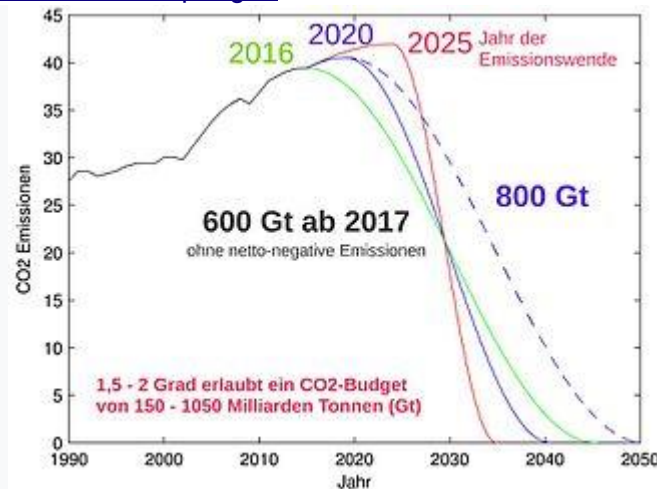
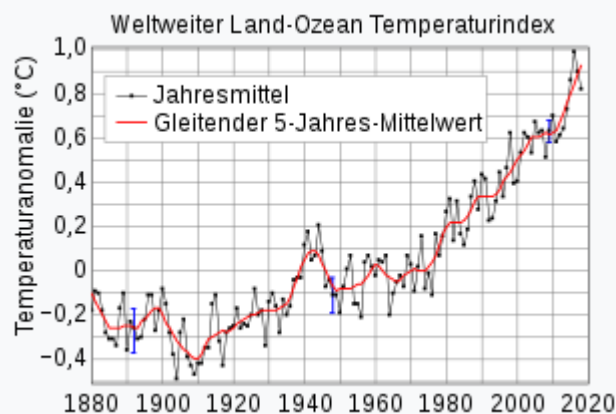


Zwei-Grad-Ziel

[Zur Navigation springen](#)[Zur Suche springen](#)



Nötige Emissionspfade um das im [Übereinkommen von Paris](#) vereinbarte Zwei-Grad-Ziel ohne [negative Emissionen](#) einzuhalten, abhängig vom Emissionspeak



Entwicklung der Temperaturen an Land und der See 1880–2017 relativ zum Mittelwert von 1951–1980

Das **Zwei-Grad-Ziel** beschreibt das Ziel der internationalen [Klimapolitik](#), die [globale Erwärmung](#) auf weniger als zwei [Grad Celsius](#) bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Niveau vor Beginn der [Industrialisierung](#) zu begrenzen. Das Ziel ist eine politische Festsetzung, die auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse über die wahrscheinlichen [Folgen der globalen Erwärmung](#) erfolgte. Vielfach wird vorgeschlagen, eher von einer „Zwei-Grad-Grenze“ zu sprechen, die nicht überschritten werden dürfe. Zugleich steht das Zwei-Grad-Ziel in der Kritik, nicht ausreichend zu sein, da auch bereits bei zwei Grad Erderwärmung schwere Folgen für Mensch und Umwelt auftreten werden, wie u. a. vom [IPCC-Sonderbericht zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 Grad](#) dokumentiert wurde.



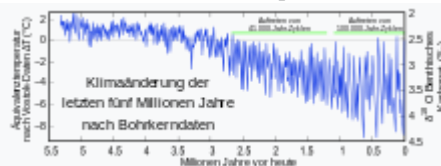
Inhaltsverzeichnis

- 1Hintergrund
 - 1.1Geschichte
 - 1.2Zeitfenster
 - 1.3Realistische Erreichbarkeit
 - 1.4Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr
- 2Politische Festsetzung

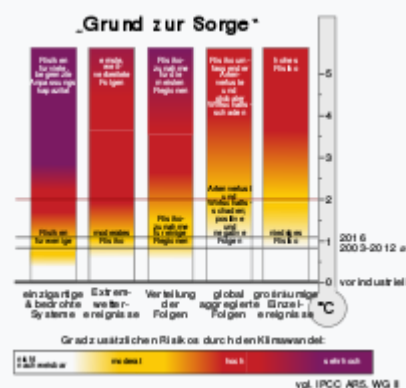
- 3 Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels
 - 3.1 Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten
 - 3.2 Höhe der notwendigen Reduktionen
 - 3.3 Situation 2011
- 4 CO₂-Gesetz
- 5 Rezeption
- 6 Siehe auch
- 7 Literatur
- 8 Einzelnachweise

Hintergrund [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Geschichte [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Bohrkerndaten der letzten 5 Millionen Jahre zeigen, dass die globalen Durchschnittstemperaturen während dieser Zeit teils heftig schwankten; sie lagen während dieser Zeit aber nie um mehr als zwei Grad höher als zum Referenzzeitpunkt im Jahr 1950



Die *burning embers*-Grafik, hier in Anlehnung an den Bericht des IPCC von 2014, ist eine häufig im Zusammenhang mit dem Zwei-Grad-Ziel gezeigte Veranschaulichung der mit steigender Temperatur zunehmenden Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wurde erstmals von dem Ökonomen [William D. Nordhaus](#) in den Jahren 1975 und 1977 formuliert. Dieser argumentierte, dass bei der Begrenzung der globalen Erwärmung die Amplitude natürlicher Klima-Fluktuationen zugrundegelegt werden sollte. Eine Temperaturerhöhung um 2 oder 3 °C gegenüber dem aktuellen, schon vergleichsweise hohen Stand, würde das Klima in einen Bereich bringen, wie es seit mehreren hunderttausend Jahren nicht existiert hätte.^[1] Nordhaus führte die Zwei-Grad-Grenze allerdings nicht als wertebasiertes Ziel einer künftigen Klimapolitik ein, sondern er benutzte sie als gedankliche Grundlage für davon ausgehende Kosten-Nutzen-Analysen.^[2]

Eine im Juli 1988 von der [Weltorganisation für Meteorologie](#), vom [Internationalen Wissenschaftsrat](#) und vom [Umweltprogramm der Vereinten Nationen](#) einberufene Beratergruppe *Advisory Group on Greenhouse Gases* (AGGG) empfahl in ihrem 1990 veröffentlichten Bericht die globale Oberflächentemperatur als einen Indikator für Klimapolitik zu verwenden. Einen Temperaturanstieg von 1 °C sah sie als kaum noch vermeidbar an, jenseits der 2 °C (bei 400 – 560 ppm CO₂) befürchtete sie einen schnellen Anstieg schwerwiegender Risiken für Ökosysteme und nicht-linearer Reaktionen.^[3]

Die 1992 verabschiedete [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) enthielt das Ziel, einen „gefährlichen“ Klimawandel zu vermeiden, ohne jedoch hierfür eine konkrete Grenze zu definieren. Die seit 1990 vorgelegten wissenschaftlichen Berichte des [Weltklimarates](#) (IPCC) gingen ab 2001 auf fünf „Gründe zur Sorge“ (*Reasons for concern*) ein, anhand derer sich Leser selbst ein Urteil bilden sollten, welche Änderungen als gefährlich einzuschätzen waren. Sie illustrierten diese Gründe zur Sorge mit einer Grafik *burning embers* (Deutsch etwa: *Brennende Glut*) im [Dritten Sachstandsbericht](#), die 2009 und 2014 in überarbeiteter Form erneut veröffentlicht wurde. Sie vermieden es jedoch eine Grenze des „Gefährlichen“ ausdrücklich zu definieren.^[4]

Der [Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) trug wesentlich dazu bei, dass die Zwei-Grad-Grenze in den politischen Prozess gelangte. Der WBGU befürwortete die Grenze 1995 in einem Gutachten, woraufhin sie dann von der Politik übernommen und zum Ziel der europäischen Klimaschutzpolitik gemacht wurde. Grundlage des WBGU war auch hier die Annahme, dass bei Überschreiten der Zwei-Grad-Grenze [Kipppunkte](#) (*tipping points*) erreicht würden, die weitere, nicht lineare, unumkehrbare und in ihren Konsequenzen kaum einschätzbare Folgen nach sich zögen.^[5]

Zunächst verschrieben sich die deutsche Bundesregierung und später die [Europäische Union](#), im Dezember 2010 erstmals auch die 194 Mitgliedstaaten der [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) (UNFCCC) diesem Ziel. [Indigene Völker](#) und besonders [Inselstaaten](#) halten das Zwei-Grad-Ziel für zu wenig ambitioniert und plädierten in internationalen Verhandlungen für eine Senkung der Grenze auf höchstens 1,5 Grad; im Jahr 2015 vereinbarten die Staaten der UNFCCC im [Übereinkommen von Paris](#) zur Einhaltung dieser Grenze „Anstrengungen“ zu unternehmen.

Im Oktober 2018 veröffentlichte das [Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (IPCC) der Vereinten Nationen anlässlich seiner 48. Sitzung, die in [Incheon](#) (Südkorea) stattfand, einen [Sonderbericht zur Umsetzung des 1,5-Grad-Zieles](#). Die Wissenschaftler drängen darin auf schnelle Veränderungen, um die Erwärmung zu begrenzen. Zur Erreichung des 1,5-Grad-Zieles seien "schnelle, weitreichende und beispiellose Veränderungen in allen Bereichen der Gesellschaft" vonnöten. Hierzu zählen laut dem Bericht Veränderungen der Energiesysteme, im Bereich der Landwirtschaft und der Transportwege. Die derzeit von den einzelnen Staaten bis 2030 verfolgten Klimaschutzziele würden bis 2100 zu einer Erwärmung von 3 Grad führen, die danach weiter steigen würde.^[6]

Zeitfenster[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Da die [globale Erwärmung](#) seit Beginn der [Industrialisierung](#) (ca. 1850) etwa 1,2 Grad Celsius beträgt (Stand: 2016)^[7] verbleiben rechnerisch noch 0,8 Grad, um das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten. Um dies zu erreichen, müssten die weltweiten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 50 % sinken, in den Industrieländern um 80–95 % (jeweils gegenüber 1990). Die Emissionsreduktion muss im Laufe der 2010er Jahre einsetzen, ansonsten besteht keine realistische Aussicht mehr, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten.^[8] In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts müssen die weltweiten Treibhausgasemissionen dann zwingend auf Null reduziert werden, da nur so die Gesamtmenge an Treibhausgasen in der Atmosphäre nicht weiter ansteigt und somit eine immer weiter steigende Temperatur vermieden werden kann.^[9]

Realistische Erreichbarkeit[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Technisch ist das 2-Grad-Ziel mit derzeit bekannten Technologien erreichbar. Je länger der Klimaschutz hinausgezögert wird, desto größer werden die Kosten des Klimaschutzes; zudem müssen auch mehr risikobehaftete Technologien eingesetzt werden als bei schnellen Klimaschutzmaßnahmen.^[10] In Anbetracht der unsicheren weiteren Entwicklung des weltweiten [Klimaschutzes](#), des steigenden Energiebedarfs und der nur schleppenden Umsetzung bisher eingegangener Reduktionsverpflichtungen äußern manche Beobachter ernsthafte Zweifel, ob das Ziel auch politisch erreichbar ist.^{[11][12]} So bezeichnete [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA), es als „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu bewältigen.^{[13][14]} Bei einer konsequenten Klimaschutzpolitik ist hingegen auch die Begrenzung auf 1,5 °C Erwärmung noch möglich, so wie 2015 im [Übereinkommen von Paris](#) durch die internationale Gemeinschaft vereinbart. Dafür muss die Welt jedoch zwischen 2045 und 2060 die Nettotreibhausgasemissionen auf Null

zurückfahren, weshalb sich das Fenster zum Erreichen dieses Zieles schnell schließt. Zudem muss in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Teil des vorher zu viel ausgestoßenen Kohlenstoffdioxids wieder künstlich aus der Erdatmosphäre entfernt werden.^[15] Wissenschaftlich ist umstritten, ob diese Menge an negativen Emissionen erreicht werden kann, daher sollte eine Klimapolitik nicht auf der Annahme basieren, dass diese Technik langfristig in Großmaßstab zur Verfügung steht.^[16]

Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Grafik zeigt, dass es keine scharfe Grenze zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“ [Klimawandel](#) gibt. [Hans Joachim Schellnhuber](#), Direktor des [Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung](#), sagte in einem Interview im August 2010: „Und natürlich kommt es nicht bei 2,01 Grad zum Weltuntergang, schon gar nicht schlagartig.“^[17] Stattdessen ist es eher als Wegmarke zu sehen, jenseits derer die Ungewissheiten und damit auch die mit dem Klimawandel einhergehenden Risiken deutlich zunehmen und die vom Klimawandel ausgehenden Folgen für einige oder sogar viele Gesellschaften unkontrollierbar zu werden drohen. Wenn es gelänge, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wären zahlreiche [Folgen der globalen Erwärmung](#) bestenfalls gemildert, nicht aber abgewendet. Die [Gletscherschmelze](#) wäre ebenso wenig gestoppt wie der Anstieg des [Meeresspiegels](#). Dieser würde selbst nach einem vollkommenen [Emissionsstopp](#) noch für Hunderte von Jahren weiterlaufen.

Bei einer globalen Erwärmung um 2 °C werden über der [Arktis](#) erheblich höhere Durchschnittstemperaturen erwartet, mit entsprechenden [Folgen für die Region](#). Einige Klimaforscher weisen vor diesem Hintergrund darauf hin, dass 2 °C eher die Grenze zwischen „gefährlichem“ und „sehr gefährlichem“ Klimawandel darstelle als zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“.^[12] Die Einschränkung der Erwärmung auf 1,5 °C statt auf 2 °C würde die Wahrscheinlichkeit einer sommerlichen Eisfreiheit um 2100 von 100 % auf 30 % reduzieren.^[18]

Eine 2018 in [Nature](#) erschienene Studie kam zu dem Ergebnis, dass bei einer Erderwärmung um 2 Grad die ökonomischen Schäden um wahrscheinlich mehr als 20 Billionen US-Dollar höher ausfallen würden als bei einer Erderwärmung um 1,5 Grad. Demnach werden die Mehrkosten zum Erreichen des 1,5-Grad-Ziels auf ca. 300 Mrd. Dollar beziffert, sodass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei der Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 statt 2 Grad etwa 70 beträgt. Deutlich größere ökonomische Schäden ergeben sich demnach ohne stringente Klimaschutzmaßnahmen. So könnte eine Erderwärmung bis 2100 um 2,5–3 Grad zu zusätzlichen wirtschaftlichen Schäden führen, die 15 %–25 % des Pro-Kopf-[Bruttoweltproduktes](#) betragen, bei 4 Grad mehr als 30 %.^[19]

Politische Festsetzung [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

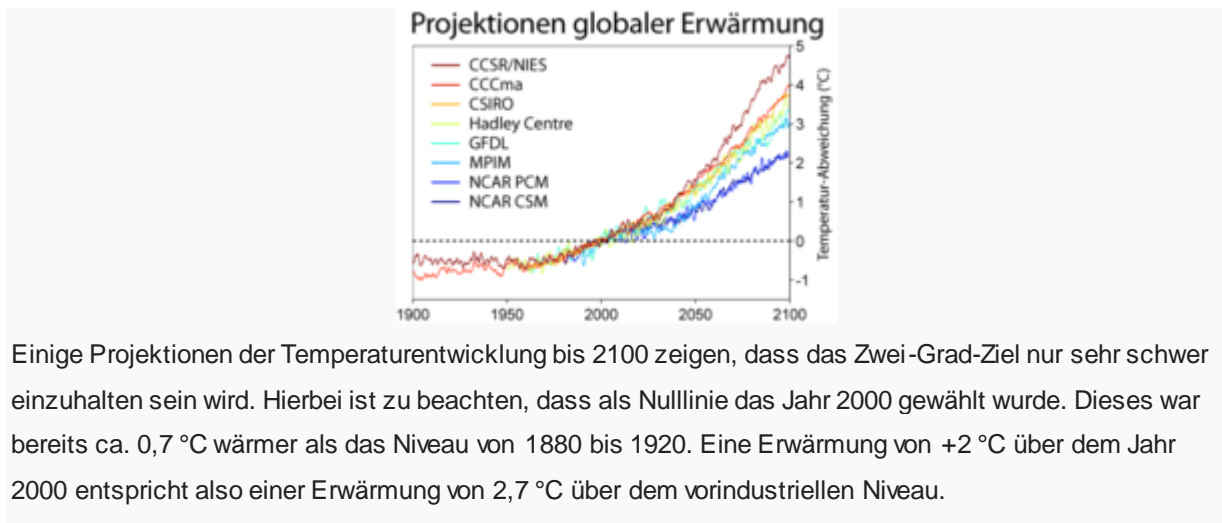
Das Zwei-Grad-Ziel ist die politische Definition des in Artikel 2 der [UN-Klimarahmenkonvention](#) (UNFCCC) festgelegten Grundsatzes, nach dem eine „gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“ verhindert werden soll. Die 1992 beschlossene Klimarahmenkonvention enthält keine genaueren Angaben darüber, ab wann der Klimawandel als „gefährlich“ einzustufen ist. Mit dem Zwei-Grad-Ziel, das auf der [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 erstmals offiziell anerkannt worden ist, hat die Staatengemeinschaft dies nachgeholt. Erwähnt wurde das Ziel zwar auch schon im [Copenhagen Accord](#), dem Abschlussdokument der [UN-Klimakonferenz in Kopenhagen](#) 2009, doch damals haben es die Diplomaten lediglich „zur Kenntnis“ genommen.

Auch außerhalb der UN-Klimadiplomatie und vor der Cancún-Konferenz wurde das Zwei-Grad-Ziel bereits erwähnt. So erkannten es die Staats- und Regierungschefs beim [G8-Gipfel](#) im Juli 2009 im italienischen L'Aquila einheitlich an.

Einzelne Staaten und Regionen hatten sich dem Zwei-Grad-Ziel bereits länger verschrieben. In Deutschland empfiehlt der [Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) schon seit 1994, die mittlere Erwärmung auf höchstens 2 °C zu begrenzen. Die Mitgliedstaaten der [Europäischen Union](#) beschlossen 1996 und abermals 2005, das Zwei-Grad-Ziel zu einer Leitlinie ihrer Klimapolitik zu machen.^[2] Allerdings ist umstritten, ob die selbstgesteckten Ziele der EU für eine Kompatibilität mit dem Pariser Abkommen ausreichend sind.^[20]

Viele Entwicklungsländer halten das Zwei-Grad-Ziel für zu schwach, weil der damit verbundene Klimawandel ihre Existenz gefährde. In internationalen Klimaverhandlungen plädieren vor allem die 44 in der [Alliance of Small Island States](#) zusammengeschlossenen [Inselstaaten](#) für eine Verschärfung des Ziels auf mindestens 1,5 °C.^[21] Einige Klimaforscher, darunter [James E. Hansen](#) vom [Goddard Institute for Space Studies](#) der [NASA](#), plädieren ebenfalls für striktere Ziele und nennen eine Kohlendioxid-Konzentration von höchstens 350 ppm tolerabel.^[22] Aktuell beträgt der Wert bereits 400 ppm.^[23]

Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Das Zwei-Grad-Ziel kann nur eingehalten werden, wenn der Ausstoß von Treibhausgasen langfristig deutlich zurückgeht. Wie schnell und umfassend die Reduktion sein muss, ist abhängig von mehreren Variablen und kann nicht letztgültig entschieden werden.

Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Ein entscheidender Faktor bei der Frage danach, mit welchen Maßnahmen das Zwei-Grad-Ziel eingehalten werden kann, ist die gewählte Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. die Risikobereitschaft, das Ziel gegebenenfalls zu überschreiten. Abhängig davon, ob man das Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 %, 50 % oder 90 % erreichen will, ergeben sich gravierend unterschiedliche Anforderungen an den Klimaschutz.

Hinzu kommen bestehende Unsicherheiten in der [Klimaforschung](#), allen voran die Frage nach der [Klimasensitivität](#). Diese beschreibt die mit einer bestimmten Treibhausgas-Konzentration letztlich einhergehende Erwärmung. Gegenwärtig geht die Klimaforschung davon aus, dass eine Verdoppelung der Konzentration des in diesem Zusammenhang wichtigsten Treibhausgases, [Kohlenstoffdioxid](#), bezogen auf das vorindustrielle Niveau von 280 ppm, eine Erwärmung um 2 bis 4,5 °C bewirken würde.

Gemeinsam führt dies zu stark unterschiedlichen Zielwerten für die zulässige Konzentration von [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#), die von 330 ppm bis zu 700 ppm reichen.^[24] Unter anderem aufgrund dieser Bandbreite ist das Zwei-Grad-Ziel als normativ vielleicht gerechtfertigte, technisch aber wenig brauchbare Vorgabe kritisiert worden.^[11]

Höhe der notwendigen Reduktionen [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Wenn das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden soll, könnte es zum Platzen der [Kohlenstoffblase](#) an den internationalen Finanzmärkten kommen

Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % einzuhalten, hätte das [Kohlendioxidäquivalent](#) der Konzentration der wichtigsten Treibhausgase nicht über 450 ppm steigen dürfen. Um es mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 % einzuhalten, hätte diese Konzentration nicht über 400 ppm steigen dürfen. Sie lag im Jahr 2015 bei 485ppm. ^[25] Nach Angaben des [Umweltprogramms der Vereinten Nationen](#) (UNEP) würde die Wahrscheinlichkeit bei über 50 % liegen, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wenn: ^[26]

- die globalen Emissionen beginnen, zwischen 2015 und 2021 zu sinken.
- die globalen Emissionen im Jahr 2020 zwischen 40 und 48,3 Mrd. Tonnen liegen.
- bis 2050 die globalen Emissionen um 48 % bis 72 % im Vergleich zum Jahr 2000 sinken bzw. um mindestens 90 % im Vergleich zu 2005 reduziert werden. ^[27]

Da Kohlenstoff, der aus der Nutzung fossiler Brennstoffe stammt, aus den Reservoirs Luft, Wasser, Boden und Pflanzenwelt nur durch die sehr langsam wirkende Verwitterung von Gestein auf natürliche Weise wieder aus den genannten Kompartimenten verschwindet, hängt der menschengemachte Klimawandel letztlich von der Gesamtmenge an zusätzlich erzeugtem Kohlenstoffdioxid ab. Aktuell werden jährlich etwa 36 Milliarden Tonnen CO₂ emittiert. Die Verbrennung aller bekannten Reserven an fossilen Rohstoffen (heute technisch und ökonomisch förderbar) würde CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 2.800 Milliarden Tonnen verursachen. Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % einzuhalten, dürften die Emissionen im Zeitraum von 2000 bis 2050 nicht über 1.000 Mrd. Tonnen steigen. Da allein von 2000 bis 2006 bereits 234 Mrd. Tonnen emittiert wurden, liegt das verbleibende [Emissionsbudget](#) bereits unter 766 Mrd. Tonnen. Bei gleichbleibend hohen Emissionen wäre das vorhandene Budget im Jahr 2027 ausgeschöpft. Soll das Risiko einer über 2 °C hinausgehenden Erwärmung bei nur 20 % liegen, träte dieser Fall bereits drei Jahre früher ein; ist man bereit, das Risiko auf 50 % anzuheben, würde das Budget bis zum Jahr 2039 reichen. ^[28]

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen hat errechnet, dass eine unverzügliche Trendwende bei den Treibhausgas-Emissionen herbeigeführt werden muss, soll die Erderwärmung tatsächlich auf 2 °C begrenzt bleiben.

