der Prozentsatz der Elektrifizierungsmaßnahme im Jahr 2030 beginnen und 70 Jahre brauchen, um den angegebenen Prozentsatz zu erreichen.

	Status quo	anreizgefördert	stark anreizgefördert
Mindestprozentsatz an neuem Verkehr	0 % bis 9 %	10 % bis 49 %	50 % bis 100 %

## Modellstruktur

Dieser Input beschleunigt die Zunahme der Elektrifizierung bis zum einem Mindestprozentsatz, im Gegensatz zu den Inputs für Energieträger, die die finanzielle Attraktivität verändern, um das zukünftige Verhalten zu steuern.

Dieser Input wirkt sich in zweierlei Weise auf die Klimaparameter aus:

1. Änderung des Energiebedarfs. Der Wirkungsgrad strombasierter Energieanwendungen ist größer als bei der direkten Verbrennung von Kohle, Öl und Gas.
2. Veränderung des Brennstoffmixes. Die zunehmende Elektrifizierung verringert den Ölverbrauch, erhöht dann aber den Einsatz von Kohle, Erdgas und Erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung.

## Fallstudien

Vereinigte Staaten: Eine Verschärfung der in den USA geltenden Kraftstoffverbrauchsstandards könnte Verbrauchern Dutzende Milliarden Dollar jährlich einsparen, den Benzinverbrauch um Dutzende Milliarden Liter verringern, bis 2030 über 300.000 neue Arbeitsplätze schaffen und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen um Millionen Tonnen pro Jahr reduzieren.<sup>2</sup>

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Lombrana, L. M. (2019, June 11). [Saving the Planet With Electric Cars Means Strangling This Desert](#). *Bloomberg Green*.

[2]: Bezdek, R. H., & Wendling, R. M. (2005). [Potential long-term impacts of changes in US vehicle fuel efficiency standards](#). *Energy Policy*, 33(3), 407–419.



# Gebäude und Industrie – Energieeffizienz

**Steigern oder verringern Sie die Energieeffizienz von Gebäuden, Geräten und anderen Maschinen.** Zur Energieeffizienz gehören zum Beispiel der Bau gut isolierter Häuser und die Senkung des Energiebedarfs von Fabriken. Energieeffiziente Praktiken können über die Verringerung des Energiebedarfs dazu beitragen, Geld zu sparen und die Gesundheit der Menschen in diesen Gebäuden zu verbessern.

## Beispiele

- Einzelpersonen und Unternehmen, die Gebäude isolieren, energieeffiziente Technologien (Motoren, Beleuchtung, Geräte, Server, HLK-Systeme) erwerben und Energie sparen.
- Staatliche Maßnahmen wie Steuererleichterungen und Leistungsstandards, um Anreize für energieeffiziente Produkte und Verfahren zu schaffen.
- Forschung und Entwicklung an Hocheffizienztechnologien.

## Kernbotschaften

- Energieeffizienzmaßnahmen an Gebäuden und Industrieanlagen sind sehr wirksam. Sie bewirken, dass insgesamt weniger Energie verbraucht wird, was wiederum zur Folge hat, dass weniger Kohle, Öl und Gas verbraucht werden. Zudem tragen sie in Familien, Unternehmen und Gemeinden dazu bei, Geld zu sparen.

## Maßgebliche Prozesse

- Sinkt der Energieverbrauch von Gebäuden und Industrie, lässt sich im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" für alle Energieträger ein Rückgang feststellen, insbesondere für Kohle und Gas, wenn sie die wichtigsten Quellen der Stromerzeugung sind. Es werden also weniger fossile Brennstoffe verbrannt, so dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken und der globale Temperaturanstieg drastisch zurückgeht.
- Verbesserungen im Bereich der Energieintensität neuer Investitionsgüter senken auch den Energiebedarf. Sehen Sie sich das im Diagramm "Endenergieverbrauch" genauer an. Dort verläuft das aktuelle Szenario (blaue Kurve) nun unterhalb des Baseline-Szenarios (schwarze Kurve).