„Schon eine leicht verzögerte Trendwende im Jahr 2015 würde jährliche globale Emissionsminderungen von bis zu 5 % (bezogen auf 2008) erfordern [...]. Die Welt müsste dann pro Jahr Reduktionsleistungen in einer Größenordnung erbringen, für die im Kyoto-Protokoll für die Industriestaaten über zwei Jahrzehnte vorgesehen sind. Eine Verzögerung der Trendumkehr bis 2020 könnte kaum mehr realisierbare globale Minderungsraten von bis zu 9 % pro Jahr erfordern. Es ist daher notwendig, die beobachtete weltweite

Steigerung der CO₂-Emissionen möglichst umgehend zu stoppen und zu global sinkenden Emissionen überzugehen.“

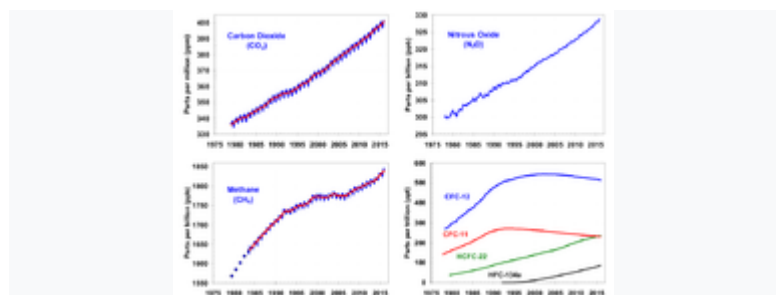
In einer Modellrechnung erläutert IPCC-Autor [Thomas Stocker](#) von der [Universität Bern](#) die Situation. Hierbei nimmt er an, dass die globalen Treibhausgasemissionen bis zu einem bestimmten Datum weiter ansteigen, um dann um einen konstanten Prozentsatz von etwa 3 % pro Jahr zu sinken. Es zeigt sich Folgendes: Wird der Zeitpunkt, an dem die Emissionen zu sinken beginnen, um ein Jahrzehnt verzögert, so führt diese Verzögerung schlussendlich zu einer Erwärmung, die beim Drei- bis Achtfachen der in diesem Zeitraum beobachteten globalen Erwärmung liegt. Während sich die Erde gegenwärtig also um ca. 0,1 °C pro Jahrzehnt erwärmt, führt eine Verzögerung des Beginns tiefgreifender Klimaschutzmaßnahmen im selben Zeitraum aber zu einer Erhöhung der letztendlich erreichten Erwärmung um etwa 0,5 °C. ^[29]

In einer weiteren Studie von [Valentin Crastan](#) wird zur Einhaltung der Zwei-Grad-Grenze eine Stabilisierung und leichte Verminderung der CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen bis 2030 auf 28 bis 32 Gt/a gefordert und deren Reduktion bis 2050 auf 16 Gt. Die dazu notwendige und angemessene Verteilung auf die Weltregionen und alle G-20-Länder wird aufgrund ihrer wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit versuchsweise festgelegt, bei Berücksichtigung der BIP-Voraussagen von Weltbank und IMF. ^[30] Die Studie wurde 2016 aktualisiert. ^[31]

Das Erreichen des Zwei-Grad-Ziels gilt zunehmend als schwierig oder nur mit sehr großen Kraftanstrengungen zu erreichen. Die meisten Modelle gehen heute davon aus, dass nach 2050 [Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung](#) (BECCS) zum Einsatz kommen muss, mit der durch die Verbrennung von [Biomasse](#) aktiv Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre gefiltert, mit [CCS-Technik](#) abgeschieden und anschließend im Boden verpresst wird. Ob solche Maßnahmen politisch wie technisch umsetzbar sind, ist umstritten. ^[32]

Situation 2011 [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Staats- und Regierungschefs der Europäischen Union haben sich 2007 auf das Ziel verständigt, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2020 um mindestens 20 % im Vergleich zu 1990 zu verringern. ^[33] Das Ziel ist in Anbetracht der bereits erreichten Treibhausgaseinsparungen um 17 % von 1990 bis 2009 wenig ambitioniert, so dass die EU-Mitglieder bereits länger darüber diskutieren, ob die Zielmarke nicht auf 30 % angehoben werden sollte. ^[34]



Die atmosphärische Konzentration mehrerer Treibhausgase steigt weiterhin deutlich an. Die damit offensichtlich werdenden unzureichenden Klimaschutzbemühungen machen es schwer bis unmöglich, das Zwei-Grad-Ziel noch einzuhalten

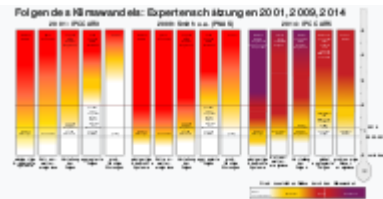
Auch die im Rahmen des [Copenhagen Accord](#) von 2009 eingereichten freiwilligen Reduktionsverpflichtungen der Staaten genügen bei weitem nicht. Die bis Anfang 2011 eingegangenen nationalen Klimaschutzziele würden selbst bei einer vollständigen Umsetzung zu einer Erwärmung um 3,2 °C führen (Bandbreite der Schätzungen 2,6 °C bis 4,0 °C).^[35] Daran änderte auch die [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 wenig. Die weltweiten CO₂-Emissionen im Jahr 2020 werden auf über 56 Mrd. Tonnen geschätzt. Um das Zwei-Grad-Ziel einhalten zu können, dürften stattdessen aber höchstens 40–44 Mrd. Tonnen ausgestoßen werden. Die Einsparungen bis 2020 müssten demnach bei 12–16 Mrd. Tonnen liegen. Selbst die ambitionierteren Einsparziele unter dem Copenhagen Accord kommen zusammen nur auf 8 bis 12 Mrd. Tonnen weniger CO₂.^[35] Anderen Quellen zufolge wird der bereits emittierte Kohlenstoff zu einer Erwärmung von 2,4 Grad führen.^[36]

Anstatt zu sinken, zeigt die Entwicklung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen nach wie vor einen deutlichen Anstieg.^[37] 2011 war sogar das Jahr mit den weltweit größten je gemessenen Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Aufgrund der aktuell stattfindenden Investitionen in Kohlenstoffdioxid emittierende Energieträger seien 80 % der Emissionsrate von 2010 bis zum Jahr 2020 nahezu sicher.^[38] Entsprechend pessimistisch äußerte sich im Januar 2011 [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA). Ihm zufolge sei es inzwischen „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu erreichen. Um die Treibhausgas-Konzentration auf 450 ppm zu begrenzen, sei eine Vervierfachung der gegenwärtigen Anstrengungen nötig. In Anbetracht der bisherigen unzureichenden Klimaschutzbemühungen sowie dem gerade angelaufenen Boom bei [unkonventionellem Erdgas](#) sei es an der Zeit, der Vorstellung von vor 2020 sinkenden globalen Treibhausgas-Emissionen – und damit dem Zwei-Grad-Ziel – den „Abschiedskuss“ zu geben.^[13]

Einen entgegengerichteten Trend zeigen allein die [Halogenkohlenwasserstoffe](#). Das [Montreal-Protokoll](#) von 1987 ist mit seinen Änderungsabkommen das „bis heute vielleicht erfolgreichste internationale Abkommen“, wie [Kofi Annan](#) im Zusammenhang mit der Verleihung des [Friedensnobelpreises](#) 2001 sagte.^[39] Dieses gegen das [Ozonloch](#) gerichtete Abkommen gilt im Zusammenhang mit globalen [Wachstumsgrenzen](#) als allgemeines Vorbild.^[40] Die Bekämpfung des Klimawandels ist hingegen weitaus schwieriger.^[41] Das Montreal-Protokoll hat, weil FCKW auch sehr mächtige Treibhausgase sind, gewissermaßen nebenbei die globale Erwärmung bis heute wesentlich stärker gemildert als die Maßnahmen im Rahmen des Kyoto-Protokolls.^[42]

Eine Gruppe von Wissenschaftlern um den schwedischen Resilienzforscher [Johan Rockström](#) hat eine einfache Faustformel entwickelt, wie das 2-Grad-Ziel erreicht werden kann. Demnach muss der weltweite CO₂-Ausstoß alle 10 Jahre halbiert werden. Die jährliche Reduktion würde dadurch bei ca. 7 % liegen. Gleichzeitig sollte der Anteil der Erneuerbaren Energien am Gesamtenergie-Bedarf alle 5 bis 7 Jahre gesteigert werden. Zusätzlich müsse der Atmosphäre CO₂ entzogen werden.^[43]

Rezeption [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Unsicherheit über die Folgen: Experten haben die im IPCC-Bericht 2001 geschätzten Risiken revidiert – bei gleichem Temperaturanstieg sahen sie 2009 und 2014 jeweils zumeist größere Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wird von vielen Forschern sowie u. a. dem IPCC^[44] für nicht ausreichend angesehen, um schwerwiegende [Folgen der globalen Erwärmung](#) auf Mensch und Umwelt zu verhindern. So bedeutet eine Erwärmung um zwei Grad für [indigene Völker](#) eine Zerstörung ihrer Kultur und Lebensweise, sei es in arktischen Regionen, in kleinen Inselstaaten oder in Wald- oder Trockengebieten,^[45] sowie den fast vollständigen Verlust aller [Korallenriffe](#) weltweit.^[46] Die Grenze für ein Abschmelzen der grönländischen Eismassen liegt nach einer im Jahr 2012 erschienenen Studie zwischen 0,8 und 3,2 Grad. Einige Klimaforscher halten das Zwei-Grad-Ziel daher für zu hoch angesetzt und plädieren für ein [1,5-Grad-Ziel](#).^[47] [Stefan Rahmstorf](#) bezeichnet den Begriff des Zwei-Grad-„Zieles“ als irreführend, da wohl niemand, der „bei Sinnen“ sei, eine Erwärmung um zwei Grad herbeiführen wolle. Es gehe vielmehr darum, diese unter allen Umständen zu verhindern.^[48]

So plädierte die [Deutsche Physikalische Gesellschaft](#) schon im Dezember 1985^[49] und erneut im Jahr 1987, gemeinsam mit der [Deutschen Meteorologischen Gesellschaft](#), für die Einhaltung eines Ein-Grad-Ziels.^[50]

In einer im Jahr 2013 erschienenen Studie wurde das [Speläothem](#)-Wachstum in [sibirischen](#) Höhlen während der letzten 500.000 Jahre untersucht. Demnach reicht eine globale Erwärmung von 1,5 Grad im Vergleich zu den vorindustriellen globalen Durchschnittstemperaturen aus, um ein starkes Auftauen sibirischen [Permafrostbodens](#) bis hin zum 60. Breitengrad auszulösen. Da im Permafrost der Nordhemisphäre eine Kohlenstoffmenge gespeichert ist, die zweimal dem vorindustriellen Gehalt der Atmosphäre entspricht, bedeutet dies, dass bereits bei einer Erwärmung um 1,5 Grad ein großes Risiko für eine starke Freisetzung von Methan und Kohlenstoffdioxid aus dieser Quelle besteht, was zu einer weiteren Erwärmung führen würde.^[51]

Der Klimatologe [James E. Hansen](#) nannte im Dezember 2011 das Zwei-Grad-Ziel ein „Rezept für eine Katastrophe“ (original englisch: „a prescription for disaster“).^[52] Zusammen mit 15 anderen Autoren veröffentlichte er im Jahr 2015 eine wissenschaftliche Arbeit, in der er unter anderem auf die Gefahren eines sich exponentiell beschleunigenden Meeresspiegelanstieges und extremer Stürme hinweist, die sich bei einer Erwärmung um zwei Grad ergäben.^[53] [Hans-Joachim Schellnhuber](#) nannte das Zwei-Grad-Grenze einen "Kompromiss zwischen dem wissenschaftlich Gebotenen und dem ökonomisch Günstigen". Allerdings müsse auch schon in Hinblick auf zwei Grad klar sein, dass generell jedes Zehntel Grad mehr Erderwärmung das Risiko erhöht, [Kippelemente im Erdsystem](#) auszulösen, die zu einer "Heißzeit" führen könnten.^[54]

Siehe auch [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

- [Anthropozän](#)
- [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#); speziell [Keeling-Kurve](#)
- [Peak-Oil](#)
- [Suffizienz \(Ökologie\)](#)

Literatur [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

- [Ottmar Edenhofer](#) u. a.: *The Economics of Low Stabilization: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs*. In: *Energy Journal*. 31, 2010, S. 11–48.
- Michel den Elzen, Niklas Höhne: *Sharing the reduction effort to limit global warming to 2°C*. In: [Climate Policy](#). 10, 2010, S. 247–260.
- [Oliver Geden](#), Silke Beck: *Renegotiating the global climate stabilization target*. In: [Nature Climate Change](#). 4, 2014, S. 747–748.
- [Oliver Geden](#): *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin ([PDF](#); 454 kB)
- Bill Hare, Malte Meinshausen: *How much warming are we committed to and how much can be avoided?* In: [Climatic Change](#). 75 (1), 2006, S. 111–149.
- Carlo C. Jaeger, Julia Jaeger: *Warum zwei Grad?* In: [Aus Politik und Zeitgeschichte](#). 32–33, 2010, S. 7–15 ([PDF](#); 792 kB)
- Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: WIREs Climate Change, Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
- UNEP: *The Emissions Gap Report 2014*. ([PDF](#))
- WBGU: *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 ([PDF](#))
- WBGU: *Klimawandel: Warum 2°C?* Factsheet Nr. 2/2009 ([PDF](#))

Einzelnachweise [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

1. ↑ Jaeger & Jaeger (2010): *Three views of two degrees* (PDF), S. 516, "A first intuition".
2. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: *WIREs Climate Change*. Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
3. ↑ F.R. Rijsberman und R.J. Swart (Hrsg.): *Targets and Indicators of Climatic Change*. ISBN 91-88116-21-2, S. viii–ix ([sei-international.org](#) [PDF; 10,7 MB]).
4. ↑ Smith u. a.: *Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern"*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(11), (2009), S. 4133–4137, [doi:10.1073/pnas.0812355106](#)
5. ↑ Jaeger & Jaeger: *Three views of two degrees* (PDF) 2010.
6. ↑ IPCC (2018) *Global Warming of 1.5 °C*, [Summary for Policymakers](#), Seite 25
7. ↑ [Provisional WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016](#). In: *Weltorganisation für Meteorologie*, 14. November 2016. Abgerufen am 14. November 2016.
8. ↑ [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#): *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 (PDF, 2 MB)
9. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C*. In: *Nature*. Band 534, 2016, S. 631–639, [doi:10.1038/nature18307](#).
10. ↑ [Ottmar Edenhofer](#), Susanne Kadner, Jan Minx: *Ist das Zwei-Grad-Ziel wünschenswert und ist es noch erreichbar? Der Beitrag der Wissenschaft zu einer politischen Debatte*. In: [Jochem Marotzke](#), [Martin Stratmann](#) (Hrsg.): *Die Zukunft des Klimas. Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft*. Beck, München 2015, ISBN 978-3-406-66968-2, S. 69–92, hier S. 91.
11. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Oliver Geden: *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, [Stiftung Wissenschaft und Politik](#), Berlin (PDF)
12. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) [Kevin Anderson](#), Alice Bows: *Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 2011, S. 20–44, [doi:10.1098/rsta.2010.0290](#) (PDF)
13. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Peter C. Glover: *"Kiss goodbye" to Cancun CO2 goals, says IEA chief economist*. In: *Energy Tribune*. 24. Januar 2011.
14. ↑ Etwas weniger drastisch als Glover formulierte Birol es kurz darauf in anderen Zusammenhängen, siehe Joel Kirkland: *Scenario to Cap World Emissions by 2020 Is Fading Fast, Warns IEA Economist*, in: *New York Times*, 24. Januar 2011.

15. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C*. In: [Nature Climate Change](#). Band 5, 2015, S. 519–527, [doi:10.1038/NCLIMATE2572](#).
16. ↑ [Kevin Anderson](#), Glen Peters: *The trouble with negative emissions*. In: [Science](#). Band 354, Nr. 6309, 2016, S. 182 f., [doi:10.1126/science.aah4567](#).
17. ↑ [Tritt in den Hintern](#). Interview mit Hans Joachim Schellnhuber, In: *Der Spiegel*. 16. August 2010.
18. ↑ Alexandra Jahn: *Reduced probability of ice-free summers for 1.5 C compared to 2 C warming*. In: [Nature Climate Change](#). Band 8, 2018, S. 409–413, [doi:10.1038/s41558-018-0127-8](#).
19. ↑ Marshall Burke et al.: *Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets*. In: [Nature](#). Band 557, 2018, S. 549–553, [doi:10.1038/s41586-018-0071-9](#).
20. ↑ Bernhard Pötter: [Studie zu EU-Klimazielen: „Ehrgeizig ist nicht genug“](#). „Die EU-Energieminister entscheiden am Montag über Ziele für den CO₂-Ausstoß. Eine Studie zeigt: Selbst der radikalste Vorschlag reicht nicht aus.“ [www.taz.de](#), 17. Dezember 2017, abgerufen am 18. Dezember 2017.
21. ↑ [Website der Alliance of Small Island States](#)
22. ↑ James Hansen u. a.: *Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?* 2008 ([PDF; 563 kB](#))
23. ↑ Justin Gillis: [Heat-Trapping Gas Passes Milestone, Raising Fears](#). In: *The New York Times*. 10. Mai 2013, abgerufen am 12. Mai 2013 (englisch).
24. ↑ Maxwell T. Boykoff, David Frame, Samuel Randalls: *Discursive stability meets climate instability: A critical exploration of the concept of ‘climate stabilization’ in contemporary climate policy*. In: *Global Environmental Change*. 20, 2010, S. 53–64 ([PDF; 717 kB](#))
25. ↑ [NOAA's Annual Greenhouse Gas Index des Jahres 2015](#)
26. ↑ UNEP: *How Close Are We to the Two Degree Limit?* Information Note, 2010 ([PDF; 184 kB](#))
27. ↑ A. J. Weaver, [Kerstin Zickfeld](#), A. Montenegro, M. Eby: *Long term climate implications of 2050 emission reduction targets*. In: *Geophysical Research Letters*. 2007. ([online](#))
28. ↑ Meinshausen u. a.: *Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C*. In: *Nature*. Vol. 458 (2009), S. 1158–1163 [online \(PDF; 2,9 MB\)](#)
29. ↑ Antropocene: The closing doors of climate targets [Ausschnitt aus einem Vortrag von Thomas Stocker am Imperial College London](#)
30. ↑ Valentin Crastan: *Global Energy Demand and 2-degree Target*, Springer (2014) Heidelberg, London, New York, [ISBN 978-3-319-12309-7](#).
31. ↑ Valentin Crastan: *Weltweiter Energiebedarf und 2-Grad-Ziel*, Springer (2016) Berlin, Heidelberg, [ISBN 978-3-662-53420-5](#).
32. ↑ Oliver Geden, *Climate advisers must maintain integrity*. In: [Nature](#) 521, (2015), S. 27f, [doi:10.1038/521027a](#).

33. ↑ [Schlussfolgerungen des Europäischen Rates 8./9. März](#) (PDF; 226 kB), S. 13, Abs. 32
34. ↑ Siehe z. B. Euractiv: [Brüssel will 30 % CO₂ Reduzierung befürworten](#) vom 12. Mai 2010.
35. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Claudine Chen u. a.: *Cancun Climate Talks - Keeping options open to close the gap*. Climate Action Tracker briefing paper, 11. Januar 2011 (PDF; 388 kB)([Memento](#) des [Originals](#) vom 21. Januar 2017 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis. Abgerufen am 21. Januar 2017.
36. ↑ [Veerabhadran Ramanathan](#), Y. Feng: *On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Band 105, Nr. 38, 23. September 2008, [ISSN 0027-8424](#), S. 14245–14250, [doi:10.1073/pnas.0803838105](#).
37. ↑ [Der große Selbstbetrug](#). In: *Die Zeit*. 4. Oktober 2012.
38. ↑ IEA Press Release [Prospect of limiting the global increase in temperature to 2°C is getting bleaker](#) ([Memento](#) des [Originals](#) vom 3. Februar 2012 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis.
39. ↑ Al Gore: *Eine unbequeme Wahrheit*. Riemann München 2006, [ISBN 3-570-50078-0](#).
40. ↑ Donella Meadows u. a.: *Grenzen des Wachstums - Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel*. Hirzel Verlag, Stuttgart 2006, [ISBN 3-7776-1384-3](#), S. 187–209: Kap. 5 Zurück hinter die Grenze: Die Geschichte des Ozonlochs
41. ↑ [taz v. 13. September 2007](#) Nobelpreisträger Crutzen über das Ozonloch in Gegenüberstellung mit dem Klimawandel.
42. ↑ G. J. M. Velders u. a.: *The importance of the Montreal Protocol in Protecting climate*. In: *Proceedings Natl. Acad. Sci.* 2007, 104 (H. 12), S. 4814–4819 (PDF; 600 kB)
43. ↑ [Johan Rockström](#) u. a.: *A roadmap for rapid decarbonization*. In: *Science*. Band 355, Nr. 6331, 2017, S. 1269–1271, [doi:10.1126/science.aah3443](#).
44. ↑ Myles Allen et al.: *Summary for Policymakers*, in: [Global Warming of 1.5 °C](#). Sonderbericht des IPCC. 2018.
45. ↑ UNFCCC COP13 Statement by Indigenous Peoples: *Two degrees is too high. Our many strong voices must be heard* (PDF; 114 kB)
46. ↑ K. Frieler, M. Meinshausen, A. Golly, M. Mengel, K. Lebek, S. D. Donner, O. Hoegh-Guldberg: *Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs*. In: *Nature Climate Change*. 3, Nr. 2, 16. September 2012, S. 165. [doi:10.1038/nclimate1674](#).
47. ↑ Deutschlandfunk: Zwei Grad mehr haben massive Folgen [Stefan Rahmstorf im Gespräch mit Georg Ehring](#)
48. ↑ [Limiting global warming to 2 °C – why Victor and Kennel are wrong](#) Blogbeitrag von Prof. Stefan Rahmstorf auf [RealClimate.org](#)

49. ↑ [Pressemeldung der DPG aus Dezember 1985](#). (Nicht mehr online verfügbar.) Archiviert vom [Original](#) am 1. Februar 2015; abgerufen am 19. Februar 2015.
50. ↑ [Gemeinsamer Aufruf der DPG und der DMG Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen](#). In: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Arbeitskreis Energie (Hrsg.): *Physikalische Blätter*. Band 43, Nr. 8, August 1987, [doi:10.1002/phbl.19870430811](#) (PDF [abgerufen am 19. Februar 2015]).
51. ↑ O. S. Gutareva, S. F. M. Breitenbach, E. Avirmed, A. J. Mason, A. L. Thomas, A. V. Osinzev, A. M. Kononov, G. M. Henderson, Anton Vaks: *Speleotherms Reveal 500,000-Year History of Siberian Permafrost*. In: *Science*. Band 340, Nr. 6129, April 2013, S. 183–186, [doi:10.1126/science.1228729](#) (online [PDF; abgerufen am 1. Juli 2013] en).
52. ↑ Nature News BLOG: [2-degree global warming limit is a 'prescription for disaster', says Hansen](#)
53. ↑ J. Hansen, M. Sato, P. Hearty, R. Ruedy, M. Kelley, V. Masson-Delmotte, G. Russell, G. Tselioudis, J. Cao, E. Rignot, I. Velicogna, E. Kandiano, K. von Schuckmann, P. Kharecha, A. N. Legrande, M. Bauer, K.-W. Lo: *Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming is highly dangerous*. (PDF) In: *Atmospheric Chemistry and Physics (Discussions)*. 15, Nr. 14, 2015, S. 20059–20179. [doi:10.5194/acpd-15-20059-2015](#).
54. ↑ ["Die Haut und die Freiheit retten"](#). In: *Klimareporter*, 3. September 2018. Abgerufen am 3. September 2018.

Kategorien:

- [Klimapolitik](#)
- [Klimawandel \(globale Erwärmung\)](#)

Navigationsmenü

- Nicht angemeldet
- [Diskussionsseite](#)
- [Beiträge](#)
- [Benutzerkonto erstellen](#)
- [Anmelden](#)
- [Lesen](#)
- [Bearbeiten](#)
- [Quelltext bearbeiten](#)
- [Versionsgeschichte](#)

Suche

- [Hauptseite](#)
- [Themenportale](#)

- [Artikel](#)
- [Diskussion](#)

- [Zufälliger Artikel](#)
Mitmachen
- [Artikel verbessern](#)
- [Neuen Artikel anlegen](#)
- [Autorenportal](#)
- [Hilfe](#)
- [Letzte Änderungen](#)
- [Kontakt](#)
- [Spenden](#)
Werkzeuge
- [Links auf diese Seite](#)
- [Änderungen an verlinkten Seiten](#)
- [Spezialseiten](#)
- [Permanenter Link](#)
- [Seiteninformationen](#)
- [Wikidata-Datenobjekt](#)
- [Artikel zitieren](#)
Drucken/exportieren
- [Buch erstellen](#)
- [Als PDF herunterladen](#)
- [Druckversion](#)
Sprachen
[Links hinzufügen](#)

- Diese Seite wurde zuletzt am 28. Januar 2019 um 10:14 Uhr bearbeitet.
- [Abrufstatistik](#) · [Autoren](#)

Der Text ist unter der Lizenz [„Creative Commons Attribution/Share Alike“](#) verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den [Nutzungsbedingungen](#) und der [Datenschutzrichtlinie](#) einverstanden.

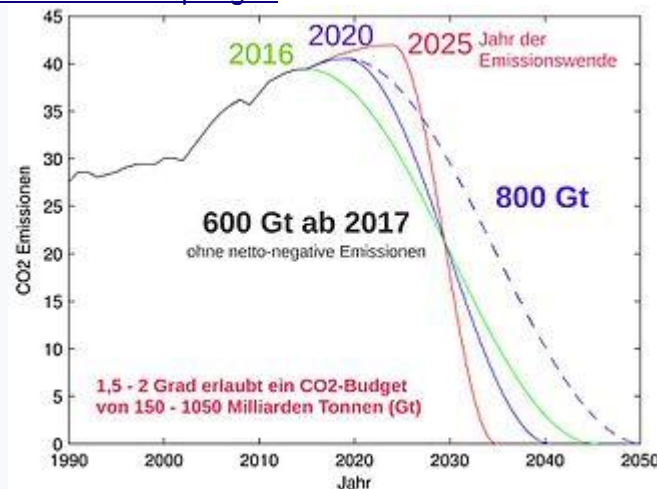
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.

- [Datenschutz](#)
- [Über Wikipedia](#)
- [Impressum](#)
- [Entwickler](#)
- [Stellungnahme zu Cookies](#)
- [Mobile Ansicht](#)

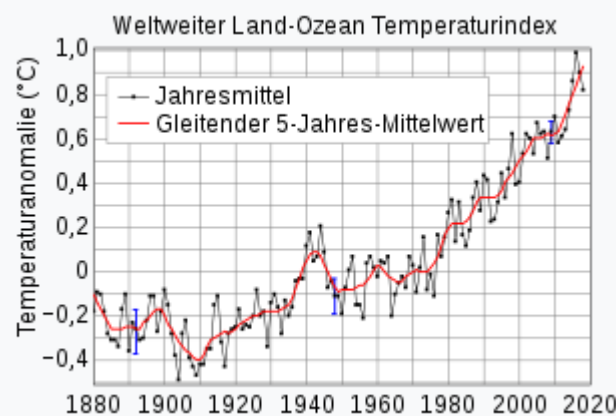


Zwei-Grad-Ziel

[Zur Navigation springen](#)[Zur Suche springen](#)



Nötige Emissionspfade um das im [Übereinkommen von Paris](#) vereinbarte Zwei-Grad-Ziel ohne [negative Emissionen](#) einzuhalten, abhängig vom Emissionspeak



Entwicklung der Temperaturen an Land und der See 1880–2017 relativ zum Mittelwert von 1951–1980

Das **Zwei-Grad-Ziel** beschreibt das Ziel der internationalen [Klimapolitik](#), die [globale Erwärmung](#) auf weniger als zwei [Grad Celsius](#) bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Niveau vor Beginn der [Industrialisierung](#) zu begrenzen. Das Ziel ist eine politische Festsetzung, die auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse über die wahrscheinlichen [Folgen der globalen Erwärmung](#) erfolgte. Vielfach wird vorgeschlagen, eher von einer „Zwei-Grad-Grenze“ zu sprechen, die nicht überschritten werden dürfe. Zugleich steht das Zwei-Grad-Ziel in der Kritik, nicht ausreichend zu sein, da auch bereits bei zwei Grad Erderwärmung schwere Folgen für Mensch und Umwelt auftreten werden, wie u. a. vom [IPCC-Sonderbericht zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 Grad](#) dokumentiert wurde.



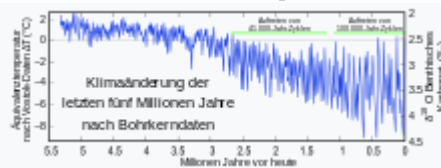
Inhaltsverzeichnis

- 1Hintergrund
 - 1.1Geschichte
 - 1.2Zeitfenster
 - 1.3Realistische Erreichbarkeit
 - 1.4Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr
- 2Politische Festsetzung
- 3Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels

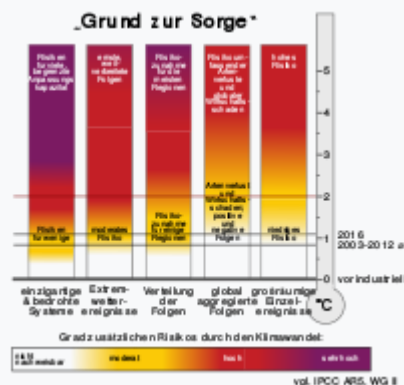
- 3.1 Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten
- 3.2 Höhe der notwendigen Reduktionen
- 3.3 Situation 2011
- 4 CO₂-Gesetz
- 5 Rezeption
- 6 Siehe auch
- 7 Literatur
- 8 Einzelnachweise

Hintergrund [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Geschichte [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Bohrkerndaten der letzten 5 Millionen Jahre zeigen, dass die globalen Durchschnittstemperaturen während dieser Zeit teils heftig schwankten; sie lagen während dieser Zeit aber nie um mehr als zwei Grad höher als zum Referenzzeitpunkt im Jahr 1950



Die *burning embers*-Grafik, hier in Anlehnung an den Bericht des IPCC von 2014, ist eine häufig im Zusammenhang mit dem Zwei-Grad-Ziel gezeigte Veranschaulichung der mit steigender Temperatur zunehmenden Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wurde erstmals von dem Ökonomen [William D. Nordhaus](#) in den Jahren 1975 und 1977 formuliert. Dieser argumentierte, dass bei der Begrenzung der globalen Erwärmung die Amplitude natürlicher Klima-Fluktuationen zugrundegelegt werden sollte. Eine Temperaturerhöhung um 2 oder 3 °C gegenüber dem aktuellen, schon vergleichsweise hohen Stand, würde das Klima in einen Bereich bringen, wie es seit mehreren hunderttausend Jahren nicht existiert hätte.^[1] Nordhaus führte die Zwei-Grad-Grenze allerdings nicht als wertebasiertes Ziel einer künftigen Klimapolitik ein, sondern er benutzte sie als gedankliche Grundlage für davon ausgehende Kosten-Nutzen-Analysen.^[2]

Eine im Juli 1988 von der [Weltorganisation für Meteorologie](#), vom [Internationalen Wissenschaftsrat](#) und vom [Umweltprogramm der Vereinten Nationen](#) einberufene Beratergruppe *Advisory Group on Greenhouse Gases* (AGGG) empfahl in ihrem 1990 veröffentlichten Bericht die globale Oberflächentemperatur als einen Indikator für Klimapolitik zu verwenden. Einen Temperaturanstieg von 1 °C sah sie als kaum noch vermeidbar an, jenseits der 2 °C (bei 400 – 560 ppm CO₂) befürchtete sie einen schnellen Anstieg schwerwiegender Risiken für Ökosysteme und nicht-linearer Reaktionen.^[3]

Die 1992 verabschiedete [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) enthielt das Ziel, einen „gefährlichen“ Klimawandel zu vermeiden, ohne jedoch hierfür eine konkrete Grenze zu

definieren. Die seit 1990 vorgelegten wissenschaftlichen Berichte des [Weltklimarates](#) (IPCC) gingen ab 2001 auf fünf „Gründe zur Sorge“ (*Reasons for concern*) ein, anhand derer sich Leser selbst ein Urteil bilden sollten, welche Änderungen als gefährlich einzuschätzen waren. Sie illustrierten diese Gründe zur Sorge mit einer Grafik *burning embers* (Deutsch etwa: *Brennende Glut*) im [Dritten Sachstandsbericht](#), die 2009 und 2014 in überarbeiteter Form erneut veröffentlicht wurde. Sie vermieden es jedoch eine Grenze des „Gefährlichen“ ausdrücklich zu definieren.^[4]

Der [Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) trug wesentlich dazu bei, dass die Zwei-Grad-Grenze in den politischen Prozess gelangte. Der WBGU befürwortete die Grenze 1995 in einem Gutachten, woraufhin sie dann von der Politik übernommen und zum Ziel der europäischen Klimaschutzpolitik gemacht wurde. Grundlage des WBGU war auch hier die Annahme, dass bei Überschreiten der Zwei-Grad-Grenze [Kipppunkte](#) (*tipping points*) erreicht würden, die weitere, nicht lineare, unumkehrbare und in ihren Konsequenzen kaum einschätzbare Folgen nach sich zögen.^[5]

Zunächst verschrieben sich die deutsche Bundesregierung und später die [Europäische Union](#), im Dezember 2010 erstmals auch die 194 Mitgliedstaaten der [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) (UNFCCC) diesem Ziel. [Indigene Völker](#) und besonders [Inselstaaten](#) halten das Zwei-Grad-Ziel für zu wenig ambitioniert und plädierten in internationalen Verhandlungen für eine Senkung der Grenze auf höchstens 1,5 Grad; im Jahr 2015 vereinbarten die Staaten der UNFCCC im [Übereinkommen von Paris](#) zur Einhaltung dieser Grenze „Anstrengungen“ zu unternehmen.

Im Oktober 2018 veröffentlichte das [Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (IPCC) der Vereinten Nationen anlässlich seiner 48. Sitzung, die in [Incheon](#) (Südkorea) stattfand, einen [Sonderbericht zur Umsetzung des 1,5-Grad-Zieles](#). Die Wissenschaftler drängen darin auf schnelle Veränderungen, um die Erwärmung zu begrenzen. Zur Erreichung des 1,5-Grad-Zieles seien "schnelle, weitreichende und beispiellose Veränderungen in allen Bereichen der Gesellschaft" vonnöten. Hierzu zählen laut dem Bericht Veränderungen der Energiesysteme, im Bereich der Landwirtschaft und der Transportwege. Die derzeit von den einzelnen Staaten bis 2030 verfolgten Klimaschutzziele würden bis 2100 zu einer Erwärmung von 3 Grad führen, die danach weiter steigen würde.^[6]

Zeitfenster[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)]

Da die [globale Erwärmung](#) seit Beginn der [Industrialisierung](#) (ca. 1850) etwa 1,2 Grad Celsius beträgt (Stand: 2016)^[7] verbleiben rechnerisch noch 0,8 Grad, um das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten. Um dies zu erreichen, müssten die weltweiten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 50 % sinken, in den Industrieländern um 80–95 % (jeweils gegenüber 1990). Die Emissionsreduktion muss im Laufe der 2010er Jahre einsetzen, ansonsten besteht keine realistische Aussicht mehr, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten.^[8] In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts müssen die weltweiten Treibhausgasemissionen dann zwingend auf Null reduziert werden, da nur so die Gesamtmenge an Treibhausgasen in der Atmosphäre nicht weiter ansteigt und somit eine immer weiter steigende Temperatur vermieden werden kann.^[9]

Realistische Erreichbarkeit[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)]

Technisch ist das 2-Grad-Ziel mit derzeit bekannten Technologien erreichbar. Je länger der Klimaschutz hinausgezögert wird, desto größer werden die Kosten des Klimaschutzes; zudem müssen auch mehr risikobehaftete Technologien eingesetzt werden als bei schnellen Klimaschutzmaßnahmen.^[10] In Anbetracht der unsicheren weiteren Entwicklung des weltweiten [Klimaschutzes](#), des steigenden Energiebedarfs und der nur schleppenden Umsetzung bisher eingegangener Reduktionsverpflichtungen äußern manche Beobachter ernsthafte Zweifel, ob das Ziel auch politisch erreichbar ist.^{[11][12]} So bezeichnete [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA), es als „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu bewältigen.^{[13][14]} Bei einer konsequenten Klimaschutzpolitik ist hingegen auch die Begrenzung auf 1,5 °C Erwärmung noch möglich, so wie 2015 im [Übereinkommen von Paris](#) durch die internationale Gemeinschaft vereinbart. Dafür muss die Welt jedoch zwischen 2045 und 2060 die Nettotreibhausgasemissionen auf Null zurückfahren, weshalb sich das Fenster zum Erreichen dieses Zieles schnell schließt. Zudem muss in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Teil des vorher zu viel ausgestoßenen

Kohlenstoffdioxids wieder künstlich aus der Erdatmosphäre entfernt werden.^[15] Wissenschaftlich ist umstritten, ob diese Menge an negativen Emissionen erreicht werden kann, daher sollte eine Klimapolitik nicht auf der Annahme basieren, dass diese Technik langfristig in Großmaßstab zur Verfügung steht.^[16]

Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Grafik zeigt, dass es keine scharfe Grenze zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“ [Klimawandel](#) gibt. [Hans Joachim Schellnhuber](#), Direktor des [Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung](#), sagte in einem Interview im August 2010: „Und natürlich kommt es nicht bei 2,01 Grad zum Weltuntergang, schon gar nicht schlagartig.“^[17] Stattdessen ist es eher als Wegmarke zu sehen, jenseits derer die Ungewissheiten und damit auch die mit dem Klimawandel einhergehenden Risiken deutlich zunehmen und die vom Klimawandel ausgehenden Folgen für einige oder sogar viele Gesellschaften unkontrollierbar zu werden drohen. Wenn es gelänge, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wären zahlreiche [Folgen der globalen Erwärmung](#) bestenfalls gemildert, nicht aber abgewendet. Die [Gletscherschmelze](#) wäre ebenso wenig gestoppt wie der Anstieg des [Meeresspiegels](#). Dieser würde selbst nach einem vollkommenen [Emissionsstopp](#) noch für Hunderte von Jahren weiterlaufen.

Bei einer globalen Erwärmung um 2 °C werden über der [Arktis](#) erheblich höhere Durchschnittstemperaturen erwartet, mit entsprechenden [Folgen für die Region](#). Einige Klimaforscher weisen vor diesem Hintergrund darauf hin, dass 2 °C eher die Grenze zwischen „gefährlichem“ und „sehr gefährlichem“ Klimawandel darstelle als zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“.^[12] Die Einschränkung der Erwärmung auf 1,5 °C statt auf 2 °C würde die Wahrscheinlichkeit einer sommerlichen Eisfreiheit um 2100 von 100 % auf 30 % reduzieren.^[18]

Eine 2018 in [Nature](#) erschienene Studie kam zu dem Ergebnis, dass bei einer Erderwärmung um 2 Grad die ökonomischen Schäden um wahrscheinlich mehr als 20 Billionen US-Dollar höher ausfallen würden als bei einer Erderwärmung um 1,5 Grad. Demnach werden die Mehrkosten zum Erreichen des 1,5-Grad-Ziels auf ca. 300 Mrd. Dollar beziffert, sodass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei der Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 statt 2 Grad etwa 70 beträgt. Deutlich größere ökonomische Schäden ergeben sich demnach ohne stringente Klimaschutzmaßnahmen. So könnte eine Erderwärmung bis 2100 um 2,5–3 Grad zu zusätzlichen wirtschaftlichen Schäden führen, die 15 %–25 % des Pro-Kopf-[Bruttoweltproduktes](#) betragen, bei 4 Grad mehr als 30 %.^[19]

Politische Festsetzung [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Das Zwei-Grad-Ziel ist die politische Definition des in Artikel 2 der [UN-Klimarahmenkonvention](#) (UNFCCC) festgelegten Grundsatzes, nach dem eine „gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“ verhindert werden soll. Die 1992 beschlossene Klimarahmenkonvention enthält keine genaueren Angaben darüber, ab wann der Klimawandel als „gefährlich“ einzustufen ist. Mit dem Zwei-Grad-Ziel, das auf der [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 erstmals offiziell anerkannt worden ist, hat die Staatengemeinschaft dies nachgeholt. Erwähnt wurde das Ziel zwar auch schon im [Copenhagen Accord](#), dem Abschlussdokument der [UN-Klimakonferenz in Kopenhagen](#) 2009, doch damals haben es die Diplomaten lediglich „zur Kenntnis“ genommen.

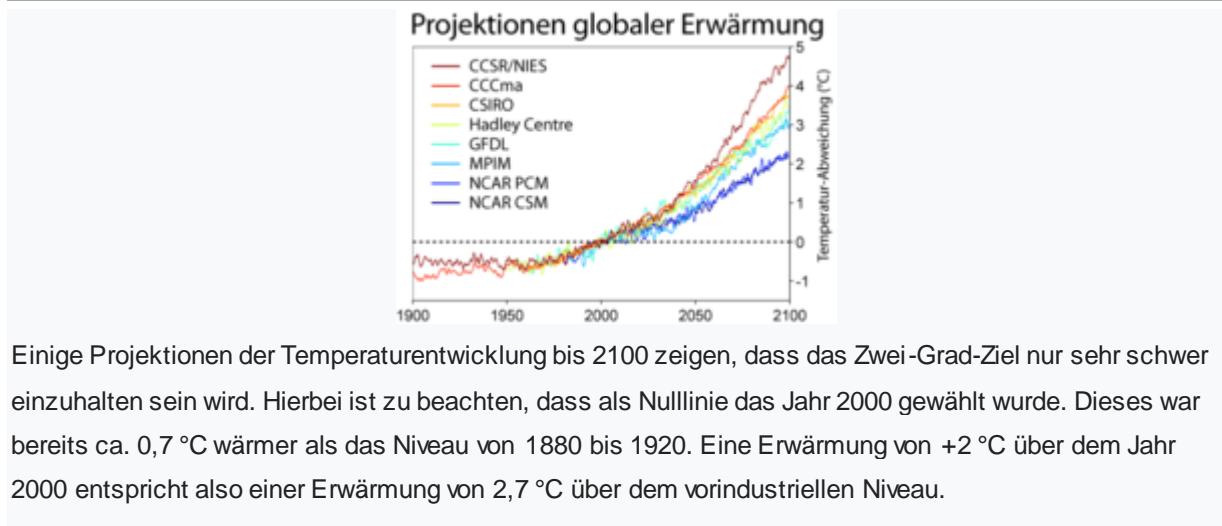
Auch außerhalb der UN-Klimadiplomatie und vor der Cancún-Konferenz wurde das Zwei-Grad-Ziel bereits erwähnt. So erkannten es die Staats- und Regierungschefs beim [G8-Gipfel](#) im Juli 2009 im italienischen L'Aquila einheitlich an.

Einzelne Staaten und Regionen hatten sich dem Zwei-Grad-Ziel bereits länger verschrieben. In Deutschland empfiehlt der [Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) schon seit 1994, die mittlere Erwärmung auf höchstens 2 °C zu begrenzen. Die Mitgliedstaaten der [Europäischen Union](#) beschlossen 1996 und abermals 2005, das Zwei-Grad-Ziel zu einer Leitlinie ihrer Klimapolitik zu machen.^[2] Allerdings ist umstritten, ob die selbstgesteckten Ziele der EU für eine Kompatibilität mit dem Pariser Abkommen ausreichend sind.^[20]

Viele Entwicklungsländer halten das Zwei-Grad-Ziel für zu schwach, weil der damit verbundene Klimawandel ihre Existenz gefährde. In internationalen Klimaverhandlungen plädieren vor allem

die 44 in der [Alliance of Small Island States](#) zusammengeschlossenen [Inselstaaten](#) für eine Verschärfung des Ziels auf mindestens 1,5 °C.^[21] Einige Klimaforscher, darunter [James E. Hansen](#) vom [Goddard Institute for Space Studies](#) der [NASA](#), plädieren ebenfalls für striktere Ziele und nennen eine Kohlendioxid-Konzentration von höchstens 350 ppm tolerabel.^[22] Aktuell beträgt der Wert bereits 400 ppm.^[23]

Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Das Zwei-Grad-Ziel kann nur eingehalten werden, wenn der Ausstoß von Treibhausgasen langfristig deutlich zurückgeht. Wie schnell und umfassend die Reduktion sein muss, ist abhängig von mehreren Variablen und kann nicht letztgültig entschieden werden.

Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Ein entscheidender Faktor bei der Frage danach, mit welchen Maßnahmen das Zwei-Grad-Ziel eingehalten werden kann, ist die gewählte Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. die Risikobereitschaft, das Ziel gegebenenfalls zu überschreiten. Abhängig davon, ob man das Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 %, 50 % oder 90 % erreichen will, ergeben sich gravierend unterschiedliche Anforderungen an den Klimaschutz.

Hinzu kommen bestehende Unsicherheiten in der [Klimaforschung](#), allen voran die Frage nach der [Klimasensitivität](#). Diese beschreibt die mit einer bestimmten Treibhausgas-Konzentration letztlich einhergehende Erwärmung. Gegenwärtig geht die Klimaforschung davon aus, dass eine Verdoppelung der Konzentration des in diesem Zusammenhang wichtigsten Treibhausgases, [Kohlenstoffdioxid](#), bezogen auf das vorindustrielle Niveau von 280 ppm, eine Erwärmung um 2 bis 4,5 °C bewirken würde.