## Potenzielle Co-Benefits der Energieeffizienzförderung

- Durch Effizienzsteigerungen in der Industrie und eine Verringerung des Energiebedarfs lässt sich die Luftverschmutzung reduzieren, was wiederum Kosten im Gesundheitswesen einspart und die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten steigert.
- Niedrigere Stromrechnungen für Haushalte, Unternehmen und staatliche - Institutionen erhöhen die Energiesicherheit. Wärme gedämmte Häuser bleiben im Sommer länger kühl und im Winter länger warm, wenn es durch Wetterereignisse oder Netzüberlastungen zu Stromausfällen kommt.
- Die energetische Sanierung von Gebäuden und Wohnhäusern zur Effizienzsteigerung schafft potenziell viele Arbeitsplätze.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Die Anfangsinvestitionen von Energieeffizienzmaßnahmen sind für Personen mit geringem Einkommen und kleine Unternehmen nicht immer erschwinglich.
- Mancherorts sind politische Vorgaben auf Immobilienbesitzer zugeschnitten und verwehren einkommensschwachen Mietern den Zugang zu den Vorteilen.

## Schieberegler-Einstellungen

Die veränderliche Variable ist die jährliche Verbesserungsrate der Energieintensität neuer Investitionsgüter für Gebäude und Industrie.

	erschwert	Status quo	erhöht	stark erhöht
Jährliche Rate	-1 % bis 0 %	0 % bis +1,5 %	+1,5 % bis +3 %	+3 % bis +5 %

## Modellstruktur

Durch eine Steigerung der Verbesserungsrate des Energieverbrauchs für Gebäude und Industrieanwendungen gehen die Emissionen nur allmählich zurück, weil der Energieverbrauch vom Gesamtdurchschnitt aller Infrastrukturen in diesem Bereich gesteuert wird, der sich jedoch im Vergleich zu dieser Maßnahme erst zeitverzögert ändert, da Verbesserungen nur bei neuen Objekten greifen und viele Gebäude und Industrieanlagen jahrzehntelang Bestand haben.

## Fallstudien

Global: Durch LEED-zertifizierte energieeffiziente Gebäude konnten sechs große Volkswirtschaften insgesamt 13,3 Milliarden US-Dollar an Energie-, Gesundheits- und Klimaleistungen einsparen und den Ausstoß Dutzender Luftschadstoffe vermeiden.<sup>1</sup>

Vereinigtes Königreich: Würde das Vereinigte Königreich seine Energieausgaben für Haushalte durch Energieeffizienzmaßnahmen um ein Viertel reduzieren, könnten Haushalte 270 £ pro Jahr einsparen. Der Kapitalwert dieser Investition beträgt 7,5 Mrd. £, der größere Nutzen im Bereich Gesundheit, Wirtschaft und Energie belief sich auf bis zu 47 Mrd. £.<sup>2</sup>

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: P., M., X., C., J., B., J., C.-L., J., S., A., B., & J., A. (2018). [Energy savings, emission reductions, and health co-benefits of the green building movement](#). *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(4), 307–318.

[2]: Rosenow, J., Eyre, N., Sorrell, S., & Guertler, P. (2017). [Unlocking Britain's First Fuel: The potential for energy savings in UK housing](#).



## Gebäude und Industrie – Elektrifizierung

**Steigern Sie die Nutzung von Strom anstelle von Brennstoffen wie Öl oder Gas in Gebäuden, Geräten, Heizungssystemen und Maschinen.** Der Einsatz von Elektromotoren trägt nur dann dazu bei, Emissionen zu reduzieren und die Luftqualität zu verbessern, wenn der Strom aus kohlenstoffarmen Quellen wie Sonne und Wind stammt.

### Beispiele

- Gewachsenes öffentliches Interesse am Austausch von Öl- und Gasheizungen in Gebäuden durch elektrische Heizsysteme.
- Forschung und Entwicklung an verschiedenen Elektromotoren und Systemen als Voraussetzung für den Austausch öl- und gasbetriebener Industrieanlagen durch Windkraft und Solarenergie.

### Kernbotschaften

- Die Elektrifizierung von Gebäuden und Industrie kann einen Beitrag leisten, vor allem dann, wenn Erneuerbare Energien bereits gefördert werden und die Nutzung fossiler Brennstoffe erschwert wird.

### Maßgebliche Prozesse

- Kommen mehr effiziente elektrische Systeme zur Versorgung von Gebäuden und Industrieanlagen zum Einsatz, ist der Anteil von Erdgas (dunkelblau) und Kohle (braun) im Diagramm "Globale Primärenergiequellen" rückläufig.

### Potenzielle Co-Benefits einer Förderung der Elektrifizierung

- Verbesserte Luftqualität an der Quelle erhöht die Einsparungen im Gesundheitswesen und steigert die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten.
- Wenn keine Erdgasleitungen mehr in Gebäude verlegt werden müssen, entfällt auch das Brand- und Explosionsrisiko.
- Die Lärmbelästigung durch Motoren, Generatoren und Öfen wird reduziert.
- Die Luftqualität für Personen, die in den Gebäuden und deren Umgebung arbeiten/leben, verbessert sich, was zu Einsparungen im Gesundheitswesen und einer höheren Leistungsfähigkeit von Beschäftigten führt.

### Gerechtigkeitsaspekte

- Die Anfangsinvestitionen von Sanierungsmaßnahmen an Gebäuden und Heizungsanlagen sind für Personen mit geringem Einkommen und kleine Unternehmen nicht immer erschwinglich.
- Die Belastung durch Luftverschmutzung in Haushalten ist innerhalb der Länder und im Vergleich zwischen den Ländern ungleich verteilt, wobei negative gesundheitliche Auswirkungen und Armut stark miteinander korrelieren.<sup>1</sup>

## Schieberegler-Einstellungen

Mithilfe des Schiebereglers für die Elektrifizierung von Gebäuden und Industrie können Sie politische Vorgaben hinzufügen, die festlegen, zu wie viel Prozent mindestens neue Gebäude, Industrieanlagen und Geräte mit Strom und nicht mit Kraftstoffen betrieben werden müssen.

Beachten Sie, dass andere Maßnahmen zur Elektrifizierung beitragen und zu einem höheren Elektrifizierungsgrad führen können, als der Schieberegler dies vorgibt.

	Status quo	anreizgefördert	stark anreizgefördert
Mindestprozentsatz für neue Gebäude und Industrie	0 % bis 39 %	40 % bis 69 %	70 % bis 100 %

## Modellstruktur

Dieser Input beschleunigt die Zunahme der Elektrifizierung bis zum einem Mindestprozentsatz, im Gegensatz zu den Inputs für Energieträger, die die finanzielle Attraktivität verändern, um das zukünftige Verhalten zu steuern.

Dieser Input wirkt sich in zweierlei Weise auf die Klimaparameter aus:

1. Änderung des Energiebedarfs. Der Wirkungsgrad strombasierter Energieanwendungen ist größer als bei der direkten Verbrennung von Kohle, Öl und Gas.
2. Veränderung des Brennstoffmixes. Die zunehmende Elektrifizierung verringert den Ölverbrauch, erhöht dann aber den Einsatz von Kohle, Erdgas und Erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: World Health Organization. (2018, May 7). [Household air pollution: Health impacts](#).



# Bevölkerungswachstum

**Unterstellen Sie ein höheres oder niedrigeres Bevölkerungswachstum.** Die Bevölkerung ist ein Haupttreiber für den Anstieg der Treibhausgasemissionen; dieser Aspekt hängt jedoch auch stark mit den Konsumgewohnheiten zusammen. Die Ausbildung von Frauen und der Zugang zu Familienplanung könnten den Übergang zu kleineren Familien weltweit beschleunigen.

## Beispiele

- Unterschiedliche Annahmen für zukünftige Fertilitätsraten und demografische Entwicklungen.
- Stärkung der Rolle von Frauen und Mädchen, was zu geringeren Fertilitätsraten führt.
- Verstärkte Aufklärung über und Zugang zur Reproduktionsmedizin.