Gemeinsam führt dies zu stark unterschiedlichen Zielwerten für die zulässige Konzentration von [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#), die von 330 ppm bis zu 700 ppm reichen.^[24] Unter anderem aufgrund dieser Bandbreite ist das Zwei-Grad-Ziel als normativ vielleicht gerechtfertigte, technisch aber wenig brauchbare Vorgabe kritisiert worden.^[11]

Höhe der notwendigen Reduktionen [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Wenn das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden soll, könnte es zum Platzen der [Kohlenstoffblase](#) an den internationalen Finanzmärkten kommen

Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % einzuhalten, hätte das [Kohlendioxidäquivalent](#) der Konzentration der wichtigsten Treibhausgase nicht über 450 ppm steigen dürfen. Um es mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 % einzuhalten, hätte diese Konzentration nicht über 400 ppm steigen dürfen. Sie lag im Jahr 2015 bei 485ppm. ^[25] Nach Angaben des [Umweltprogramms der Vereinten Nationen](#) (UNEP) würde die Wahrscheinlichkeit bei über 50 % liegen, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wenn: ^[26]

- die globalen Emissionen beginnen, zwischen 2015 und 2021 zu sinken.
- die globalen Emissionen im Jahr 2020 zwischen 40 und 48,3 Mrd. Tonnen liegen.
- bis 2050 die globalen Emissionen um 48 % bis 72 % im Vergleich zum Jahr 2000 sinken bzw. um mindestens 90 % im Vergleich zu 2005 reduziert werden. ^[27]

Da Kohlenstoff, der aus der Nutzung fossiler Brennstoffe stammt, aus den Reservoirs Luft, Wasser, Boden und Pflanzenwelt nur durch die sehr langsam wirkende Verwitterung von Gestein auf natürliche Weise wieder aus den genannten Kompartimenten verschwindet, hängt der menschengemachte Klimawandel letztlich von der Gesamtmenge an zusätzlich erzeugtem Kohlenstoffdioxid ab. Aktuell werden jährlich etwa 36 Milliarden Tonnen CO₂ emittiert. Die Verbrennung aller bekannten Reserven an fossilen Rohstoffen (heute technisch und ökonomisch förderbar) würde CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 2.800 Milliarden Tonnen verursachen. Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % einzuhalten, dürften die Emissionen im Zeitraum von 2000 bis 2050 nicht über 1.000 Mrd. Tonnen steigen. Da allein von 2000 bis 2006 bereits 234 Mrd. Tonnen emittiert wurden, liegt das verbleibende [Emissionsbudget](#) bereits unter 766 Mrd. Tonnen. Bei gleichbleibend hohen Emissionen wäre das vorhandene Budget im Jahr 2027 ausgeschöpft. Soll das Risiko einer über 2 °C hinausgehenden Erwärmung bei nur 20 % liegen, träte dieser Fall bereits drei Jahre früher ein; ist man bereit, das Risiko auf 50 % anzuheben, würde das Budget bis zum Jahr 2039 reichen. ^[28]

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen hat errechnet, dass eine unverzügliche Trendwende bei den Treibhausgas-Emissionen herbeigeführt werden muss, soll die Erderwärmung tatsächlich auf 2 °C begrenzt bleiben.

„Schon eine leicht verzögerte Trendwende im Jahr 2015 würde jährliche globale Emissionsminderungen von bis zu 5 % (bezogen auf 2008) erfordern [...]. Die Welt müsste dann pro Jahr Reduktionsleistungen in einer Größenordnung erbringen, für die im Kyoto-Protokoll für die Industriestaaten über zwei Jahrzehnte vorgesehen sind. Eine Verzögerung der Trendumkehr bis 2020 könnte kaum mehr realisierbare globale Minderungsraten von bis zu 9 % pro Jahr erfordern. Es ist daher notwendig, die beobachtete weltweite

Steigerung der CO₂-Emissionen möglichst umgehend zu stoppen und zu global sinkenden Emissionen überzugehen.“

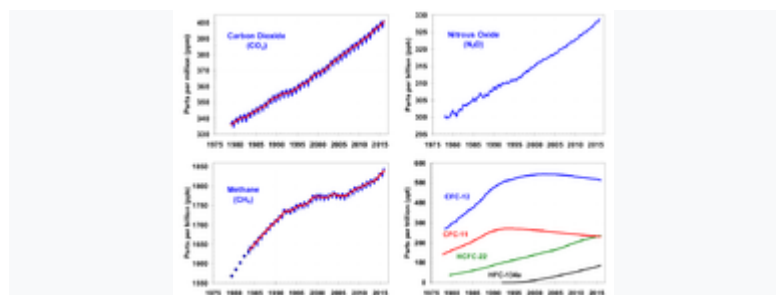
In einer Modellrechnung erläutert IPCC-Autor [Thomas Stocker](#) von der [Universität Bern](#) die Situation. Hierbei nimmt er an, dass die globalen Treibhausgasemissionen bis zu einem bestimmten Datum weiter ansteigen, um dann um einen konstanten Prozentsatz von etwa 3 % pro Jahr zu sinken. Es zeigt sich Folgendes: Wird der Zeitpunkt, an dem die Emissionen zu sinken beginnen, um ein Jahrzehnt verzögert, so führt diese Verzögerung schlussendlich zu einer Erwärmung, die beim Drei- bis Achtfachen der in diesem Zeitraum beobachteten globalen Erwärmung liegt. Während sich die Erde gegenwärtig also um ca. 0,1 °C pro Jahrzehnt erwärmt, führt eine Verzögerung des Beginns tiefgreifender Klimaschutzmaßnahmen im selben Zeitraum aber zu einer Erhöhung der letztendlich erreichten Erwärmung um etwa 0,5 °C. ^[29]

In einer weiteren Studie von [Valentin Crastan](#) wird zur Einhaltung der Zwei-Grad-Grenze eine Stabilisierung und leichte Verminderung der CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen bis 2030 auf 28 bis 32 Gt/a gefordert und deren Reduktion bis 2050 auf 16 Gt. Die dazu notwendige und angemessene Verteilung auf die Weltregionen und alle G-20-Länder wird aufgrund ihrer wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit versuchsweise festgelegt, bei Berücksichtigung der BIP-Voraussagen von Weltbank und IMF. ^[30] Die Studie wurde 2016 aktualisiert. ^[31]

Das Erreichen des Zwei-Grad-Ziels gilt zunehmend als schwierig oder nur mit sehr großen Kraftanstrengungen zu erreichen. Die meisten Modelle gehen heute davon aus, dass nach 2050 [Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung](#) (BECCS) zum Einsatz kommen muss, mit der durch die Verbrennung von [Biomasse](#) aktiv Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre gefiltert, mit [CCS-Technik](#) abgeschieden und anschließend im Boden verpresst wird. Ob solche Maßnahmen politisch wie technisch umsetzbar sind, ist umstritten. ^[32]

Situation 2011 [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Staats- und Regierungschefs der Europäischen Union haben sich 2007 auf das Ziel verständigt, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2020 um mindestens 20 % im Vergleich zu 1990 zu verringern. ^[33] Das Ziel ist in Anbetracht der bereits erreichten Treibhausgaseinsparungen um 17 % von 1990 bis 2009 wenig ambitioniert, so dass die EU-Mitglieder bereits länger darüber diskutieren, ob die Zielmarke nicht auf 30 % angehoben werden sollte. ^[34]



Die atmosphärische Konzentration mehrerer Treibhausgase steigt weiterhin deutlich an. Die damit offensichtlich werdenden unzureichenden Klimaschutzbemühungen machen es schwer bis unmöglich, das Zwei-Grad-Ziel noch einzuhalten

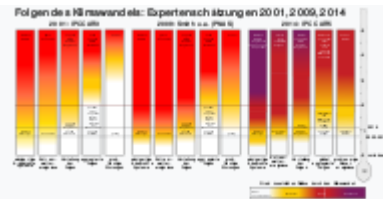
Auch die im Rahmen des [Copenhagen Accord](#) von 2009 eingereichten freiwilligen Reduktionsverpflichtungen der Staaten genügen bei weitem nicht. Die bis Anfang 2011 eingegangenen nationalen Klimaschutzziele würden selbst bei einer vollständigen Umsetzung zu einer Erwärmung um 3,2 °C führen (Bandbreite der Schätzungen 2,6 °C bis 4,0 °C).^[35] Daran änderte auch die [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 wenig. Die weltweiten CO₂-Emissionen im Jahr 2020 werden auf über 56 Mrd. Tonnen geschätzt. Um das Zwei-Grad-Ziel einhalten zu können, dürften stattdessen aber höchstens 40–44 Mrd. Tonnen ausgestoßen werden. Die Einsparungen bis 2020 müssten demnach bei 12–16 Mrd. Tonnen liegen. Selbst die ambitionierteren Einsparziele unter dem Copenhagen Accord kommen zusammen nur auf 8 bis 12 Mrd. Tonnen weniger CO₂.^[35] Anderen Quellen zufolge wird der bereits emittierte Kohlenstoff zu einer Erwärmung von 2,4 Grad führen.^[36]

Anstatt zu sinken, zeigt die Entwicklung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen nach wie vor einen deutlichen Anstieg.^[37] 2011 war sogar das Jahr mit den weltweit größten je gemessenen Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Aufgrund der aktuell stattfindenden Investitionen in Kohlenstoffdioxid emittierende Energieträger seien 80 % der Emissionsrate von 2010 bis zum Jahr 2020 nahezu sicher.^[38] Entsprechend pessimistisch äußerte sich im Januar 2011 [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA). Ihm zufolge sei es inzwischen „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu erreichen. Um die Treibhausgas-Konzentration auf 450 ppm zu begrenzen, sei eine Vervierfachung der gegenwärtigen Anstrengungen nötig. In Anbetracht der bisherigen unzureichenden Klimaschutzbemühungen sowie dem gerade angelaufenen Boom bei [unkonventionellem Erdgas](#) sei es an der Zeit, der Vorstellung von vor 2020 sinkenden globalen Treibhausgas-Emissionen – und damit dem Zwei-Grad-Ziel – den „Abschiedskuss“ zu geben.^[13]

Einen entgegengerichteten Trend zeigen allein die [Halogenkohlenwasserstoffe](#). Das [Montreal-Protokoll](#) von 1987 ist mit seinen Änderungsabkommen das „bis heute vielleicht erfolgreichste internationale Abkommen“, wie [Kofi Annan](#) im Zusammenhang mit der Verleihung des [Friedensnobelpreises](#) 2001 sagte.^[39] Dieses gegen das [Ozonloch](#) gerichtete Abkommen gilt im Zusammenhang mit globalen [Wachstumsgrenzen](#) als allgemeines Vorbild.^[40] Die Bekämpfung des Klimawandels ist hingegen weitaus schwieriger.^[41] Das Montreal-Protokoll hat, weil FCKW auch sehr mächtige Treibhausgase sind, gewissermaßen nebenbei die globale Erwärmung bis heute wesentlich stärker gemildert als die Maßnahmen im Rahmen des Kyoto-Protokolls.^[42]

Eine Gruppe von Wissenschaftlern um den schwedischen Resilienzforscher [Johan Rockström](#) hat eine einfache Faustformel entwickelt, wie das 2-Grad-Ziel erreicht werden kann. Demnach muss der weltweite CO₂-Ausstoß alle 10 Jahre halbiert werden. Die jährliche Reduktion würde dadurch bei ca. 7 % liegen. Gleichzeitig sollte der Anteil der Erneuerbaren Energien am Gesamtenergie-Bedarf alle 5 bis 7 Jahre gesteigert werden. Zusätzlich müsse der Atmosphäre CO₂ entzogen werden. ^[43]

Rezeption [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Unsicherheit über die Folgen: Experten haben die im IPCC-Bericht 2001 geschätzten Risiken revidiert – bei gleichem Temperaturanstieg sahen sie 2009 und 2014 jeweils zumeist größere Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wird von vielen Forschern sowie u. a. dem IPCC ^[44] für nicht ausreichend angesehen, um schwerwiegende [Folgen der globalen Erwärmung](#) auf Mensch und Umwelt zu verhindern. So bedeutet eine Erwärmung um zwei Grad für [indigene Völker](#) eine Zerstörung ihrer Kultur und Lebensweise, sei es in arktischen Regionen, in kleinen Inselstaaten oder in Wald- oder Trockengebieten, ^[45] sowie den fast vollständigen Verlust aller [Korallenriffe](#) weltweit. ^[46] Die Grenze für ein Abschmelzen der grönländischen Eismassen liegt nach einer im Jahr 2012 erschienenen Studie zwischen 0,8 und 3,2 Grad. Einige Klimaforscher halten das Zwei-Grad-Ziel daher für zu hoch angesetzt und plädieren für ein [1,5-Grad-Ziel](#). ^[47] [Stefan Rahmstorf](#) bezeichnet den Begriff des Zwei-Grad-„Zieles“ als irreführend, da wohl niemand, der „bei Sinnen“ sei, eine Erwärmung um zwei Grad herbeiführen wolle. Es gehe vielmehr darum, diese unter allen Umständen zu verhindern. ^[48]

So plädierte die [Deutsche Physikalische Gesellschaft](#) schon im Dezember 1985 ^[49] und erneut im Jahr 1987, gemeinsam mit der [Deutschen Meteorologischen Gesellschaft](#), für die Einhaltung eines Ein-Grad-Ziels. ^[50]

In einer im Jahr 2013 erschienenen Studie wurde das [Speläothem](#)-Wachstum in [sibirischen](#) Höhlen während der letzten 500.000 Jahre untersucht. Demnach reicht eine globale Erwärmung von 1,5 Grad im Vergleich zu den vorindustriellen globalen Durchschnittstemperaturen aus, um ein starkes Auftauen sibirischen [Permafrostbodens](#) bis hin zum 60. Breitengrad auszulösen. Da im Permafrost der Nordhemisphäre eine Kohlenstoffmenge gespeichert ist, die zweimal dem vorindustriellen Gehalt der Atmosphäre entspricht, bedeutet dies, dass bereits bei einer Erwärmung um 1,5 Grad ein großes Risiko für eine starke Freisetzung von Methan und Kohlenstoffdioxid aus dieser Quelle besteht, was zu einer weiteren Erwärmung führen würde. ^[51]

Der Klimatologe [James E. Hansen](#) nannte im Dezember 2011 das Zwei-Grad-Ziel ein „Rezept für eine Katastrophe“ (original englisch: „a prescription for disaster“).^[52] Zusammen mit 15 anderen Autoren veröffentlichte er im Jahr 2015 eine wissenschaftliche Arbeit, in der er unter anderem auf die Gefahren eines sich exponentiell beschleunigenden Meeresspiegelanstieges und extremer Stürme hinweist, die sich bei einer Erwärmung um zwei Grad ergäben.^[53] [Hans-Joachim Schellnhuber](#) nannte das Zwei-Grad-Grenze einen "Kompromiss zwischen dem wissenschaftlich Gebotenen und dem ökonomisch Günstigen". Allerdings müsse auch schon in Hinblick auf zwei Grad klar sein, dass generell jedes Zehntel Grad mehr Erderwärmung das Risiko erhöht, [Kippelemente im Erdsystem](#) auszulösen, die zu einer "Heißzeit" führen könnten.^[54]

Siehe auch [\[Bearbeiten\]](#) | [\[Quelltext bearbeiten\]](#)

- [Anthropozän](#)
- [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#); speziell [Keeling-Kurve](#)
- [Peak-Oil](#)
- [Suffizienz \(Ökologie\)](#)

Literatur [\[Bearbeiten\]](#) | [\[Quelltext bearbeiten\]](#)

- [Ottmar Edenhofer](#) u. a.: *The Economics of Low Stabilization: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs*. In: *Energy Journal*. 31, 2010, S. 11–48.
- Michel den Elzen, Niklas Höhne: *Sharing the reduction effort to limit global warming to 2°C*. In: [Climate Policy](#). 10, 2010, S. 247–260.
- [Oliver Geden](#), Silke Beck: *Renegotiating the global climate stabilization target*. In: [Nature Climate Change](#). 4, 2014, S. 747–748.
- [Oliver Geden](#): *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin ([PDF](#); 454 kB)
- Bill Hare, Malte Meinshausen: *How much warming are we committed to and how much can be avoided?* In: [Climatic Change](#). 75 (1), 2006, S. 111–149.
- Carlo C. Jaeger, Julia Jaeger: *Warum zwei Grad?* In: [Aus Politik und Zeitgeschichte](#). 32–33, 2010, S. 7–15 ([PDF](#); 792 kB)
- Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: WIREs Climate Change, Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
- UNEP: *The Emissions Gap Report 2014*. ([PDF](#))
- WBGU: *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 ([PDF](#))
- WBGU: *Klimawandel: Warum 2°C?* Factsheet Nr. 2/2009 ([PDF](#))

Einzelnachweise [\[Bearbeiten\]](#) | [\[Quelltext bearbeiten\]](#)

1. ↑ Jaeger & Jaeger (2010): *Three views of two degrees* (PDF), S. 516, "A first intuition".
2. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: *WIREs Climate Change*. Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
3. ↑ F.R. Rijsberman und R.J. Swart (Hrsg.): *Targets and Indicators of Climatic Change*. ISBN 91-88116-21-2, S. viii–ix ([sei-international.org](#) [PDF; 10,7 MB]).
4. ↑ Smith u. a.: *Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern"*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(11), (2009), S. 4133–4137, [doi:10.1073/pnas.0812355106](#)
5. ↑ Jaeger & Jaeger: *Three views of two degrees* (PDF) 2010.
6. ↑ IPCC (2018) *Global Warming of 1.5 °C*, [Summary for Policymakers](#), Seite 25
7. ↑ [Provisional WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016](#). In: *Weltorganisation für Meteorologie*, 14. November 2016. Abgerufen am 14. November 2016.
8. ↑ [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#): *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 (PDF, 2 MB)
9. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C*. In: *Nature*. Band 534, 2016, S. 631–639, [doi:10.1038/nature18307](#).
10. ↑ [Ottmar Edenhofer](#), Susanne Kadner, Jan Minx: *Ist das Zwei-Grad-Ziel wünschenswert und ist es noch erreichbar? Der Beitrag der Wissenschaft zu einer politischen Debatte*. In: [Jochem Marotzke](#), [Martin Stratmann](#) (Hrsg.): *Die Zukunft des Klimas. Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft*. Beck, München 2015, ISBN 978-3-406-66968-2, S. 69–92, hier S. 91.
11. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Oliver Geden: *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, [Stiftung Wissenschaft und Politik](#), Berlin (PDF)
12. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) [Kevin Anderson](#), Alice Bows: *Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 2011, S. 20–44, [doi:10.1098/rsta.2010.0290](#) (PDF)
13. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Peter C. Glover: *"Kiss goodbye" to Cancun CO2 goals, says IEA chief economist*. In: *Energy Tribune*. 24. Januar 2011.
14. ↑ Etwas weniger drastisch als Glover formulierte Birol es kurz darauf in anderen Zusammenhängen, siehe Joel Kirkland: *Scenario to Cap World Emissions by 2020 Is Fading Fast, Warns IEA Economist*, in: *New York Times*, 24. Januar 2011.

15. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C*. In: [Nature Climate Change](#). Band 5, 2015, S. 519–527, [doi:10.1038/NCLIMATE2572](#).
16. ↑ [Kevin Anderson](#), Glen Peters: *The trouble with negative emissions*. In: [Science](#). Band 354, Nr. 6309, 2016, S. 182 f., [doi:10.1126/science.aah4567](#).
17. ↑ [Tritt in den Hintern](#). Interview mit Hans Joachim Schellnhuber, In: *Der Spiegel*. 16. August 2010.
18. ↑ Alexandra Jahn: *Reduced probability of ice-free summers for 1.5 C compared to 2 C warming*. In: [Nature Climate Change](#). Band 8, 2018, S. 409–413, [doi:10.1038/s41558-018-0127-8](#).
19. ↑ Marshall Burke et al.: *Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets*. In: [Nature](#). Band 557, 2018, S. 549–553, [doi:10.1038/s41586-018-0071-9](#).
20. ↑ Bernhard Pötter: [Studie zu EU-Klimazielen: „Ehrgeizig ist nicht genug“](#). „Die EU-Energieminister entscheiden am Montag über Ziele für den CO₂-Ausstoß. Eine Studie zeigt: Selbst der radikalste Vorschlag reicht nicht aus.“ [www.taz.de](#), 17. Dezember 2017, abgerufen am 18. Dezember 2017.
21. ↑ [Website der Alliance of Small Island States](#)
22. ↑ James Hansen u. a.: *Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?* 2008 ([PDF: 563 kB](#))
23. ↑ Justin Gillis: [Heat-Trapping Gas Passes Milestone, Raising Fears](#). In: *The New York Times*. 10. Mai 2013, abgerufen am 12. Mai 2013 (englisch).
24. ↑ Maxwell T. Boykoff, David Frame, Samuel Randalls: *Discursive stability meets climate instability: A critical exploration of the concept of 'climate stabilization' in contemporary climate policy*. In: *Global Environmental Change*. 20, 2010, S. 53–64 ([PDF: 717 kB](#))
25. ↑ [NOAA's Annual Greenhouse Gas Index des Jahres 2015](#)
26. ↑ UNEP: *How Close Are We to the Two Degree Limit?* Information Note, 2010 ([PDF: 184 kB](#))
27. ↑ A. J. Weaver, [Kerstin Zickfeld](#), A. Montenegro, M. Eby: *Long term climate implications of 2050 emission reduction targets*. In: *Geophysical Research Letters*. 2007. ([online](#))
28. ↑ Meinshausen u. a.: *Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C*. In: *Nature*. Vol. 458 (2009), S. 1158–1163 [online \(PDF: 2,9 MB\)](#)
29. ↑ Antropocene: The closing doors of climate targets [Ausschnitt aus einem Vortrag von Thomas Stocker am Imperial College London](#)
30. ↑ Valentin Crastan: *Global Energy Demand and 2-degree Target*, Springer (2014) Heidelberg, London, New York, [ISBN 978-3-319-12309-7](#).
31. ↑ Valentin Crastan: *Weltweiter Energiebedarf und 2-Grad-Ziel*, Springer (2016) Berlin, Heidelberg, [ISBN 978-3-662-53420-5](#).
32. ↑ Oliver Geden, *Climate advisers must maintain integrity*. In: [Nature](#) 521, (2015), S. 27f, [doi:10.1038/521027a](#).