## Kernbotschaften

- Entgegen der Überzeugung einiger Menschen ist das Bevölkerungswachstum keine Patentlösung im Kampf gegen den Klimawandel.
- Entscheidungen, die sich auf die Bevölkerungsentwicklung auswirken oder die Familienplanung beeinflussen, sind sehr persönliche Entscheidungen. Bemühungen, in diesem Bereich Änderungen zu erwirken, berühren in vielen Kulturen auch ethische Fragen.

## Maßgebliche Prozesse

- Beobachten Sie, wie sich alle Energiequellen ändern, wenn sich das Bevölkerungswachstum ändert.

## Potenzielle Co-Benefits eines geringeren Wachstums

- Eine Verringerung des Bevölkerungswachstums reduziert den globalen Ressourcenverbrauch.
- Durch einen sicheren Zugang zu Familienplanung, Reproduktionsmedizin und Bildungsmöglichkeiten für Frauen lassen sich Lebensqualität und Einkommen von Frauen verbessern.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Maßnahmen zur Begrenzung des Bevölkerungswachstums sollten freiwillig sein, allen zur Verfügung stehen und Frauen befähigen, die Entscheidungen zu treffen, die für sie am besten sind.
- Ein höherer Prozentsatz farbiger Frauen lebt in Ländern mit ausgeprägten geschlechtsspezifischen Ungleichheiten beim Zugang zu Bildung, voller wirtschaftlicher und politischer Teilhabe und angemessener Familienplanung. Soll das Bevölkerungswachstum reduziert werden, muss dafür massiv in diese spezielle Gruppe investiert werden.
- Dass farbige Frauen sowohl in einkommensstarken als auch einkommensschwachen Ländern zwangssterilisiert wurden, um Geburten zu verhindern, kam und kommt immer wieder vor. Solche Eingriffe sollten jedoch unter keinen Umständen gefördert werden.<sup>1 2 3 4</sup>

## Schieberegler-Einstellungen

Der Schieberegler bildet den 95 %-Wahrscheinlichkeitsbereich für eine Abweichung der Bevölkerungsentwicklung vom mittleren Bevölkerungswachstumspfad der Vereinten Nationen ab. Die veränderliche Variable spiegelt die Weltbevölkerung bis zum Jahr 2100 in Milliarden Menschen wider.

	<b>minimales Wachstum</b>	<b>geringes Wachstum</b>	<b>Status quo</b>	<b>hohes Wachstum</b>	<b>maximales Wachstum</b>
UN-Szenario	95 %		95 %		95 %
Bevölkerung in 2100	8,8 bis 9,2 Milliarden	9,2 bis 10,0 Milliarden	<b>10,0 bis 10,9 Milliarden</b>	10,9 bis 11,9 Milliarden	11,9 bis 12,4 Milliarden

## Modellstruktur

Multipliziert man die Bevölkerung mit dem Wirtschaftswachstum (BIP pro Kopf), erhält man das gesamte globale BIP bzw. Bruttoweltprodukt.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Bi, S. (2015). [Forced Sterilizations of HIV-Positive Women: A Global Ethics and Policy Failure](#). *AMA Journal of Ethics*, 17(10), 952–957.

[2]: White, H. (2014, May 28). [African women fight back against forced, coerced sterilizations](#).

[3]: Nittle, N. K. (2020, January 9). [U.S. Government's Role in Sterilizing Women of Color](#).

[4]: Blakemore, E. (2016, August 25). [The Little-Known History of the Forced Sterilization of Native American Women](#). *JSTOR Daily*.



# Wirtschaftswachstum

**Unterstellen Sie ein höheres oder niedrigeres Wachstum bei produzierten Waren und Dienstleistungen.** Das Wirtschaftswachstum wird anhand des Bruttoinlandsprodukts (BIP) pro Person gemessen und wirkt sich maßgeblich auf den Energieverbrauch aus. Um die wirtschaftlichen Bedürfnisse der Menschen zu decken, gibt es auch Alternativen, die auf ökonomische Rahmenbedingungen setzen, die nicht auf kontinuierlichem BIP-Wachstum beruhen.