33. ↑ [Schlussfolgerungen des Europäischen Rates 8./9. März](#) (PDF; 226 kB), S. 13, Abs. 32
34. ↑ Siehe z. B. Euractiv: [Brüssel will 30 % CO₂ Reduzierung befürworten](#) vom 12. Mai 2010.
35. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Claudine Chen u. a.: *Cancun Climate Talks - Keeping options open to close the gap*. Climate Action Tracker briefing paper, 11. Januar 2011 (PDF; 388 kB)([Memento](#) des [Originals](#) vom 21. Januar 2017 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis. Abgerufen am 21. Januar 2017.
36. ↑ [Veerabhadran Ramanathan](#), Y. Feng: *On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Band 105, Nr. 38, 23. September 2008, [ISSN 0027-8424](#), S. 14245–14250, [doi:10.1073/pnas.0803838105](#).
37. ↑ [Der große Selbstbetrug](#). In: *Die Zeit*. 4. Oktober 2012.
38. ↑ IEA Press Release [Prospect of limiting the global increase in temperature to 2°C is getting bleaker](#) ([Memento](#) des [Originals](#) vom 3. Februar 2012 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis.
39. ↑ Al Gore: *Eine unbequeme Wahrheit*. Riemann München 2006, [ISBN 3-570-50078-0](#).
40. ↑ Donella Meadows u. a.: *Grenzen des Wachstums - Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel*. Hirzel Verlag, Stuttgart 2006, [ISBN 3-7776-1384-3](#), S. 187–209: Kap. 5 Zurück hinter die Grenze: Die Geschichte des Ozonlochs
41. ↑ [taz v. 13. September 2007](#) Nobelpreisträger Crutzen über das Ozonloch in Gegenüberstellung mit dem Klimawandel.
42. ↑ G. J. M. Velders u. a.: *The importance of the Montreal Protocol in Protecting climate*. In: *Proceedings Natl. Acad. Sci.* 2007, 104 (H. 12), S. 4814–4819 (PDF; 600 kB)
43. ↑ [Johan Rockström](#) u. a.: *A roadmap for rapid decarbonization*. In: *Science*. Band 355, Nr. 6331, 2017, S. 1269–1271, [doi:10.1126/science.aah3443](#).
44. ↑ Myles Allen et al.: *Summary for Policymakers*, in: [Global Warming of 1.5 °C](#). Sonderbericht des IPCC. 2018.
45. ↑ UNFCCC COP13 Statement by Indigenous Peoples: *Two degrees is too high. Our many strong voices must be heard* (PDF; 114 kB)
46. ↑ K. Frieler, M. Meinshausen, A. Golly, M. Mengel, K. Lebek, S. D. Donner, O. Hoegh-Guldberg: *Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs*. In: *Nature Climate Change*. 3, Nr. 2, 16. September 2012, S. 165. [doi:10.1038/nclimate1674](#).
47. ↑ Deutschlandfunk: Zwei Grad mehr haben massive Folgen [Stefan Rahmstorf im Gespräch mit Georg Ehring](#)
48. ↑ [Limiting global warming to 2 °C – why Victor and Kennel are wrong](#) Blogbeitrag von Prof. Stefan Rahmstorf auf [RealClimate.org](#)

49. ↑ [Pressemeldung der DPG aus Dezember 1985](#). (Nicht mehr online verfügbar.) Archiviert vom [Original](#) am 1. Februar 2015; abgerufen am 19. Februar 2015.
50. ↑ *Gemeinsamer Aufruf der DPG und der DMG Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen*. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Arbeitskreis Energie (Hrsg.): *Physikalische Blätter*. Band 43, Nr. 8, August 1987, [doi:10.1002/phbl.19870430811](#) ([PDF](#) [abgerufen am 19. Februar 2015]).
51. ↑ O. S. Gutareva, S. F. M. Breitenbach, E. Avirmed, A. J. Mason, A. L. Thomas, A. V. Osinzev, A. M. Kononov, G. M. Henderson, Anton Vaks: *Speleothems Reveal 500,000-Year History of Siberian Permafrost*. In: *Science*. Band 340, Nr. 6129, April 2013, S. 183–186, [doi:10.1126/science.1228729](#) ([online](#) [PDF; abgerufen am 1. Juli 2013] en).
52. ↑ Nature News BLOG: [2-degree global warming limit is a 'prescription for disaster', says Hansen](#)
53. ↑ J. Hansen, M. Sato, P. Hearty, R. Ruedy, M. Kelley, V. Masson-Delmotte, G. Russell, G. Tselioudis, J. Cao, E. Rignot, I. Velicogna, E. Kandiano, K. von Schuckmann, P. Kharecha, A. N. Legrande, M. Bauer, K.-W. Lo: *Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming is highly dangerous*. (PDF) In: *Atmospheric Chemistry and Physics (Discussions)*. 15, Nr. 14, 2015, S. 20059–20179. [doi:10.5194/acpd-15-20059-2015](#).
54. ↑ *"Die Haut und die Freiheit retten"*. In: *Klimareporter*, 3. September 2018. Abgerufen am 3. September 2018.

Kategorien:

- [Klimapolitik](#)
- [Klimawandel \(globale Erwärmung\)](#)

Navigationsmenü

- [Nicht angemeldet](#)
- [Diskussionsseite](#)
- [Beiträge](#)
- [Benutzerkonto erstellen](#)
- [Anmelden](#)
- [Lesen](#)
- [Bearbeiten](#)
- [Quelltext bearbeiten](#)
- [Versionsgeschichte](#)

Suche

- [Hauptseite](#)
- [Themenportale](#)

- [Artikel](#)
- [Diskussion](#)

- [Zufälliger Artikel](#)
Mitmachen
- [Artikel verbessern](#)
- [Neuen Artikel anlegen](#)
- [Autorenportal](#)
- [Hilfe](#)
- [Letzte Änderungen](#)
- [Kontakt](#)
- [Spenden](#)
Werkzeuge
- [Links auf diese Seite](#)
- [Änderungen an verlinkten Seiten](#)
- [Spezialseiten](#)
- [Permanenter Link](#)
- [Seiteninformationen](#)
- [Wikidata-Datenobjekt](#)
- [Artikel zitieren](#)
Drucken/exportieren
- [Buch erstellen](#)
- [Als PDF herunterladen](#)
- [Druckversion](#)
Sprachen
[Links hinzufügen](#)

- Diese Seite wurde zuletzt am 28. Januar 2019 um 10:14 Uhr bearbeitet.
- [Abrufstatistik](#) · [Autoren](#)

Der Text ist unter der Lizenz [„Creative Commons Attribution/Share Alike“](#) verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den [Nutzungsbedingungen](#) und der [Datenschutzrichtlinie](#) einverstanden.

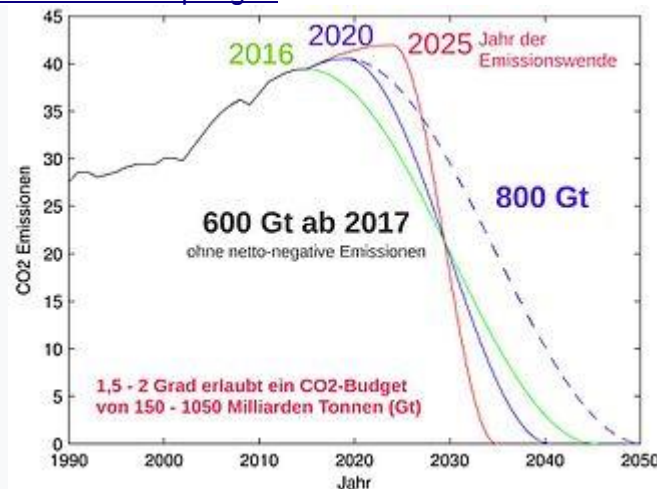
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.

- [Datenschutz](#)
- [Über Wikipedia](#)
- [Impressum](#)
- [Entwickler](#)
- [Stellungnahme zu Cookies](#)
- [Mobile Ansicht](#)

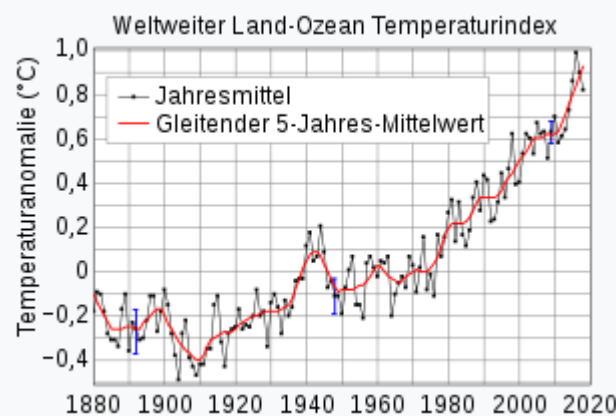


Zwei-Grad-Ziel

[Zur Navigation springen](#)[Zur Suche springen](#)



Nötige Emissionspfade um das im [Übereinkommen von Paris](#) vereinbarte Zwei-Grad-Ziel ohne [negative Emissionen](#) einzuhalten, abhängig vom Emissionspeak



Entwicklung der Temperaturen an Land und der See 1880–2017 relativ zum Mittelwert von 1951–1980

Das **Zwei-Grad-Ziel** beschreibt das Ziel der internationalen [Klimapolitik](#), die [globale Erwärmung](#) auf weniger als zwei [Grad Celsius](#) bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Niveau vor Beginn der [Industrialisierung](#) zu begrenzen. Das Ziel ist eine politische Festsetzung, die auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse über die wahrscheinlichen [Folgen der globalen Erwärmung](#) erfolgte. Vielfach wird vorgeschlagen, eher von einer „Zwei-Grad-Grenze“ zu sprechen, die nicht überschritten werden dürfe. Zugleich steht das Zwei-Grad-Ziel in der Kritik, nicht ausreichend zu sein, da auch bereits bei zwei Grad Erderwärmung schwere Folgen für Mensch und Umwelt auftreten werden, wie u. a. vom [IPCC-Sonderbericht zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 Grad](#) dokumentiert wurde.



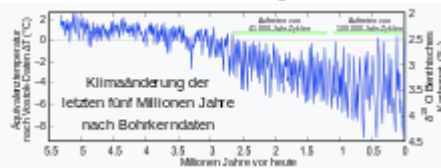
Inhaltsverzeichnis

- 1Hintergrund
 - 1.1Geschichte
 - 1.2Zeitfenster
 - 1.3Realistische Erreichbarkeit
 - 1.4Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr
- 2Politische Festsetzung
- 3Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels

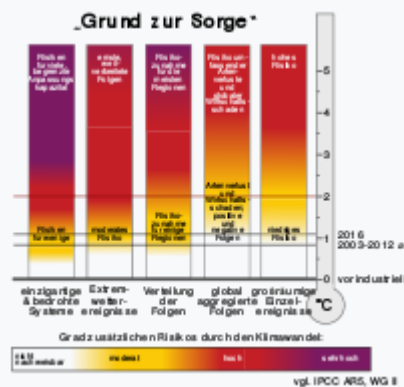
- 3.1 Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten
- 3.2 Höhe der notwendigen Reduktionen
- 3.3 Situation 2011
- 4 CO₂-Gesetz
- 5 Rezeption
- 6 Siehe auch
- 7 Literatur
- 8 Einzelnachweise

Hintergrund [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Geschichte [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Bohrkerndaten der letzten 5 Millionen Jahre zeigen, dass die globalen Durchschnittstemperaturen während dieser Zeit teils heftig schwankten; sie lagen während dieser Zeit aber nie um mehr als zwei Grad höher als zum Referenzzeitpunkt im Jahr 1950



Die *burning embers*-Grafik, hier in Anlehnung an den Bericht des IPCC von 2014, ist eine häufig im Zusammenhang mit dem Zwei-Grad-Ziel gezeigte Veranschaulichung der mit steigender Temperatur zunehmenden Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wurde erstmals von dem Ökonomen [William D. Nordhaus](#) in den Jahren 1975 und 1977 formuliert. Dieser argumentierte, dass bei der Begrenzung der globalen Erwärmung die Amplitude natürlicher Klima-Fluktuationen zugrundegelegt werden sollte. Eine Temperaturerhöhung um 2 oder 3 °C gegenüber dem aktuellen, schon vergleichsweise hohen Stand, würde das Klima in einen Bereich bringen, wie es seit mehreren hunderttausend Jahren nicht existiert hätte.^[1] Nordhaus führte die Zwei-Grad-Grenze allerdings nicht als wertebasiertes Ziel einer künftigen Klimapolitik ein, sondern er benutzte sie als gedankliche Grundlage für davon ausgehende Kosten-Nutzen-Analysen.^[2]

Eine im Juli 1988 von der [Weltorganisation für Meteorologie](#), vom [Internationalen Wissenschaftsrat](#) und vom [Umweltprogramm der Vereinten Nationen](#) einberufene Beratergruppe *Advisory Group on Greenhouse Gases* (AGGG) empfahl in ihrem 1990 veröffentlichten Bericht die globale Oberflächentemperatur als einen Indikator für Klimapolitik zu verwenden. Einen Temperaturanstieg von 1 °C sah sie als kaum noch vermeidbar an, jenseits der 2 °C (bei 400 – 560 ppm CO₂) befürchtete sie einen schnellen Anstieg schwerwiegender Risiken für Ökosysteme und nicht-linearer Reaktionen.^[3]

Die 1992 verabschiedete [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) enthielt das Ziel, einen „gefährlichen“ Klimawandel zu vermeiden, ohne jedoch hierfür eine konkrete Grenze zu

definieren. Die seit 1990 vorgelegten wissenschaftlichen Berichte des [Weltklimarates](#) (IPCC) gingen ab 2001 auf fünf „Gründe zur Sorge“ (*Reasons for concern*) ein, anhand derer sich Leser selbst ein Urteil bilden sollten, welche Änderungen als gefährlich einzuschätzen waren. Sie illustrierten diese Gründe zur Sorge mit einer Grafik *burning embers* (Deutsch etwa: *Brennende Glut*) im [Dritten Sachstandsbericht](#), die 2009 und 2014 in überarbeiteter Form erneut veröffentlicht wurde. Sie vermieden es jedoch eine Grenze des „Gefährlichen“ ausdrücklich zu definieren.^[4]

Der [Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) trug wesentlich dazu bei, dass die Zwei-Grad-Grenze in den politischen Prozess gelangte. Der WBGU befürwortete die Grenze 1995 in einem Gutachten, woraufhin sie dann von der Politik übernommen und zum Ziel der europäischen Klimaschutzpolitik gemacht wurde. Grundlage des WBGU war auch hier die Annahme, dass bei Überschreiten der Zwei-Grad-Grenze [Kipppunkte](#) (*tipping points*) erreicht würden, die weitere, nicht lineare, unumkehrbare und in ihren Konsequenzen kaum einschätzbare Folgen nach sich zögen.^[5]

Zunächst verschrieben sich die deutsche Bundesregierung und später die [Europäische Union](#), im Dezember 2010 erstmals auch die 194 Mitgliedstaaten der [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) (UNFCCC) diesem Ziel. [Indigene Völker](#) und besonders [Inselstaaten](#) halten das Zwei-Grad-Ziel für zu wenig ambitioniert und plädierten in internationalen Verhandlungen für eine Senkung der Grenze auf höchstens 1,5 Grad; im Jahr 2015 vereinbarten die Staaten der UNFCCC im [Übereinkommen von Paris](#) zur Einhaltung dieser Grenze „Anstrengungen“ zu unternehmen.

Im Oktober 2018 veröffentlichte das [Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (IPCC) der Vereinten Nationen anlässlich seiner 48. Sitzung, die in [Incheon](#) (Südkorea) stattfand, einen [Sonderbericht zur Umsetzung des 1,5-Grad-Zieles](#). Die Wissenschaftler drängen darin auf schnelle Veränderungen, um die Erwärmung zu begrenzen. Zur Erreichung des 1,5-Grad-Zieles seien "schnelle, weitreichende und beispiellose Veränderungen in allen Bereichen der Gesellschaft" vonnöten. Hierzu zählen laut dem Bericht Veränderungen der Energiesysteme, im Bereich der Landwirtschaft und der Transportwege. Die derzeit von den einzelnen Staaten bis 2030 verfolgten Klimaschutzziele würden bis 2100 zu einer Erwärmung von 3 Grad führen, die danach weiter steigen würde.^[6]

Zeitfenster[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Da die [globale Erwärmung](#) seit Beginn der [Industrialisierung](#) (ca. 1850) etwa 1,2 Grad Celsius beträgt (Stand: 2016)^[7] verbleiben rechnerisch noch 0,8 Grad, um das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten. Um dies zu erreichen, müssten die weltweiten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 50 % sinken, in den Industrieländern um 80–95 % (jeweils gegenüber 1990). Die Emissionsreduktion muss im Laufe der 2010er Jahre einsetzen, ansonsten besteht keine realistische Aussicht mehr, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten.^[8] In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts müssen die weltweiten Treibhausgasemissionen dann zwingend auf Null reduziert werden, da nur so die Gesamtmenge an Treibhausgasen in der Atmosphäre nicht weiter ansteigt und somit eine immer weiter steigende Temperatur vermieden werden kann.^[9]

Realistische Erreichbarkeit[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Technisch ist das 2-Grad-Ziel mit derzeit bekannten Technologien erreichbar. Je länger der Klimaschutz hinausgezögert wird, desto größer werden die Kosten des Klimaschutzes; zudem müssen auch mehr risikobehaftete Technologien eingesetzt werden als bei schnellen Klimaschutzmaßnahmen.^[10] In Anbetracht der unsicheren weiteren Entwicklung des weltweiten [Klimaschutzes](#), des steigenden Energiebedarfs und der nur schleppenden Umsetzung bisher eingegangener Reduktionsverpflichtungen äußern manche Beobachter ernsthafte Zweifel, ob das Ziel auch politisch erreichbar ist.^{[11][12]} So bezeichnete [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA), es als „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu bewältigen.^{[13][14]} Bei einer konsequenten Klimaschutzpolitik ist hingegen auch die Begrenzung auf 1,5 °C Erwärmung noch möglich, so wie 2015 im [Übereinkommen von Paris](#) durch die internationale Gemeinschaft vereinbart. Dafür muss die Welt jedoch zwischen 2045 und 2060 die Nettotreibhausgasemissionen auf Null zurückfahren, weshalb sich das Fenster zum Erreichen dieses Zieles schnell schließt. Zudem muss in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Teil des vorher zu viel ausgestoßenen

Kohlenstoffdioxids wieder künstlich aus der Erdatmosphäre entfernt werden.^[15] Wissenschaftlich ist umstritten, ob diese Menge an negativen Emissionen erreicht werden kann, daher sollte eine Klimapolitik nicht auf der Annahme basieren, dass diese Technik langfristig in Großmaßstab zur Verfügung steht.^[16]

Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Grafik zeigt, dass es keine scharfe Grenze zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“ [Klimawandel](#) gibt. [Hans Joachim Schellnhuber](#), Direktor des [Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung](#), sagte in einem Interview im August 2010: „Und natürlich kommt es nicht bei 2,01 Grad zum Weltuntergang, schon gar nicht schlagartig.“^[17] Stattdessen ist es eher als Wegmarke zu sehen, jenseits derer die Ungewissheiten und damit auch die mit dem Klimawandel einhergehenden Risiken deutlich zunehmen und die vom Klimawandel ausgehenden Folgen für einige oder sogar viele Gesellschaften unkontrollierbar zu werden drohen. Wenn es gelänge, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wären zahlreiche [Folgen der globalen Erwärmung](#) bestenfalls gemildert, nicht aber abgewendet. Die [Gletscherschmelze](#) wäre ebenso wenig gestoppt wie der Anstieg des [Meeresspiegels](#). Dieser würde selbst nach einem vollkommenen [Emissionsstopp](#) noch für Hunderte von Jahren weiterlaufen.

Bei einer globalen Erwärmung um 2 °C werden über der [Arktis](#) erheblich höhere Durchschnittstemperaturen erwartet, mit entsprechenden [Folgen für die Region](#). Einige Klimaforscher weisen vor diesem Hintergrund darauf hin, dass 2 °C eher die Grenze zwischen „gefährlichem“ und „sehr gefährlichem“ Klimawandel darstelle als zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“.^[12] Die Einschränkung der Erwärmung auf 1,5 °C statt auf 2 °C würde die Wahrscheinlichkeit einer sommerlichen Eisfreiheit um 2100 von 100 % auf 30 % reduzieren.^[18]

Eine 2018 in [Nature](#) erschienene Studie kam zu dem Ergebnis, dass bei einer Erderwärmung um 2 Grad die ökonomischen Schäden um wahrscheinlich mehr als 20 Billionen US-Dollar höher ausfallen würden als bei einer Erderwärmung um 1,5 Grad. Demnach werden die Mehrkosten zum Erreichen des 1,5-Grad-Ziels auf ca. 300 Mrd. Dollar beziffert, sodass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei der Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 statt 2 Grad etwa 70 beträgt. Deutlich größere ökonomische Schäden ergeben sich demnach ohne stringente Klimaschutzmaßnahmen. So könnte eine Erderwärmung bis 2100 um 2,5–3 Grad zu zusätzlichen wirtschaftlichen Schäden führen, die 15 %–25 % des Pro-Kopf-[Bruttoweltproduktes](#) betragen, bei 4 Grad mehr als 30 %.^[19]

Politische Festsetzung [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Das Zwei-Grad-Ziel ist die politische Definition des in Artikel 2 der [UN-Klimarahmenkonvention](#) (UNFCCC) festgelegten Grundsatzes, nach dem eine „gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“ verhindert werden soll. Die 1992 beschlossene Klimarahmenkonvention enthält keine genaueren Angaben darüber, ab wann der Klimawandel als „gefährlich“ einzustufen ist. Mit dem Zwei-Grad-Ziel, das auf der [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 erstmals offiziell anerkannt worden ist, hat die Staatengemeinschaft dies nachgeholt. Erwähnt wurde das Ziel zwar auch schon im [Copenhagen Accord](#), dem Abschlussdokument der [UN-Klimakonferenz in Kopenhagen](#) 2009, doch damals haben es die Diplomaten lediglich „zur Kenntnis“ genommen.

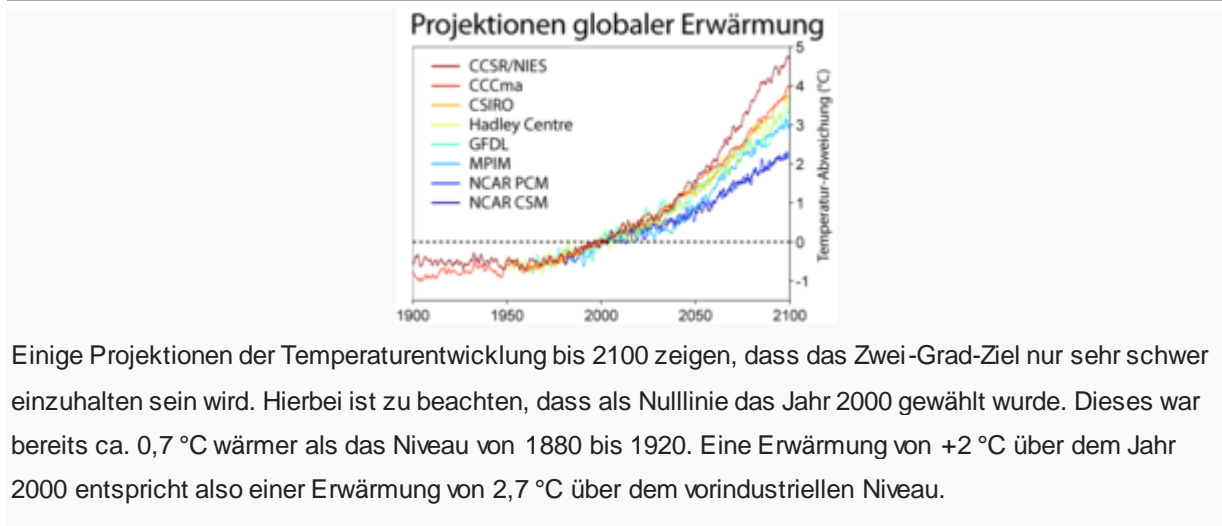
Auch außerhalb der UN-Klimadiplomatie und vor der Cancún-Konferenz wurde das Zwei-Grad-Ziel bereits erwähnt. So erkannten es die Staats- und Regierungschefs beim [G8-Gipfel](#) im Juli 2009 im italienischen L'Aquila einheitlich an.