## Beispiele

- Globale Bemühungen zur Reduzierung des Überkonsums und zur Förderung eines einfachen Lebenswandels auf freiwilliger Basis.
- Mögliche Auswirkungen von Klimafolgen auf das Wirtschaftswachstum.

## Kernbotschaften

- Ein verlangsamtes Wirtschaftswachstum wäre ein sehr wirksamer Ansatz zur Vermeidung künftiger Temperaturerhöhungen. Wie sich das in der Praxis umsetzen und gerecht gestalten ließe, wirft jedoch noch viele Fragen auf.

## Maßgebliche Prozesse

- Multipliziert man die Bevölkerung mit dem BIP pro Kopf, erhält man das gesamte globale BIP bzw. Bruttoweltprodukt. Erhöhungen dieser Variable beschleunigen das exponentielle Wachstum des BIP, des wohl wichtigsten Treibers künftiger CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- Beobachten Sie, wie sich alle Energiequellen ändern, wenn sich das Wirtschaftswachstum ändert.
- Wenn Sie den vom Klimawandel verursachten wirtschaftlichen Schaden erhöhen, sehen Sie, wie dies zwar die Emissionen reduziert, den Temperaturanstieg aber nicht aufhalten kann, selbst unter extremen Annahmen, bei denen das BIP der Welt einbricht.

## Potenzielle Co-Benefits eines geringeren Wachstums

- Der Fokus könnte zu alternativen Maßstäben des Wohlergehens, etwa dem Bruttonationalglück, verschoben werden.
- Eine stärkere Fokussierung auf Ressourcenschonung und weniger auf Materialverbrauch kann bewirken, dass weniger Abfall entsteht.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Wirtschaftswachstum ist ein wichtiger Faktor, wenn es darum geht, Menschen weltweit aus der Armut zu befreien. In den letzten Jahrzehnten gingen viele Zuwächse beim Wirtschaftswachstum allerdings an die Reichsten der Welt. Unabhängig davon müssen politische Vorgaben auf die spezifischen kommunalen und regionalen Gegebenheiten zugeschnitten sein.
- Wenn sich das BIP-Wachstum verlangsamt oder schrumpft, bedeutet das für Regierungen oft höhere Haushaltsdefizite, die häufig durch Sparmaßnahmen – Ausgabenkürzungen und Steuererhöhungen – ausgeglichen werden müssen. Diese Reformen können ärmere Bevölkerungsschichten schwer treffen und

Arbeitsplatzverluste und all die Ungerechtigkeiten, die mit dem Verlust der Lebensgrundlage einhergehen, nach sich ziehen.<sup>1</sup>

## Schieberegler-Einstellungen

### Wirtschaftswachstum

	geringes Wachstum	Status quo	hohes Wachstum
Langfristiges Wirtschaftswachstum	0,5 % bis 1,2 %	<b>1,2 % bis 1,9 %</b>	1,9 % bis 2,5 %
Kurzfristiges Wirtschaftswachstum	1,7 % bis 2,1 %	<b>2,2 % bis 2,9 %</b>	3,0 % bis 3,7 %

Das Wirtschaftswachstum wird im Wesentlichen über den Schieberegler "Langfristiges Wirtschaftswachstum" gesteuert; mithilfe des Schiebereglers "Kurzfristiges Wirtschaftswachstum" lassen sich jedoch auch noch etwas präzisere Annahmen zum Wirtschaftswachstum einstellen. Über diesen Regler wird das anfängliche globale durchschnittliche BIP pro Person festgelegt. Der Schieberegler "Übergangszeit" dient dazu einzustellen, wie lange es dauert, bis das Niveau des "kurzfristigen Wirtschaftswachstums" das Niveau des "langfristigen Wirtschaftswachstums" erreicht.