Einzelne Staaten und Regionen hatten sich dem Zwei-Grad-Ziel bereits länger verschrieben. In Deutschland empfiehlt der [Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) schon seit 1994, die mittlere Erwärmung auf höchstens 2 °C zu begrenzen. Die Mitgliedstaaten der [Europäischen Union](#) beschlossen 1996 und abermals 2005, das Zwei-Grad-Ziel zu einer Leitlinie ihrer Klimapolitik zu machen.^[2] Allerdings ist umstritten, ob die selbstgesteckten Ziele der EU für eine Kompatibilität mit dem Pariser Abkommen ausreichend sind.^[20]

Viele Entwicklungsländer halten das Zwei-Grad-Ziel für zu schwach, weil der damit verbundene Klimawandel ihre Existenz gefährde. In internationalen Klimaverhandlungen plädieren vor allem

die 44 in der [Alliance of Small Island States](#) zusammengeschlossenen [Inselstaaten](#) für eine Verschärfung des Ziels auf mindestens 1,5 °C.^[21] Einige Klimaforscher, darunter [James E. Hansen](#) vom [Goddard Institute for Space Studies](#) der [NASA](#), plädieren ebenfalls für striktere Ziele und nennen eine Kohlendioxid-Konzentration von höchstens 350 ppm tolerabel.^[22] Aktuell beträgt der Wert bereits 400 ppm.^[23]

Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Das Zwei-Grad-Ziel kann nur eingehalten werden, wenn der Ausstoß von Treibhausgasen langfristig deutlich zurückgeht. Wie schnell und umfassend die Reduktion sein muss, ist abhängig von mehreren Variablen und kann nicht letztgültig entschieden werden.

Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Ein entscheidender Faktor bei der Frage danach, mit welchen Maßnahmen das Zwei-Grad-Ziel eingehalten werden kann, ist die gewählte Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. die Risikobereitschaft, das Ziel gegebenenfalls zu überschreiten. Abhängig davon, ob man das Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 %, 50 % oder 90 % erreichen will, ergeben sich gravierend unterschiedliche Anforderungen an den Klimaschutz.

Hinzu kommen bestehende Unsicherheiten in der [Klimaforschung](#), allen voran die Frage nach der [Klimasensitivität](#). Diese beschreibt die mit einer bestimmten Treibhausgas-Konzentration letztlich einhergehende Erwärmung. Gegenwärtig geht die Klimaforschung davon aus, dass eine Verdoppelung der Konzentration des in diesem Zusammenhang wichtigsten Treibhausgases, [Kohlenstoffdioxid](#), bezogen auf das vorindustrielle Niveau von 280 ppm, eine Erwärmung um 2 bis 4,5 °C bewirken würde.

Gemeinsam führt dies zu stark unterschiedlichen Zielwerten für die zulässige Konzentration von [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#), die von 330 ppm bis zu 700 ppm reichen.^[24] Unter anderem aufgrund dieser Bandbreite ist das Zwei-Grad-Ziel als normativ vielleicht gerechtfertigte, technisch aber wenig brauchbare Vorgabe kritisiert worden.^[11]

Höhe der notwendigen Reduktionen [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Wenn das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden soll, könnte es zum Platzen der [Kohlenstoffblase](#) an den internationalen Finanzmärkten kommen

Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % einzuhalten, hätte das [Kohlendioxidäquivalent](#) der Konzentration der wichtigsten Treibhausgase nicht über 450 ppm steigen dürfen. Um es mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 % einzuhalten, hätte diese Konzentration nicht über 400 ppm steigen dürfen. Sie lag im Jahr 2015 bei 485ppm. ^[25] Nach Angaben des [Umweltprogramms der Vereinten Nationen](#) (UNEP) würde die Wahrscheinlichkeit bei über 50 % liegen, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wenn: ^[26]

- die globalen Emissionen beginnen, zwischen 2015 und 2021 zu sinken.
- die globalen Emissionen im Jahr 2020 zwischen 40 und 48,3 Mrd. Tonnen liegen.
- bis 2050 die globalen Emissionen um 48 % bis 72 % im Vergleich zum Jahr 2000 sinken bzw. um mindestens 90 % im Vergleich zu 2005 reduziert werden. ^[27]

Da Kohlenstoff, der aus der Nutzung fossiler Brennstoffe stammt, aus den Reservoirs Luft, Wasser, Boden und Pflanzenwelt nur durch die sehr langsam wirkende Verwitterung von Gestein auf natürliche Weise wieder aus den genannten Kompartimenten verschwindet, hängt der menschengemachte Klimawandel letztlich von der Gesamtmenge an zusätzlich erzeugtem Kohlenstoffdioxid ab. Aktuell werden jährlich etwa 36 Milliarden Tonnen CO₂ emittiert. Die Verbrennung aller bekannten Reserven an fossilen Rohstoffen (heute technisch und ökonomisch förderbar) würde CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 2.800 Milliarden Tonnen verursachen. Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % einzuhalten, dürften die Emissionen im Zeitraum von 2000 bis 2050 nicht über 1.000 Mrd. Tonnen steigen. Da allein von 2000 bis 2006 bereits 234 Mrd. Tonnen emittiert wurden, liegt das verbleibende [Emissionsbudget](#) bereits unter 766 Mrd. Tonnen. Bei gleichbleibend hohen Emissionen wäre das vorhandene Budget im Jahr 2027 ausgeschöpft. Soll das Risiko einer über 2 °C hinausgehenden Erwärmung bei nur 20 % liegen, träte dieser Fall bereits drei Jahre früher ein; ist man bereit, das Risiko auf 50 % anzuheben, würde das Budget bis zum Jahr 2039 reichen. ^[28]

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen hat errechnet, dass eine unverzügliche Trendwende bei den Treibhausgas-Emissionen herbeigeführt werden muss, soll die Erderwärmung tatsächlich auf 2 °C begrenzt bleiben.

„Schon eine leicht verzögerte Trendwende im Jahr 2015 würde jährliche globale Emissionsminderungen von bis zu 5 % (bezogen auf 2008) erfordern [...]. Die Welt müsste dann pro Jahr Reduktionsleistungen in einer Größenordnung erbringen, für die im Kyoto-Protokoll für die Industriestaaten über zwei Jahrzehnte vorgesehen sind. Eine Verzögerung der Trendumkehr bis 2020 könnte kaum mehr realisierbare globale Minderungsraten von bis zu 9 % pro Jahr erfordern. Es ist daher notwendig, die beobachtete weltweite

Steigerung der CO₂-Emissionen möglichst umgehend zu stoppen und zu global sinkenden Emissionen überzugehen.“

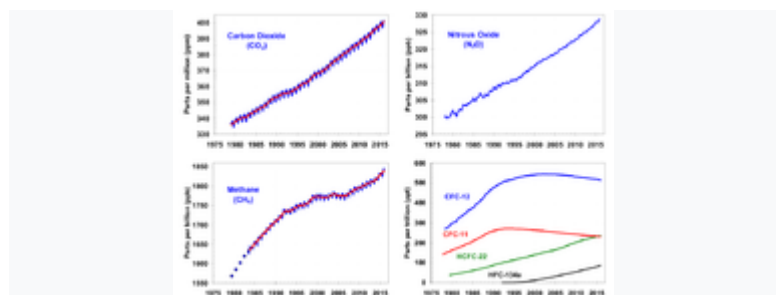
In einer Modellrechnung erläutert IPCC-Autor [Thomas Stocker](#) von der [Universität Bern](#) die Situation. Hierbei nimmt er an, dass die globalen Treibhausgasemissionen bis zu einem bestimmten Datum weiter ansteigen, um dann um einen konstanten Prozentsatz von etwa 3 % pro Jahr zu sinken. Es zeigt sich Folgendes: Wird der Zeitpunkt, an dem die Emissionen zu sinken beginnen, um ein Jahrzehnt verzögert, so führt diese Verzögerung schlussendlich zu einer Erwärmung, die beim Drei- bis Achtfachen der in diesem Zeitraum beobachteten globalen Erwärmung liegt. Während sich die Erde gegenwärtig also um ca. 0,1 °C pro Jahrzehnt erwärmt, führt eine Verzögerung des Beginns tiefgreifender Klimaschutzmaßnahmen im selben Zeitraum aber zu einer Erhöhung der letztendlich erreichten Erwärmung um etwa 0,5 °C. ^[29]

In einer weiteren Studie von [Valentin Crastan](#) wird zur Einhaltung der Zwei-Grad-Grenze eine Stabilisierung und leichte Verminderung der CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen bis 2030 auf 28 bis 32 Gt/a gefordert und deren Reduktion bis 2050 auf 16 Gt. Die dazu notwendige und angemessene Verteilung auf die Weltregionen und alle G-20-Länder wird aufgrund ihrer wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit versuchsweise festgelegt, bei Berücksichtigung der BIP-Voraussagen von Weltbank und IMF. ^[30] Die Studie wurde 2016 aktualisiert. ^[31]

Das Erreichen des Zwei-Grad-Ziels gilt zunehmend als schwierig oder nur mit sehr großen Kraftanstrengungen zu erreichen. Die meisten Modelle gehen heute davon aus, dass nach 2050 [Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung](#) (BECCS) zum Einsatz kommen muss, mit der durch die Verbrennung von [Biomasse](#) aktiv Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre gefiltert, mit [CCS-Technik](#) abgeschieden und anschließend im Boden verpresst wird. Ob solche Maßnahmen politisch wie technisch umsetzbar sind, ist umstritten. ^[32]

Situation 2011 [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Staats- und Regierungschefs der Europäischen Union haben sich 2007 auf das Ziel verständigt, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2020 um mindestens 20 % im Vergleich zu 1990 zu verringern. ^[33] Das Ziel ist in Anbetracht der bereits erreichten Treibhausgaseinsparungen um 17 % von 1990 bis 2009 wenig ambitioniert, so dass die EU-Mitglieder bereits länger darüber diskutieren, ob die Zielmarke nicht auf 30 % angehoben werden sollte. ^[34]



Die atmosphärische Konzentration mehrerer Treibhausgase steigt weiterhin deutlich an. Die damit offensichtlich werdenden unzureichenden Klimaschutzbemühungen machen es schwer bis unmöglich, das Zwei-Grad-Ziel noch einzuhalten

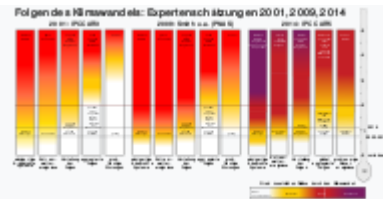
Auch die im Rahmen des [Copenhagen Accord](#) von 2009 eingereichten freiwilligen Reduktionsverpflichtungen der Staaten genügen bei weitem nicht. Die bis Anfang 2011 eingegangenen nationalen Klimaschutzziele würden selbst bei einer vollständigen Umsetzung zu einer Erwärmung um 3,2 °C führen (Bandbreite der Schätzungen 2,6 °C bis 4,0 °C).^[35] Daran änderte auch die [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 wenig. Die weltweiten CO₂-Emissionen im Jahr 2020 werden auf über 56 Mrd. Tonnen geschätzt. Um das Zwei-Grad-Ziel einhalten zu können, dürften stattdessen aber höchstens 40–44 Mrd. Tonnen ausgestoßen werden. Die Einsparungen bis 2020 müssten demnach bei 12–16 Mrd. Tonnen liegen. Selbst die ambitionierteren Einsparziele unter dem Copenhagen Accord kommen zusammen nur auf 8 bis 12 Mrd. Tonnen weniger CO₂.^[35] Anderen Quellen zufolge wird der bereits emittierte Kohlenstoff zu einer Erwärmung von 2,4 Grad führen.^[36]

Anstatt zu sinken, zeigt die Entwicklung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen nach wie vor einen deutlichen Anstieg.^[37] 2011 war sogar das Jahr mit den weltweit größten je gemessenen Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Aufgrund der aktuell stattfindenden Investitionen in Kohlenstoffdioxid emittierende Energieträger seien 80 % der Emissionsrate von 2010 bis zum Jahr 2020 nahezu sicher.^[38] Entsprechend pessimistisch äußerte sich im Januar 2011 [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA). Ihm zufolge sei es inzwischen „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu erreichen. Um die Treibhausgas-Konzentration auf 450 ppm zu begrenzen, sei eine Vervierfachung der gegenwärtigen Anstrengungen nötig. In Anbetracht der bisherigen unzureichenden Klimaschutzbemühungen sowie dem gerade angelaufenen Boom bei [unkonventionellem Erdgas](#) sei es an der Zeit, der Vorstellung von vor 2020 sinkenden globalen Treibhausgas-Emissionen – und damit dem Zwei-Grad-Ziel – den „Abschiedskuss“ zu geben.^[13]

Einen entgegengerichteten Trend zeigen allein die [Halogenkohlenwasserstoffe](#). Das [Montreal-Protokoll](#) von 1987 ist mit seinen Änderungsabkommen das „bis heute vielleicht erfolgreichste internationale Abkommen“, wie [Kofi Annan](#) im Zusammenhang mit der Verleihung des [Friedensnobelpreises](#) 2001 sagte.^[39] Dieses gegen das [Ozonloch](#) gerichtete Abkommen gilt im Zusammenhang mit globalen [Wachstumsgrenzen](#) als allgemeines Vorbild.^[40] Die Bekämpfung des Klimawandels ist hingegen weitaus schwieriger.^[41] Das Montreal-Protokoll hat, weil FCKW auch sehr mächtige Treibhausgase sind, gewissermaßen nebenbei die globale Erwärmung bis heute wesentlich stärker gemildert als die Maßnahmen im Rahmen des Kyoto-Protokolls.^[42]

Eine Gruppe von Wissenschaftlern um den schwedischen Resilienzforscher [Johan Rockström](#) hat eine einfache Faustformel entwickelt, wie das 2-Grad-Ziel erreicht werden kann. Demnach muss der weltweite CO₂-Ausstoß alle 10 Jahre halbiert werden. Die jährliche Reduktion würde dadurch bei ca. 7 % liegen. Gleichzeitig sollte der Anteil der Erneuerbaren Energien am Gesamtenergie-Bedarf alle 5 bis 7 Jahre gesteigert werden. Zusätzlich müsse der Atmosphäre CO₂ entzogen werden.^[43]

Rezeption [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Unsicherheit über die Folgen: Experten haben die im IPCC-Bericht 2001 geschätzten Risiken revidiert – bei gleichem Temperaturanstieg sahen sie 2009 und 2014 jeweils zumeist größere Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wird von vielen Forschern sowie u. a. dem IPCC^[44] für nicht ausreichend angesehen, um schwerwiegende [Folgen der globalen Erwärmung](#) auf Mensch und Umwelt zu verhindern. So bedeutet eine Erwärmung um zwei Grad für [indigene Völker](#) eine Zerstörung ihrer Kultur und Lebensweise, sei es in arktischen Regionen, in kleinen Inselstaaten oder in Wald- oder Trockengebieten,^[45] sowie den fast vollständigen Verlust aller [Korallenriffe](#) weltweit.^[46] Die Grenze für ein Abschmelzen der grönländischen Eismassen liegt nach einer im Jahr 2012 erschienenen Studie zwischen 0,8 und 3,2 Grad. Einige Klimaforscher halten das Zwei-Grad-Ziel daher für zu hoch angesetzt und plädieren für ein [1,5-Grad-Ziel](#).^[47] [Stefan Rahmstorf](#) bezeichnet den Begriff des Zwei-Grad-„Zieles“ als irreführend, da wohl niemand, der „bei Sinnen“ sei, eine Erwärmung um zwei Grad herbeiführen wolle. Es gehe vielmehr darum, diese unter allen Umständen zu verhindern.^[48]

So plädierte die [Deutsche Physikalische Gesellschaft](#) schon im Dezember 1985^[49] und erneut im Jahr 1987, gemeinsam mit der [Deutschen Meteorologischen Gesellschaft](#), für die Einhaltung eines Ein-Grad-Ziels.^[50]

In einer im Jahr 2013 erschienenen Studie wurde das [Speläothem](#)-Wachstum in [sibirischen](#) Höhlen während der letzten 500.000 Jahre untersucht. Demnach reicht eine globale Erwärmung von 1,5 Grad im Vergleich zu den vorindustriellen globalen Durchschnittstemperaturen aus, um ein starkes Auftauen sibirischen [Permafrostbodens](#) bis hin zum 60. Breitengrad auszulösen. Da im Permafrost der Nordhemisphäre eine Kohlenstoffmenge gespeichert ist, die zweimal dem vorindustriellen Gehalt der Atmosphäre entspricht, bedeutet dies, dass bereits bei einer Erwärmung um 1,5 Grad ein großes Risiko für eine starke Freisetzung von Methan und Kohlenstoffdioxid aus dieser Quelle besteht, was zu einer weiteren Erwärmung führen würde.^[51]

Der Klimatologe [James E. Hansen](#) nannte im Dezember 2011 das Zwei-Grad-Ziel ein „Rezept für eine Katastrophe“ (original englisch: „a prescription for disaster“).^[52] Zusammen mit 15 anderen Autoren veröffentlichte er im Jahr 2015 eine wissenschaftliche Arbeit, in der er unter anderem auf die Gefahren eines sich exponentiell beschleunigenden Meeresspiegelanstieges und extremer Stürme hinweist, die sich bei einer Erwärmung um zwei Grad ergäben.^[53] [Hans-Joachim Schellnhuber](#) nannte das Zwei-Grad-Grenze einen "Kompromiss zwischen dem wissenschaftlich Gebotenen und dem ökonomisch Günstigen". Allerdings müsse auch schon in Hinblick auf zwei Grad klar sein, dass generell jedes Zehntel Grad mehr Erderwärmung das Risiko erhöht, [Kippelemente im Erdsystem](#) auszulösen, die zu einer "Heißzeit" führen könnten.^[54]

Siehe auch [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

- [Anthropozän](#)
- [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#); speziell [Keeling-Kurve](#)
- [Peak-Oil](#)
- [Suffizienz \(Ökologie\)](#)

Literatur [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

- [Ottmar Edenhofer](#) u. a.: *The Economics of Low Stabilization: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs*. In: *Energy Journal*. 31, 2010, S. 11–48.
- Michel den Elzen, Niklas Höhne: *Sharing the reduction effort to limit global warming to 2°C*. In: [Climate Policy](#). 10, 2010, S. 247–260.
- [Oliver Geden](#), Silke Beck: *Renegotiating the global climate stabilization target*. In: [Nature Climate Change](#). 4, 2014, S. 747–748.
- [Oliver Geden](#): *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin ([PDF](#); 454 kB)
- Bill Hare, Malte Meinshausen: *How much warming are we committed to and how much can be avoided?* In: [Climatic Change](#). 75 (1), 2006, S. 111–149.
- Carlo C. Jaeger, Julia Jaeger: *Warum zwei Grad?* In: [Aus Politik und Zeitgeschichte](#). 32–33, 2010, S. 7–15 ([PDF](#); 792 kB)
- Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: WIREs Climate Change, Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
- UNEP: *The Emissions Gap Report 2014*. ([PDF](#))
- WBGU: *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 ([PDF](#))
- WBGU: *Klimawandel: Warum 2°C?* Factsheet Nr. 2/2009 ([PDF](#))

Einzelnachweise [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

1. ↑ Jaeger & Jaeger (2010): *Three views of two degrees* ([PDF](#)), S. 516, "A first intuition".
2. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: *WIREs Climate Change*. Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
3. ↑ F.R. Rijsberman und R.J. Swart (Hrsg.): *Targets and Indicators of Climatic Change*. ISBN 91-88116-21-2, S. viii–ix ([sei-international.org](#) [PDF; 10,7 MB]).
4. ↑ Smith u. a.: *Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern"*. In: [Proceedings of the National Academy of Sciences](#). 106(11), (2009), S. 4133–4137, [doi:10.1073/pnas.0812355106](#)
5. ↑ Jaeger & Jaeger: *Three views of two degrees* ([PDF](#)) 2010.
6. ↑ IPCC (2018) *Global Warming of 1.5 °C*, [Summary for Policymakers](#), Seite 25
7. ↑ [Provisional WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016](#). In: [Weltorganisation für Meteorologie](#), 14. November 2016. Abgerufen am 14. November 2016.
8. ↑ [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#): *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 ([PDF](#), 2 MB)
9. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C*. In: [Nature](#). Band 534, 2016, S. 631–639, [doi:10.1038/nature18307](#).
10. ↑ [Ottmar Edenhofer](#), Susanne Kadner, Jan Minx: *Ist das Zwei-Grad-Ziel wünschenswert und ist es noch erreichbar? Der Beitrag der Wissenschaft zu einer politischen Debatte*. In: [Jochem Marotzke](#), [Martin Stratmann](#) (Hrsg.): *Die Zukunft des Klimas. Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft*. Beck, München 2015, ISBN 978-3-406-66968-2, S. 69–92, hier S. 91.
11. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Oliver Geden: *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, [Stiftung Wissenschaft und Politik](#), Berlin ([PDF](#))
12. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) [Kevin Anderson](#), Alice Bows: *Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 2011, S. 20–44, [doi:10.1098/rsta.2010.0290](#) ([PDF](#))
13. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Peter C. Glover: *"Kiss goodbye" to Cancun CO2 goals, says IEA chief economist*. In: *Energy Tribune*. 24. Januar 2011.
14. ↑ Etwas weniger drastisch als Glover formulierte Birol es kurz darauf in anderen Zusammenhängen, siehe Joel Kirkland: *Scenario to Cap World Emissions by 2020 Is Fading Fast, Warns IEA Economist*, in: *New York Times*, 24. Januar 2011.

15. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C*. In: [Nature Climate Change](#). Band 5, 2015, S. 519–527, [doi:10.1038/NCLIMATE2572](#).
16. ↑ [Kevin Anderson](#), Glen Peters: *The trouble with negative emissions*. In: [Science](#). Band 354, Nr. 6309, 2016, S. 182 f., [doi:10.1126/science.aah4567](#).
17. ↑ [Tritt in den Hintern](#). Interview mit Hans Joachim Schellnhuber, In: *Der Spiegel*. 16. August 2010.
18. ↑ Alexandra Jahn: *Reduced probability of ice-free summers for 1.5 C compared to 2 C warming*. In: [Nature Climate Change](#). Band 8, 2018, S. 409–413, [doi:10.1038/s41558-018-0127-8](#).
19. ↑ Marshall Burke et al.: *Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets*. In: [Nature](#). Band 557, 2018, S. 549–553, [doi:10.1038/s41586-018-0071-9](#).
20. ↑ Bernhard Pötter: [Studie zu EU-Klimazielen: „Ehrgeizig ist nicht genug“](#). „Die EU-Energieminister entscheiden am Montag über Ziele für den CO₂-Ausstoß. Eine Studie zeigt: Selbst der radikalste Vorschlag reicht nicht aus.“ [www.taz.de](#), 17. Dezember 2017, abgerufen am 18. Dezember 2017.
21. ↑ [Website der Alliance of Small Island States](#)
22. ↑ James Hansen u. a.: *Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?* 2008 ([PDF; 563 kB](#))
23. ↑ Justin Gillis: [Heat-Trapping Gas Passes Milestone, Raising Fears](#). In: *The New York Times*. 10. Mai 2013, abgerufen am 12. Mai 2013 (englisch).
24. ↑ Maxwell T. Boykoff, David Frame, Samuel Randalls: *Discursive stability meets climate instability: A critical exploration of the concept of 'climate stabilization' in contemporary climate policy*. In: *Global Environmental Change*. 20, 2010, S. 53–64 ([PDF; 717 kB](#))
25. ↑ [NOAA's Annual Greenhouse Gas Index des Jahres 2015](#)
26. ↑ UNEP: *How Close Are We to the Two Degree Limit?* Information Note, 2010 ([PDF; 184 kB](#))
27. ↑ A. J. Weaver, [Kerstin Zickfeld](#), A. Montenegro, M. Eby: *Long term climate implications of 2050 emission reduction targets*. In: *Geophysical Research Letters*. 2007. ([online](#))
28. ↑ Meinshausen u. a.: *Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C*. In: *Nature*. Vol. 458 (2009), S. 1158–1163 [online \(PDF; 2,9 MB\)](#)
29. ↑ Antropocene: The closing doors of climate targets [Ausschnitt aus einem Vortrag von Thomas Stocker am Imperial College London](#)
30. ↑ Valentin Crastan: *Global Energy Demand and 2-degree Target*, Springer (2014) Heidelberg, London, New York, [ISBN 978-3-319-12309-7](#).
31. ↑ Valentin Crastan: *Weltweiter Energiebedarf und 2-Grad-Ziel*, Springer (2016) Berlin, Heidelberg, [ISBN 978-3-662-53420-5](#).
32. ↑ Oliver Geden, *Climate advisers must maintain integrity*. In: [Nature](#) 521, (2015), S. 27f, [doi:10.1038/521027a](#).

33. ↑ [Schlussfolgerungen des Europäischen Rates 8./9. März](#) (PDF; 226 kB), S. 13, Abs. 32
34. ↑ Siehe z. B. Euractiv: [Brüssel will 30 % CO₂ Reduzierung befürworten](#) vom 12. Mai 2010.
35. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Claudine Chen u. a.: *Cancun Climate Talks - Keeping options open to close the gap*. Climate Action Tracker briefing paper, 11. Januar 2011 (PDF; 388 kB)([Memento](#) des [Originals](#) vom 21. Januar 2017 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis. Abgerufen am 21. Januar 2017.
36. ↑ [Veerabhadran Ramanathan](#), Y. Feng: *On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Band 105, Nr. 38, 23. September 2008, [ISSN 0027-8424](#), S. 14245–14250, [doi:10.1073/pnas.0803838105](#).
37. ↑ [Der große Selbstbetrug](#). In: *Die Zeit*. 4. Oktober 2012.
38. ↑ IEA Press Release [Prospect of limiting the global increase in temperature to 2°C is getting bleaker](#) ([Memento](#) des [Originals](#) vom 3. Februar 2012 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis.
39. ↑ Al Gore: *Eine unbequeme Wahrheit*. Riemann München 2006, [ISBN 3-570-50078-0](#).
40. ↑ Donella Meadows u. a.: *Grenzen des Wachstums - Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel*. Hirzel Verlag, Stuttgart 2006, [ISBN 3-7776-1384-3](#), S. 187–209: Kap. 5 Zurück hinter die Grenze: Die Geschichte des Ozonlochs
41. ↑ [taz v. 13. September 2007](#) Nobelpreisträger Crutzen über das Ozonloch in Gegenüberstellung mit dem Klimawandel.
42. ↑ G. J. M. Velders u. a.: *The importance of the Montreal Protocol in Protecting climate*. In: *Proceedings Natl. Acad. Sci.* 2007, 104 (H. 12), S. 4814–4819 (PDF; 600 kB)
43. ↑ [Johan Rockström](#) u. a.: *A roadmap for rapid decarbonization*. In: *Science*. Band 355, Nr. 6331, 2017, S. 1269–1271, [doi:10.1126/science.aah3443](#).
44. ↑ Myles Allen et al.: [Summary for Policymakers](#), in: [Global Warming of 1.5 °C](#). Sonderbericht des IPCC. 2018.
45. ↑ UNFCCC COP13 Statement by Indigenous Peoples: *Two degrees is too high. Our many strong voices must be heard* (PDF; 114 kB)
46. ↑ K. Frieler, M. Meinshausen, A. Golly, M. Mengel, K. Lebek, S. D. Donner, O. Hoegh-Guldberg: *Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs*. In: *Nature Climate Change*. 3, Nr. 2, 16. September 2012, S. 165. [doi:10.1038/nclimate1674](#).
47. ↑ Deutschlandfunk: Zwei Grad mehr haben massive Folgen [Stefan Rahmstorf im Gespräch mit Georg Ehring](#)
48. ↑ [Limiting global warming to 2 °C – why Victor and Kennel are wrong](#) Blogbeitrag von Prof. Stefan Rahmstorf auf [RealClimate.org](#)

49. ↑ [Pressemeldung der DPG aus Dezember 1985](#). (Nicht mehr online verfügbar.) Archiviert vom [Original](#) am 1. Februar 2015; abgerufen am 19. Februar 2015.
50. ↑ *Gemeinsamer Aufruf der DPG und der DMG Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen*. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Arbeitskreis Energie (Hrsg.): *Physikalische Blätter*. Band 43, Nr. 8, August 1987, [doi:10.1002/phbl.19870430811](#) ([PDF](#) [abgerufen am 19. Februar 2015]).
51. ↑ O. S. Gutareva, S. F. M. Breitenbach, E. Avirmed, A. J. Mason, A. L. Thomas, A. V. Osinzev, A. M. Kononov, G. M. Henderson, Anton Vaks: *Speleothems Reveal 500,000-Year History of Siberian Permafrost*. In: *Science*. Band 340, Nr. 6129, April 2013, S. 183–186, [doi:10.1126/science.1228729](#) ([online](#) [PDF; abgerufen am 1. Juli 2013] en).
52. ↑ Nature News BLOG: [2-degree global warming limit is a 'prescription for disaster', says Hansen](#)
53. ↑ J. Hansen, M. Sato, P. Hearty, R. Ruedy, M. Kelley, V. Masson-Delmotte, G. Russell, G. Tselioudis, J. Cao, E. Rignot, I. Velicogna, E. Kandiano, K. von Schuckmann, P. Kharecha, A. N. Legrande, M. Bauer, K.-W. Lo: *Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming is highly dangerous*. (PDF) In: *Atmospheric Chemistry and Physics (Discussions)*. 15, Nr. 14, 2015, S. 20059–20179. [doi:10.5194/acpd-15-20059-2015](#).
54. ↑ *"Die Haut und die Freiheit retten"*. In: *Klimareporter*, 3. September 2018. Abgerufen am 3. September 2018.

Kategorien:

- [Klimapolitik](#)
- [Klimawandel \(globale Erwärmung\)](#)

Navigationsmenü

- [Nicht angemeldet](#)
- [Diskussionsseite](#)
- [Beiträge](#)
- [Benutzerkonto erstellen](#)
- [Anmelden](#)
- [Lesen](#)
- [Bearbeiten](#)
- [Quelltext bearbeiten](#)
- [Versionsgeschichte](#)

Suche

- [Hauptseite](#)
- [Themenportale](#)

- [Artikel](#)
- [Diskussion](#)

- [Zufälliger Artikel](#)
Mitmachen
- [Artikel verbessern](#)
- [Neuen Artikel anlegen](#)
- [Autorenportal](#)
- [Hilfe](#)
- [Letzte Änderungen](#)
- [Kontakt](#)
- [Spenden](#)
Werkzeuge
- [Links auf diese Seite](#)
- [Änderungen an verlinkten Seiten](#)
- [Spezialseiten](#)
- [Permanenter Link](#)
- [Seiteninformationen](#)
- [Wikidata-Datenobjekt](#)
- [Artikel zitieren](#)
Drucken/exportieren
- [Buch erstellen](#)
- [Als PDF herunterladen](#)
- [Druckversion](#)
Sprachen
[Links hinzufügen](#)

- Diese Seite wurde zuletzt am 28. Januar 2019 um 10:14 Uhr bearbeitet.
- [Abrufstatistik](#) · [Autoren](#)

Der Text ist unter der Lizenz [„Creative Commons Attribution/Share Alike“](#) verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den [Nutzungsbedingungen](#) und der [Datenschutzrichtlinie](#) einverstanden.

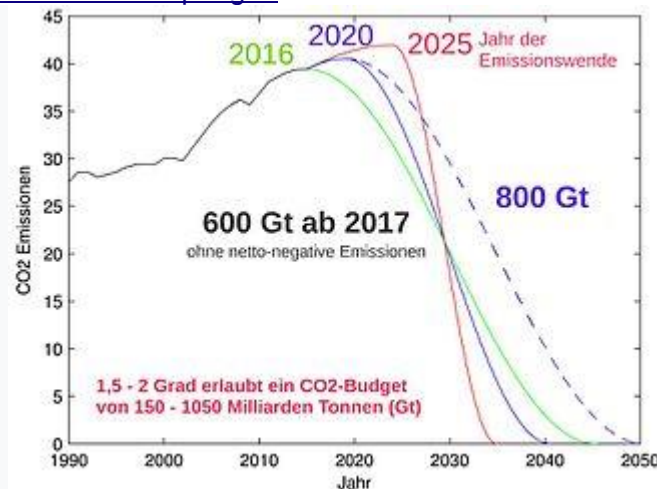
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.

- [Datenschutz](#)
- [Über Wikipedia](#)
- [Impressum](#)
- [Entwickler](#)
- [Stellungnahme zu Cookies](#)
- [Mobile Ansicht](#)

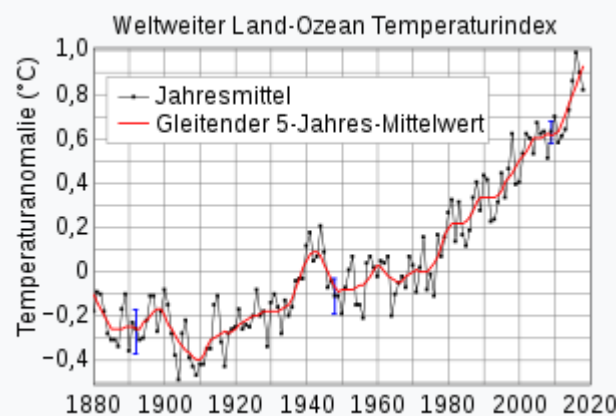


Zwei-Grad-Ziel

[Zur Navigation springen](#)[Zur Suche springen](#)



Nötige Emissionspfade um das im [Übereinkommen von Paris](#) vereinbarte Zwei-Grad-Ziel ohne [negative Emissionen](#) einzuhalten, abhängig vom Emissionspeak



Entwicklung der Temperaturen an Land und der See 1880–2017 relativ zum Mittelwert von 1951–1980

Das **Zwei-Grad-Ziel** beschreibt das Ziel der internationalen [Klimapolitik](#), die [globale Erwärmung](#) auf weniger als zwei [Grad Celsius](#) bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Niveau vor Beginn der [Industrialisierung](#) zu begrenzen. Das Ziel ist eine politische Festsetzung, die auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse über die wahrscheinlichen [Folgen der globalen Erwärmung](#) erfolgte. Vielfach wird vorgeschlagen, eher von einer „Zwei-Grad-Grenze“ zu sprechen, die nicht überschritten werden dürfe. Zugleich steht das Zwei-Grad-Ziel in der Kritik, nicht ausreichend zu sein, da auch bereits bei zwei Grad Erderwärmung schwere Folgen für Mensch und Umwelt auftreten werden, wie u. a. vom [IPCC-Sonderbericht zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 Grad](#) dokumentiert wurde.



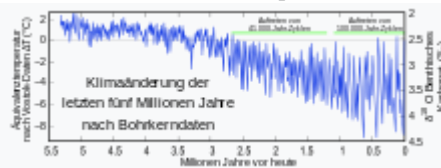
Inhaltsverzeichnis

- 1Hintergrund
 - 1.1Geschichte
 - 1.2Zeitfenster
 - 1.3Realistische Erreichbarkeit
 - 1.4Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr
- 2Politische Festsetzung
- 3Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels

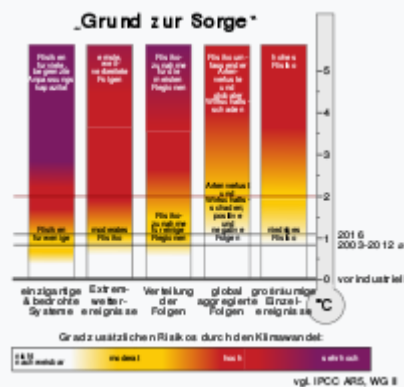
- 3.1 Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten
- 3.2 Höhe der notwendigen Reduktionen
- 3.3 Situation 2011
- 4 CO₂-Gesetz
- 5 Rezeption
- 6 Siehe auch
- 7 Literatur
- 8 Einzelnachweise

Hintergrund [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Geschichte [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Bohrkerndaten der letzten 5 Millionen Jahre zeigen, dass die globalen Durchschnittstemperaturen während dieser Zeit teils heftig schwankten; sie lagen während dieser Zeit aber nie um mehr als zwei Grad höher als zum Referenzzeitpunkt im Jahr 1950



Die *burning embers*-Grafik, hier in Anlehnung an den Bericht des IPCC von 2014, ist eine häufig im Zusammenhang mit dem Zwei-Grad-Ziel gezeigte Veranschaulichung der mit steigender Temperatur zunehmenden Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wurde erstmals von dem Ökonomen [William D. Nordhaus](#) in den Jahren 1975 und 1977 formuliert. Dieser argumentierte, dass bei der Begrenzung der globalen Erwärmung die Amplitude natürlicher Klima-Fluktuationen zugrundegelegt werden sollte. Eine Temperaturerhöhung um 2 oder 3 °C gegenüber dem aktuellen, schon vergleichsweise hohen Stand, würde das Klima in einen Bereich bringen, wie es seit mehreren hunderttausend Jahren nicht existiert hätte.^[1] Nordhaus führte die Zwei-Grad-Grenze allerdings nicht als wertebasiertes Ziel einer künftigen Klimapolitik ein, sondern er benutzte sie als gedankliche Grundlage für davon ausgehende Kosten-Nutzen-Analysen.^[2]

Eine im Juli 1988 von der [Weltorganisation für Meteorologie](#), vom [Internationalen Wissenschaftsrat](#) und vom [Umweltprogramm der Vereinten Nationen](#) einberufene Beratergruppe *Advisory Group on Greenhouse Gases* (AGGG) empfahl in ihrem 1990 veröffentlichten Bericht die globale Oberflächentemperatur als einen Indikator für Klimapolitik zu verwenden. Einen Temperaturanstieg von 1 °C sah sie als kaum noch vermeidbar an, jenseits der 2 °C (bei 400 – 560 ppm CO₂) befürchtete sie einen schnellen Anstieg schwerwiegender Risiken für Ökosysteme und nicht-linearer Reaktionen.^[3]

Die 1992 verabschiedete [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) enthielt das Ziel, einen „gefährlichen“ Klimawandel zu vermeiden, ohne jedoch hierfür eine konkrete Grenze zu

definieren. Die seit 1990 vorgelegten wissenschaftlichen Berichte des [Weltklimarates](#) (IPCC) gingen ab 2001 auf fünf „Gründe zur Sorge“ (*Reasons for concern*) ein, anhand derer sich Leser selbst ein Urteil bilden sollten, welche Änderungen als gefährlich einzuschätzen waren. Sie illustrierten diese Gründe zur Sorge mit einer Grafik *burning embers* (Deutsch etwa: *Brennende Glut*) im [Dritten Sachstandsbericht](#), die 2009 und 2014 in überarbeiteter Form erneut veröffentlicht wurde. Sie vermieden es jedoch eine Grenze des „Gefährlichen“ ausdrücklich zu definieren.^[4]

Der [Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) trug wesentlich dazu bei, dass die Zwei-Grad-Grenze in den politischen Prozess gelangte. Der WBGU befürwortete die Grenze 1995 in einem Gutachten, woraufhin sie dann von der Politik übernommen und zum Ziel der europäischen Klimaschutzpolitik gemacht wurde. Grundlage des WBGU war auch hier die Annahme, dass bei Überschreiten der Zwei-Grad-Grenze [Kipppunkte](#) (*tipping points*) erreicht würden, die weitere, nicht lineare, unumkehrbare und in ihren Konsequenzen kaum einschätzbare Folgen nach sich zögen.^[5]

Zunächst verschrieben sich die deutsche Bundesregierung und später die [Europäische Union](#), im Dezember 2010 erstmals auch die 194 Mitgliedstaaten der [Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen](#) (UNFCCC) diesem Ziel. [Indigene Völker](#) und besonders [Inselstaaten](#) halten das Zwei-Grad-Ziel für zu wenig ambitioniert und plädierten in internationalen Verhandlungen für eine Senkung der Grenze auf höchstens 1,5 Grad; im Jahr 2015 vereinbarten die Staaten der UNFCCC im [Übereinkommen von Paris](#) zur Einhaltung dieser Grenze „Anstrengungen“ zu unternehmen.

Im Oktober 2018 veröffentlichte das [Intergovernmental Panel on Climate Change](#) (IPCC) der Vereinten Nationen anlässlich seiner 48. Sitzung, die in [Incheon](#) (Südkorea) stattfand, einen [Sonderbericht zur Umsetzung des 1,5-Grad-Zieles](#). Die Wissenschaftler drängen darin auf schnelle Veränderungen, um die Erwärmung zu begrenzen. Zur Erreichung des 1,5-Grad-Zieles seien "schnelle, weitreichende und beispiellose Veränderungen in allen Bereichen der Gesellschaft" vonnöten. Hierzu zählen laut dem Bericht Veränderungen der Energiesysteme, im Bereich der Landwirtschaft und der Transportwege. Die derzeit von den einzelnen Staaten bis 2030 verfolgten Klimaschutzziele würden bis 2100 zu einer Erwärmung von 3 Grad führen, die danach weiter steigen würde.^[6]

Zeitfenster[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)]

Da die [globale Erwärmung](#) seit Beginn der [Industrialisierung](#) (ca. 1850) etwa 1,2 Grad Celsius beträgt (Stand: 2016)^[7] verbleiben rechnerisch noch 0,8 Grad, um das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten. Um dies zu erreichen, müssten die weltweiten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 um mindestens 50 % sinken, in den Industrieländern um 80–95 % (jeweils gegenüber 1990). Die Emissionsreduktion muss im Laufe der 2010er Jahre einsetzen, ansonsten besteht keine realistische Aussicht mehr, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten.^[8] In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts müssen die weltweiten Treibhausgasemissionen dann zwingend auf Null reduziert werden, da nur so die Gesamtmenge an Treibhausgasen in der Atmosphäre nicht weiter ansteigt und somit eine immer weiter steigende Temperatur vermieden werden kann.^[9]

Realistische Erreichbarkeit[\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)]

Technisch ist das 2-Grad-Ziel mit derzeit bekannten Technologien erreichbar. Je länger der Klimaschutz hinausgezögert wird, desto größer werden die Kosten des Klimaschutzes; zudem müssen auch mehr risikobehaftete Technologien eingesetzt werden als bei schnellen Klimaschutzmaßnahmen.^[10] In Anbetracht der unsicheren weiteren Entwicklung des weltweiten [Klimaschutzes](#), des steigenden Energiebedarfs und der nur schleppenden Umsetzung bisher eingegangener Reduktionsverpflichtungen äußern manche Beobachter ernsthafte Zweifel, ob das Ziel auch politisch erreichbar ist.^{[11][12]} So bezeichnete [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA), es als „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu bewältigen.^{[13][14]} Bei einer konsequenten Klimaschutzpolitik ist hingegen auch die Begrenzung auf 1,5 °C Erwärmung noch möglich, so wie 2015 im [Übereinkommen von Paris](#) durch die internationale Gemeinschaft vereinbart. Dafür muss die Welt jedoch zwischen 2045 und 2060 die Nettotreibhausgasemissionen auf Null zurückfahren, weshalb sich das Fenster zum Erreichen dieses Zieles schnell schließt. Zudem muss in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Teil des vorher zu viel ausgestoßenen

Kohlenstoffdioxids wieder künstlich aus der Erdatmosphäre entfernt werden.^[15] Wissenschaftlich ist umstritten, ob diese Menge an negativen Emissionen erreicht werden kann, daher sollte eine Klimapolitik nicht auf der Annahme basieren, dass diese Technik langfristig in Großmaßstab zur Verfügung steht.^[16]

Folgen einer globalen Erwärmung um zwei Grad oder mehr [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Grafik zeigt, dass es keine scharfe Grenze zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“ [Klimawandel](#) gibt. [Hans Joachim Schellnhuber](#), Direktor des [Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung](#), sagte in einem Interview im August 2010: „Und natürlich kommt es nicht bei 2,01 Grad zum Weltuntergang, schon gar nicht schlagartig.“^[17] Stattdessen ist es eher als Wegmarke zu sehen, jenseits derer die Ungewissheiten und damit auch die mit dem Klimawandel einhergehenden Risiken deutlich zunehmen und die vom Klimawandel ausgehenden Folgen für einige oder sogar viele Gesellschaften unkontrollierbar zu werden drohen. Wenn es gelänge, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wären zahlreiche [Folgen der globalen Erwärmung](#) bestenfalls gemildert, nicht aber abgewendet. Die [Gletscherschmelze](#) wäre ebenso wenig gestoppt wie der Anstieg des [Meeresspiegels](#). Dieser würde selbst nach einem vollkommenen [Emissionsstopp](#) noch für Hunderte von Jahren weiterlaufen.

Bei einer globalen Erwärmung um 2 °C werden über der [Arktis](#) erheblich höhere Durchschnittstemperaturen erwartet, mit entsprechenden [Folgen für die Region](#). Einige Klimaforscher weisen vor diesem Hintergrund darauf hin, dass 2 °C eher die Grenze zwischen „gefährlichem“ und „sehr gefährlichem“ Klimawandel darstelle als zwischen „tolerablem“ und „gefährlichem“.^[12] Die Einschränkung der Erwärmung auf 1,5 °C statt auf 2 °C würde die Wahrscheinlichkeit einer sommerlichen Eisfreiheit um 2100 von 100 % auf 30 % reduzieren.^[18]

Eine 2018 in [Nature](#) erschienene Studie kam zu dem Ergebnis, dass bei einer Erderwärmung um 2 Grad die ökonomischen Schäden um wahrscheinlich mehr als 20 Billionen US-Dollar höher ausfallen würden als bei einer Erderwärmung um 1,5 Grad. Demnach werden die Mehrkosten zum Erreichen des 1,5-Grad-Ziels auf ca. 300 Mrd. Dollar beziffert, sodass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei der Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 statt 2 Grad etwa 70 beträgt. Deutlich größere ökonomische Schäden ergeben sich demnach ohne stringente Klimaschutzmaßnahmen. So könnte eine Erderwärmung bis 2100 um 2,5–3 Grad zu zusätzlichen wirtschaftlichen Schäden führen, die 15 %–25 % des Pro-Kopf-[Bruttoweltproduktes](#) betragen, bei 4 Grad mehr als 30 %.^[19]

Politische Festsetzung [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Das Zwei-Grad-Ziel ist die politische Definition des in Artikel 2 der [UN-Klimarahmenkonvention](#) (UNFCCC) festgelegten Grundsatzes, nach dem eine „gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“ verhindert werden soll. Die 1992 beschlossene Klimarahmenkonvention enthält keine genaueren Angaben darüber, ab wann der Klimawandel als „gefährlich“ einzustufen ist. Mit dem Zwei-Grad-Ziel, das auf der [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 erstmals offiziell anerkannt worden ist, hat die Staatengemeinschaft dies nachgeholt. Erwähnt wurde das Ziel zwar auch schon im [Copenhagen Accord](#), dem Abschlussdokument der [UN-Klimakonferenz in Kopenhagen](#) 2009, doch damals haben es die Diplomaten lediglich „zur Kenntnis“ genommen.