### Verringerung des BIP durch Klimafolgen

Mithilfe der zwei Schieberegler "Verringerung des BIP bei 2°C durch Klimafolgen" und "Maximale Verringerung des BIP" (zu finden im Annahmen-Menü unter "Folgen des Klimawandels für die Wirtschaft" können Benutzer erfahren, wie stark die Wechselwirkungen zwischen Klimafolgen und BIP sind. Diese beiden Schieberegler werden in derselben Zeile angezeigt, da sie miteinander in Beziehung stehen. Die "Maximale Verringerung des BIP" kann nicht geringer ausfallen als die "Verringerung des BIP bei 2°C durch Klimafolgen", daher verschieben sie sich gemeinsam, sobald ein Benutzer versucht, den einen Schieberegler am anderen vorbeizubewegen. Um sich die Dynamik bei Änderung dieser Schieberegler anzusehen, verwenden Sie bitte das Diagramm "Verringerung des BIP vs. Temperatur".

Es wird erwartet, dass der Klimawandel vielfache negative Auswirkungen auf die Wirtschaft haben wird, wie z. B. geringere Investitionen in Güter und Dienstleistungen aufgrund der Kosten für die Reaktion auf Veränderungen bei extremen Wetterereignissen, den Anstieg des Meeresspiegels, Wüstenbildung, geringere Ernteerträge, Überschwemmungen und die daraus resultierende Migration. Mehrere Ökonomen formulierten diese Auswirkungen, die als "Schadensfunktion" bekannt sind, als prozentuale Verringerung des globalen BIP und veranschlagten sie als Funktion der Temperaturveränderung. Die vier wichtigsten Funktionen in der Literatur stammen von Nordhaus (2017), Weitzman (2012), Dietz & Stern (2015) und Burke et al. (2015). Deren Schätzungen für den wirtschaftlichen Schaden entnehmen Sie bitte dem Diagramm "Verringerung des BIP vs. Temperatur", Sie können diese in En-ROADS replizieren, indem Sie die folgenden Werte für die beiden Schieberegler eingeben oder die Funktion im Menü "Voreinstellung" auswählen:

En-ROADS-Schieberegler	Nordhaus	Weitzman	Dietz & Stern	Burke
Verringerung des BIP bei 2°C	0,9 %	1,3 %	2,6 %	13 %
Maximale Verringerung des BIP	22 %	97 %	98 %	20 %

## Modellstruktur

Unter realen Bedingungen hätten Energiepreise und verschiedene Steuern mehrere Rückwirkungen auf das Wirtschaftswachstum, das Modell bildet jedoch nur die Rückkopplungen zwischen Klimafolgen und BIP ab. Benutzer können die übrigen Rückwirkungen untersuchen, indem sie die Prognosen für das Wirtschaftswachstum mithilfe der Schieberegler manuell ändern.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Ruckert, A., & Labonté, R. (2017). [Health inequities in the age of austerity: The need for social protection policies](#). *Social Science & Medicine*, 187, 306–311.



# Entwaldung

**Verringern oder erhöhen Sie den Verlust von Waldfläche zugunsten landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Nutzung.** Entwaldung bedeutet häufig das Abbrennen oder die Rodung von Wald, um Flächen für den Anbau von Nutzpflanzen wie Sojabohnen, Mais oder Ölpalmen zu räumen. Maßnahmen zum Schutz der Wälder steigern die Artenvielfalt und können dazu beitragen, die Resilienz von Gemeinschaften zu stärken.

## Beispiele

- Regierungspolitik zur Erhaltung von Waldflächen und zur Beschränkung von Agrarindustrien wie der Sojabohnen- und/oder Palmölproduktion.
- Verstärkter Einsatz für die Landrechte indigener Völker.
- Öffentliche Unterstützung und Kampagnen zur Förderung des Flächenschutzes.

## Kernbotschaften

- Anstrengungen zur Reduzierung der Entwaldung wirken sich nur relativ geringfügig auf das Klima aus, weil der Einfluss von CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Energieerzeugung so dominant ist. Ein Ende der Entwaldung anzustreben, gehört dennoch auch weiterhin zu mehrgleisigen Klimaschutzbemühungen.
- Der Schutz der Wälder ist neben dem Klimaschutz auch aus vielen anderen Gründen hilfreich, etwa zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und dem Schutz des Landes von Ureinwohnern.

## Maßgebliche Prozesse

Eine deutliche Reduzierung der Emissionen, die auf die Entwaldung zurückzuführen sind, senkt die Temperaturen weniger, als die meisten Menschen annehmen würden. Sehen Sie sich im Diagramm "Treibhausgas-Nettoemissionen nach Gas – Fläche" an, welche Rolle CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Flächennutzung (Entwaldung) im Verhältnis zu allen anderen Emissionsquellen spielen.

## Potenzielle Co-Benefits einer Verringerung der Entwaldung

- Wälder schützen die biologische Vielfalt und bieten Ökosystemdienstleistungen und Nahrungsquellen.
- Durch den Schutz der Wälder werden Erosion und Bodenverlust reduziert.
- Wälder bieten Menschen Lebensgrundlagen (z.B. Sammeln von Ressourcen in kleinem Umfang und nachhaltige Forstwirtschaft), die verloren gehen können, wenn Land für andere Nutzungsarten umgewidmet wird.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Einige Bemühungen zum Schutz der Wälder haben den Zugang indigener Bevölkerungsgruppen, die seit Generationen nachhaltig auf dem Land leben, eingeschränkt. Politische Vorgaben sollten das Engagement kommunaler Akteure einbeziehen.<sup>1 2</sup>

## Schieberegler-Einstellungen

	<b>stark reduziert</b>	<b>mäßig reduziert</b>	<b>Status quo</b>	<b>erhöht</b>
Reduzierung oder Steigerung pro Jahr in Prozent	-10 % bis -4 %	-4 % bis -1 %	<b>-1 % bis 0 %</b>	0 % bis +1 %

## Modellstruktur

Die Emissionen infolge der Entwaldung bleiben im Baseline-Szenario auf gleichbleibendem Niveau. Sie bilden damit Tendenzen ab, die darauf hinweisen, dass das Problem der Entwaldung weltweit auch weiterhin nicht ausreichend angegangen wird.

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).

### Fußnoten

[1]: Salopek, P. (2019, May 16). [Millions of indigenous people face eviction from their forest homes](#). *National Geographic*.

[2]: Mwijuke, G. (2018, January 12). [Batwa of Uganda mired in extreme poverty](#). *Chwezitraveller*.



# Technologischer CO<sub>2</sub>-Abbau

**Entziehen Sie der Luft mithilfe neuer Technologien Kohlenstoffdioxid, die dessen natürlichen Abbau verstärken oder Kohlenstoff manuell abscheiden und speichern.** Zu den Carbon-Dioxid-Removal-Technologien (CDR), den Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Entnahme, gehören: Direct Air Capture, Bioenergie mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (BECCS), Biokohle und andere (nicht jedoch Kohle- oder Gas-CCS). CDR ist bislang noch nicht weitverbreitet, für die meisten Verfahren bestehen noch erhebliche Hindernisse für die Einführung.

## Beispiele

- Fortschritte bei verschiedenen CDR-Technologien durch Forschung und Entwicklung und staatliche Vorgaben.
- Unterstützung von Unternehmen, Grundstückseigentümern und der Öffentlichkeit bei der Implementierung solcher Technologien.

## Kernbotschaften

- Technologische Verfahren zum CO<sub>2</sub>-Abbau haben das Potenzial, der Atmosphäre erhebliche Mengen an Kohlenstoffdioxid zu entziehen.
- Die meisten dieser Technologien befinden sich noch in der Pilotphase und sind noch nicht in dem Umfang verfügbar, der für einen großflächigen Einsatz erforderlich wäre.

## Maßgebliche Prozesse

- Sehen Sie sich das Diagramm "Fläche für den Anbau von Biomasse zum CO<sub>2</sub>-Abbau" an, beachten Sie dabei die gesamte Landfläche, die womöglich für all diese Verfahren erforderlich ist.
- Das Diagramm "Schüttgut für die Mineralisierung" macht den Umfang der Industrieproduktion deutlich, den diese Verfahren nach sich ziehen.

## Potenzielle Co-Benefits einer CDR-Zunahme

- Naturbasierte Ansätze zum CO<sub>2</sub>-Abbau wie etwa die CO<sub>2</sub>-Bindung in landwirtschaftlichen Böden können in einigen Fällen dazu beitragen, die Gewinne von Landbesitzern und Landwirten zu erhöhen.
- Ein Ausbau vieler Verfahren zum CO<sub>2</sub>-Abbau würde gewaltige neue Industriezweige und Unternehmen hervorbringen, die Arbeitsplätze schaffen würden.

## Gerechtigkeitsaspekte

- Verfahren wie BECCS erfordern in einigen Fällen große Landflächen, die sonst für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden können.
- Viele der technologischen Verfahren zum CO<sub>2</sub>-Abbau sind noch nicht marktgerecht entwickelt und bergen unbekannte Risiken und Konsequenzen für die Gemeinden, in denen sie eingesetzt werden.

## Schieberegler-Einstellungen

	Status quo	geringes Wachstum	mittleres Wachstum	hohes Wachstum
Prozentsatz des maximalen Potenzials	0 % bis +10 %	+10 % bis +40 %	+40 % bis +70 %	+70 % bis +100 %

## Modellstruktur

Die hier genannten fünf Verfahren zum CO<sub>2</sub>-Abbau werden unabhängig voneinander modelliert. Sie unterscheiden sich in verschiedener Hinsicht: wie viel CO<sub>2</sub> mithilfe des jeweiligen Verfahrens gebunden werden kann, ab welchem Jahr ein Ausbau möglich wäre, wie lange die Einführung des Verfahrens dauert und wie viel CO<sub>2</sub> mit der Zeit entweichen kann (die Speicherung ist nämlich nicht immer dauerhaft).

Die Standardeinstellungen für das maximale Potenzial der technologischen CO<sub>2</sub>-Entnahme ("% des max. Potenzials") basieren auf dem mittleren Bereich des [2018 'Greenhouse gas removal' report, eines Berichts der Royal Society](#) (Tabelle 2, Kapitel 2). Wenn Sie beispielsweise den Biokohle-Schieberegler des Simulators auf "100 % des max. Potenzials" stellen, erhöht sich das Entnahmepotenzial auf bis zu 3,5 Gigatonnen/Jahr, was dem Bereich von 2-5 Gigatonnen/Jahr im Bericht entspricht. Um das Entnahmepotenzial weiter zu erhöhen, können Sie in der "Annahmen"-Ansicht unter "Maximum der Kohlenstoffdioxid-Entnahme" die Einstellungen weiter anpassen, indem Sie den jeweiligen Schieberegler bis zum oberen Ende des Bereichs verschieben. So lässt sich zum Beispiel das Maximum für Biokohle auf 5 Gt/Jahr erhöhen.

## FAQ

**Warum ist die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (CCS) bei Kohle und Gas hier nicht aufgeführt, und wie kann ich diese Werte erhöhen?** In unseren Augen handelt es sich bei CCS für Kohle und Gas um eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von Kohle und Gas, nicht aber um die Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre. Beide Parameter lassen sich jeweils in der erweiterten Ansicht zu den Schiebereglern für Kohle und Erdgas ändern.

**Wo kann ich mehr über die verschiedenen Verfahren der CO<sub>2</sub>-Entnahme (CDR) erfahren?** Unter den folgenden Links finden Sie weitergehende Informationen zu den einzelnen CDR-Verfahren:

- [Agroforstwirtschaft](#)
- [Aufforstung](#)
- [BECCS](#)
- [Biokohle](#)
- [Direct Air Capture](#)
- [Verstärkte Mineralisierung](#)
- [CO<sub>2</sub>-Bindung in landwirtschaftlichen Böden](#)

Falls Sie weitergehende Fragen haben oder Unterstützung benötigen, besuchen Sie bitte [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org).



*These materials are licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). This license lets you remix, adapt, and build upon Climate Interactive's work, even commercially, as long as you give Climate Interactive credit for the original creation of the materials.*