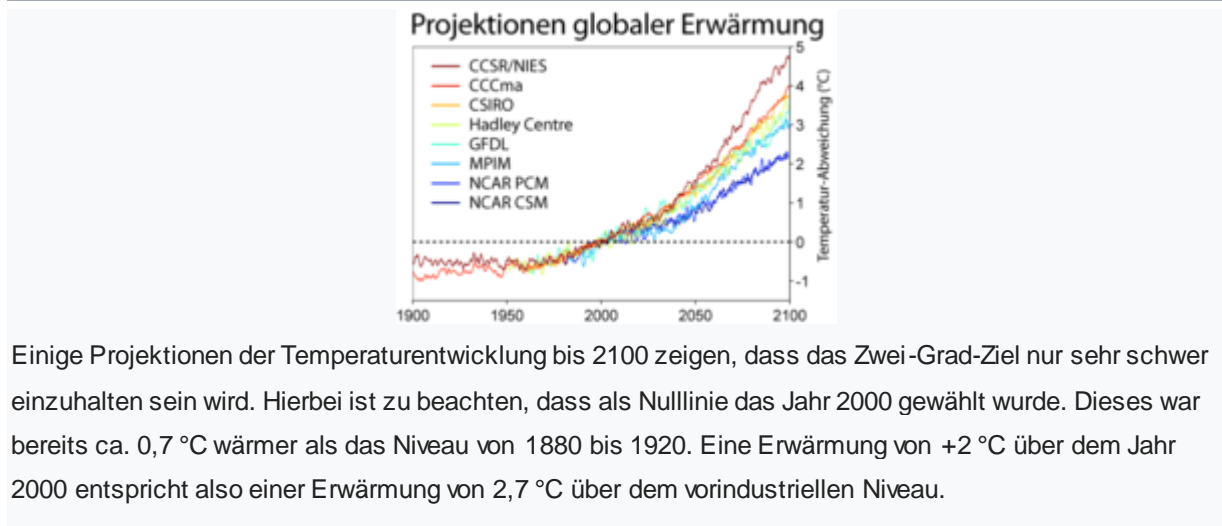
Auch außerhalb der UN-Klimadiplomatie und vor der Cancún-Konferenz wurde das Zwei-Grad-Ziel bereits erwähnt. So erkannten es die Staats- und Regierungschefs beim [G8-Gipfel](#) im Juli 2009 im italienischen L'Aquila einheitlich an.

Einzelne Staaten und Regionen hatten sich dem Zwei-Grad-Ziel bereits länger verschrieben. In Deutschland empfiehlt der [Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#) (WBGU) schon seit 1994, die mittlere Erwärmung auf höchstens 2 °C zu begrenzen. Die Mitgliedstaaten der [Europäischen Union](#) beschlossen 1996 und abermals 2005, das Zwei-Grad-Ziel zu einer Leitlinie ihrer Klimapolitik zu machen.^[2] Allerdings ist umstritten, ob die selbstgesteckten Ziele der EU für eine Kompatibilität mit dem Pariser Abkommen ausreichend sind.^[20]

Viele Entwicklungsländer halten das Zwei-Grad-Ziel für zu schwach, weil der damit verbundene Klimawandel ihre Existenz gefährde. In internationalen Klimaverhandlungen plädieren vor allem

die 44 in der [Alliance of Small Island States](#) zusammengeschlossenen [Inselstaaten](#) für eine Verschärfung des Ziels auf mindestens 1,5 °C.^[21] Einige Klimaforscher, darunter [James E. Hansen](#) vom [Goddard Institute for Space Studies](#) der [NASA](#), plädieren ebenfalls für striktere Ziele und nennen eine Kohlendioxid-Konzentration von höchstens 350 ppm tolerabel.^[22] Aktuell beträgt der Wert bereits 400 ppm.^[23]

Erreichbarkeit des Zwei-Grad-Ziels [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Das Zwei-Grad-Ziel kann nur eingehalten werden, wenn der Ausstoß von Treibhausgasen langfristig deutlich zurückgeht. Wie schnell und umfassend die Reduktion sein muss, ist abhängig von mehreren Variablen und kann nicht letztgültig entschieden werden.

Klimatologische Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Ein entscheidender Faktor bei der Frage danach, mit welchen Maßnahmen das Zwei-Grad-Ziel eingehalten werden kann, ist die gewählte Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. die Risikobereitschaft, das Ziel gegebenenfalls zu überschreiten. Abhängig davon, ob man das Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 %, 50 % oder 90 % erreichen will, ergeben sich gravierend unterschiedliche Anforderungen an den Klimaschutz.

Hinzu kommen bestehende Unsicherheiten in der [Klimaforschung](#), allen voran die Frage nach der [Klimasensitivität](#). Diese beschreibt die mit einer bestimmten Treibhausgas-Konzentration letztlich einhergehende Erwärmung. Gegenwärtig geht die Klimaforschung davon aus, dass eine Verdoppelung der Konzentration des in diesem Zusammenhang wichtigsten Treibhausgases, [Kohlenstoffdioxid](#), bezogen auf das vorindustrielle Niveau von 280 ppm, eine Erwärmung um 2 bis 4,5 °C bewirken würde.

Gemeinsam führt dies zu stark unterschiedlichen Zielwerten für die zulässige Konzentration von [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#), die von 330 ppm bis zu 700 ppm reichen.^[24] Unter anderem aufgrund dieser Bandbreite ist das Zwei-Grad-Ziel als normativ vielleicht gerechtfertigte, technisch aber wenig brauchbare Vorgabe kritisiert worden.^[11]

Höhe der notwendigen Reduktionen [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Wenn das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden soll, könnte es zum Platzen der [Kohlenstoffblase](#) an den internationalen Finanzmärkten kommen

Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % einzuhalten, hätte das [Kohlendioxidäquivalent](#) der Konzentration der wichtigsten Treibhausgase nicht über 450 ppm steigen dürfen. Um es mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 % einzuhalten, hätte diese Konzentration nicht über 400 ppm steigen dürfen. Sie lag im Jahr 2015 bei 485ppm. ^[25] Nach Angaben des [Umweltprogramms der Vereinten Nationen](#) (UNEP) würde die Wahrscheinlichkeit bei über 50 % liegen, das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, wenn: ^[26]

- die globalen Emissionen beginnen, zwischen 2015 und 2021 zu sinken.
- die globalen Emissionen im Jahr 2020 zwischen 40 und 48,3 Mrd. Tonnen liegen.
- bis 2050 die globalen Emissionen um 48 % bis 72 % im Vergleich zum Jahr 2000 sinken bzw. um mindestens 90 % im Vergleich zu 2005 reduziert werden. ^[27]

Da Kohlenstoff, der aus der Nutzung fossiler Brennstoffe stammt, aus den Reservoirs Luft, Wasser, Boden und Pflanzenwelt nur durch die sehr langsam wirkende Verwitterung von Gestein auf natürliche Weise wieder aus den genannten Kompartimenten verschwindet, hängt der menschengemachte Klimawandel letztlich von der Gesamtmenge an zusätzlich erzeugtem Kohlenstoffdioxid ab. Aktuell werden jährlich etwa 36 Milliarden Tonnen CO₂ emittiert. Die Verbrennung aller bekannten Reserven an fossilen Rohstoffen (heute technisch und ökonomisch förderbar) würde CO₂-Emissionen in Höhe von ca. 2.800 Milliarden Tonnen verursachen. Um das Zwei-Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % einzuhalten, dürften die Emissionen im Zeitraum von 2000 bis 2050 nicht über 1.000 Mrd. Tonnen steigen. Da allein von 2000 bis 2006 bereits 234 Mrd. Tonnen emittiert wurden, liegt das verbleibende [Emissionsbudget](#) bereits unter 766 Mrd. Tonnen. Bei gleichbleibend hohen Emissionen wäre das vorhandene Budget im Jahr 2027 ausgeschöpft. Soll das Risiko einer über 2 °C hinausgehenden Erwärmung bei nur 20 % liegen, träte dieser Fall bereits drei Jahre früher ein; ist man bereit, das Risiko auf 50 % anzuheben, würde das Budget bis zum Jahr 2039 reichen. ^[28]

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen hat errechnet, dass eine unverzügliche Trendwende bei den Treibhausgas-Emissionen herbeigeführt werden muss, soll die Erderwärmung tatsächlich auf 2 °C begrenzt bleiben.

„Schon eine leicht verzögerte Trendwende im Jahr 2015 würde jährliche globale Emissionsminderungen von bis zu 5 % (bezogen auf 2008) erfordern [...]. Die Welt müsste dann pro Jahr Reduktionsleistungen in einer Größenordnung erbringen, für die im Kyoto-Protokoll für die Industriestaaten über zwei Jahrzehnte vorgesehen sind. Eine Verzögerung der Trendumkehr bis 2020 könnte kaum mehr realisierbare globale Minderungsraten von bis zu 9 % pro Jahr erfordern. Es ist daher notwendig, die beobachtete weltweite

Steigerung der CO₂-Emissionen möglichst umgehend zu stoppen und zu global sinkenden Emissionen überzugehen.“

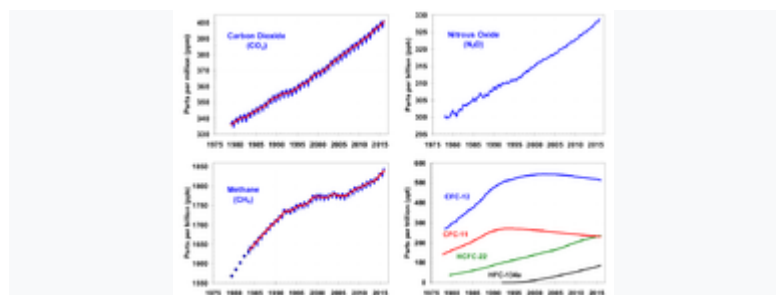
In einer Modellrechnung erläutert IPCC-Autor [Thomas Stocker](#) von der [Universität Bern](#) die Situation. Hierbei nimmt er an, dass die globalen Treibhausgasemissionen bis zu einem bestimmten Datum weiter ansteigen, um dann um einen konstanten Prozentsatz von etwa 3 % pro Jahr zu sinken. Es zeigt sich Folgendes: Wird der Zeitpunkt, an dem die Emissionen zu sinken beginnen, um ein Jahrzehnt verzögert, so führt diese Verzögerung schlussendlich zu einer Erwärmung, die beim Drei- bis Achtfachen der in diesem Zeitraum beobachteten globalen Erwärmung liegt. Während sich die Erde gegenwärtig also um ca. 0,1 °C pro Jahrzehnt erwärmt, führt eine Verzögerung des Beginns tiefgreifender Klimaschutzmaßnahmen im selben Zeitraum aber zu einer Erhöhung der letztendlich erreichten Erwärmung um etwa 0,5 °C. ^[29]

In einer weiteren Studie von [Valentin Crastan](#) wird zur Einhaltung der Zwei-Grad-Grenze eine Stabilisierung und leichte Verminderung der CO₂-Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen bis 2030 auf 28 bis 32 Gt/a gefordert und deren Reduktion bis 2050 auf 16 Gt. Die dazu notwendige und angemessene Verteilung auf die Weltregionen und alle G-20-Länder wird aufgrund ihrer wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit versuchsweise festgelegt, bei Berücksichtigung der BIP-Voraussagen von Weltbank und IMF. ^[30] Die Studie wurde 2016 aktualisiert. ^[31]

Das Erreichen des Zwei-Grad-Ziels gilt zunehmend als schwierig oder nur mit sehr großen Kraftanstrengungen zu erreichen. Die meisten Modelle gehen heute davon aus, dass nach 2050 [Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung](#) (BECCS) zum Einsatz kommen muss, mit der durch die Verbrennung von [Biomasse](#) aktiv Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre gefiltert, mit [CCS-Technik](#) abgeschieden und anschließend im Boden verpresst wird. Ob solche Maßnahmen politisch wie technisch umsetzbar sind, ist umstritten. ^[32]

Situation 2011 [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

Die Staats- und Regierungschefs der Europäischen Union haben sich 2007 auf das Ziel verständigt, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2020 um mindestens 20 % im Vergleich zu 1990 zu verringern. ^[33] Das Ziel ist in Anbetracht der bereits erreichten Treibhausgaseinsparungen um 17 % von 1990 bis 2009 wenig ambitioniert, so dass die EU-Mitglieder bereits länger darüber diskutieren, ob die Zielmarke nicht auf 30 % angehoben werden sollte. ^[34]



Die atmosphärische Konzentration mehrerer Treibhausgase steigt weiterhin deutlich an. Die damit offensichtlich werdenden unzureichenden Klimaschutzbemühungen machen es schwer bis unmöglich, das Zwei-Grad-Ziel noch einzuhalten

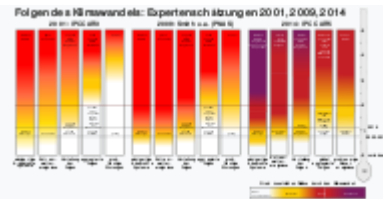
Auch die im Rahmen des [Copenhagen Accord](#) von 2009 eingereichten freiwilligen Reduktionsverpflichtungen der Staaten genügen bei weitem nicht. Die bis Anfang 2011 eingegangenen nationalen Klimaschutzziele würden selbst bei einer vollständigen Umsetzung zu einer Erwärmung um 3,2 °C führen (Bandbreite der Schätzungen 2,6 °C bis 4,0 °C).^[35] Daran änderte auch die [UN-Klimakonferenz in Cancún](#) im Dezember 2010 wenig. Die weltweiten CO₂-Emissionen im Jahr 2020 werden auf über 56 Mrd. Tonnen geschätzt. Um das Zwei-Grad-Ziel einhalten zu können, dürften stattdessen aber höchstens 40–44 Mrd. Tonnen ausgestoßen werden. Die Einsparungen bis 2020 müssten demnach bei 12–16 Mrd. Tonnen liegen. Selbst die ambitionierteren Einsparziele unter dem Copenhagen Accord kommen zusammen nur auf 8 bis 12 Mrd. Tonnen weniger CO₂.^[35] Anderen Quellen zufolge wird der bereits emittierte Kohlenstoff zu einer Erwärmung von 2,4 Grad führen.^[36]

Anstatt zu sinken, zeigt die Entwicklung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen nach wie vor einen deutlichen Anstieg.^[37] 2011 war sogar das Jahr mit den weltweit größten je gemessenen Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Aufgrund der aktuell stattfindenden Investitionen in Kohlenstoffdioxid emittierende Energieträger seien 80 % der Emissionsrate von 2010 bis zum Jahr 2020 nahezu sicher.^[38] Entsprechend pessimistisch äußerte sich im Januar 2011 [Fatih Birol](#), Chefökonom der [Internationalen Energieagentur](#) (IEA). Ihm zufolge sei es inzwischen „praktisch ausgeschlossen“, die mit dem Zwei-Grad-Ziel verbundenen Emissionsreduktionen zu erreichen. Um die Treibhausgas-Konzentration auf 450 ppm zu begrenzen, sei eine Vervierfachung der gegenwärtigen Anstrengungen nötig. In Anbetracht der bisherigen unzureichenden Klimaschutzbemühungen sowie dem gerade angelaufenen Boom bei [unkonventionellem Erdgas](#) sei es an der Zeit, der Vorstellung von vor 2020 sinkenden globalen Treibhausgas-Emissionen – und damit dem Zwei-Grad-Ziel – den „Abschiedskuss“ zu geben.^[13]

Einen entgegengerichteten Trend zeigen allein die [Halogenkohlenwasserstoffe](#). Das [Montreal-Protokoll](#) von 1987 ist mit seinen Änderungsabkommen das „bis heute vielleicht erfolgreichste internationale Abkommen“, wie [Kofi Annan](#) im Zusammenhang mit der Verleihung des [Friedensnobelpreises](#) 2001 sagte.^[39] Dieses gegen das [Ozonloch](#) gerichtete Abkommen gilt im Zusammenhang mit globalen [Wachstumsgrenzen](#) als allgemeines Vorbild.^[40] Die Bekämpfung des Klimawandels ist hingegen weitaus schwieriger.^[41] Das Montreal-Protokoll hat, weil FCKW auch sehr mächtige Treibhausgase sind, gewissermaßen nebenbei die globale Erwärmung bis heute wesentlich stärker gemildert als die Maßnahmen im Rahmen des Kyoto-Protokolls.^[42]

Eine Gruppe von Wissenschaftlern um den schwedischen Resilienzforscher [Johan Rockström](#) hat eine einfache Faustformel entwickelt, wie das 2-Grad-Ziel erreicht werden kann. Demnach muss der weltweite CO₂-Ausstoß alle 10 Jahre halbiert werden. Die jährliche Reduktion würde dadurch bei ca. 7 % liegen. Gleichzeitig sollte der Anteil der Erneuerbaren Energien am Gesamtenergie-Bedarf alle 5 bis 7 Jahre gesteigert werden. Zusätzlich müsse der Atmosphäre CO₂ entzogen werden.^[43]

Rezeption [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)



Unsicherheit über die Folgen: Experten haben die im IPCC-Bericht 2001 geschätzten Risiken revidiert – bei gleichem Temperaturanstieg sahen sie 2009 und 2014 jeweils zumeist größere Risiken.

Das Zwei-Grad-Ziel wird von vielen Forschern sowie u. a. dem IPCC^[44] für nicht ausreichend angesehen, um schwerwiegende [Folgen der globalen Erwärmung](#) auf Mensch und Umwelt zu verhindern. So bedeutet eine Erwärmung um zwei Grad für [indigene Völker](#) eine Zerstörung ihrer Kultur und Lebensweise, sei es in arktischen Regionen, in kleinen Inselstaaten oder in Wald- oder Trockengebieten,^[45] sowie den fast vollständigen Verlust aller [Korallenriffe](#) weltweit.^[46] Die Grenze für ein Abschmelzen der grönländischen Eismassen liegt nach einer im Jahr 2012 erschienenen Studie zwischen 0,8 und 3,2 Grad. Einige Klimaforscher halten das Zwei-Grad-Ziel daher für zu hoch angesetzt und plädieren für ein [1,5-Grad-Ziel](#).^[47] [Stefan Rahmstorf](#) bezeichnet den Begriff des Zwei-Grad-„Zieles“ als irreführend, da wohl niemand, der „bei Sinnen“ sei, eine Erwärmung um zwei Grad herbeiführen wolle. Es gehe vielmehr darum, diese unter allen Umständen zu verhindern.^[48]

So plädierte die [Deutsche Physikalische Gesellschaft](#) schon im Dezember 1985^[49] und erneut im Jahr 1987, gemeinsam mit der [Deutschen Meteorologischen Gesellschaft](#), für die Einhaltung eines Ein-Grad-Ziels.^[50]

In einer im Jahr 2013 erschienenen Studie wurde das [Speläothem](#)-Wachstum in [sibirischen](#) Höhlen während der letzten 500.000 Jahre untersucht. Demnach reicht eine globale Erwärmung von 1,5 Grad im Vergleich zu den vorindustriellen globalen Durchschnittstemperaturen aus, um ein starkes Auftauen sibirischen [Permafrostbodens](#) bis hin zum 60. Breitengrad auszulösen. Da im Permafrost der Nordhemisphäre eine Kohlenstoffmenge gespeichert ist, die zweimal dem vorindustriellen Gehalt der Atmosphäre entspricht, bedeutet dies, dass bereits bei einer Erwärmung um 1,5 Grad ein großes Risiko für eine starke Freisetzung von Methan und Kohlenstoffdioxid aus dieser Quelle besteht, was zu einer weiteren Erwärmung führen würde.^[51]

Der Klimatologe [James E. Hansen](#) nannte im Dezember 2011 das Zwei-Grad-Ziel ein „Rezept für eine Katastrophe“ (original englisch: „a prescription for disaster“).^[52] Zusammen mit 15 anderen Autoren veröffentlichte er im Jahr 2015 eine wissenschaftliche Arbeit, in der er unter anderem auf die Gefahren eines sich exponentiell beschleunigenden Meeresspiegelanstieges und extremer Stürme hinweist, die sich bei einer Erwärmung um zwei Grad ergäben.^[53] [Hans-Joachim Schellnhuber](#) nannte das Zwei-Grad-Grenze einen "Kompromiss zwischen dem wissenschaftlich Gebotenen und dem ökonomisch Günstigen". Allerdings müsse auch schon in Hinblick auf zwei Grad klar sein, dass generell jedes Zehntel Grad mehr Erderwärmung das Risiko erhöht, [Kippelemente im Erdsystem](#) auszulösen, die zu einer "Heißzeit" führen könnten.^[54]

Siehe auch [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

- [Anthropozän](#)
- [Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre](#); speziell [Keeling-Kurve](#)
- [Peak-Oil](#)
- [Suffizienz \(Ökologie\)](#)

Literatur [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

- [Ottmar Edenhofer](#) u. a.: *The Economics of Low Stabilization: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs*. In: *Energy Journal*. 31, 2010, S. 11–48.
- Michel den Elzen, Niklas Höhne: *Sharing the reduction effort to limit global warming to 2°C*. In: [Climate Policy](#). 10, 2010, S. 247–260.
- [Oliver Geden](#), Silke Beck: *Renegotiating the global climate stabilization target*. In: [Nature Climate Change](#). 4, 2014, S. 747–748.
- [Oliver Geden](#): *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, Stiftung Wissenschaft und Politik, Berlin ([PDF](#); 454 kB)
- Bill Hare, Malte Meinshausen: *How much warming are we committed to and how much can be avoided?* In: [Climatic Change](#). 75 (1), 2006, S. 111–149.
- Carlo C. Jaeger, Julia Jaeger: *Warum zwei Grad?* In: [Aus Politik und Zeitgeschichte](#). 32–33, 2010, S. 7–15 ([PDF](#); 792 kB)
- Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: WIREs Climate Change, Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
- UNEP: *The Emissions Gap Report 2014*. ([PDF](#))
- WBGU: *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 ([PDF](#))
- WBGU: *Klimawandel: Warum 2°C?* Factsheet Nr. 2/2009 ([PDF](#))

Einzelnachweise [\[Bearbeiten\]](#) | [Quelltext bearbeiten](#)

1. ↑ Jaeger & Jaeger (2010): *Three views of two degrees* ([PDF](#)), S. 516, "A first intuition".
2. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Samuel Randalls: *History of the 2 ° C climate target*. In: *WIREs Climate Change*. Vol. 1 Issue 4, 2010 [doi:10.1002/wcc.62](#)
3. ↑ F.R. Rijsberman und R.J. Swart (Hrsg.): *Targets and Indicators of Climatic Change*. ISBN 91-88116-21-2, S. viii–ix ([sei-international.org](#) [PDF; 10,7 MB]).
4. ↑ Smith u. a.: *Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern"*. In: [Proceedings of the National Academy of Sciences](#). 106(11), (2009), S. 4133–4137, [doi:10.1073/pnas.0812355106](#)
5. ↑ Jaeger & Jaeger: *Three views of two degrees* ([PDF](#)) 2010.
6. ↑ IPCC (2018) *Global Warming of 1.5 °C*, [Summary for Policymakers](#), Seite 25
7. ↑ [Provisional WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2016](#). In: [Weltorganisation für Meteorologie](#), 14. November 2016. Abgerufen am 14. November 2016.
8. ↑ [Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen](#): *Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz*. Sondergutachten, Berlin 2009 ([PDF](#), 2 MB)
9. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C*. In: [Nature](#). Band 534, 2016, S. 631–639, [doi:10.1038/nature18307](#).
10. ↑ [Ottmar Edenhofer](#), Susanne Kadner, Jan Minx: *Ist das Zwei-Grad-Ziel wünschenswert und ist es noch erreichbar? Der Beitrag der Wissenschaft zu einer politischen Debatte*. In: [Jochem Marotzke](#), [Martin Stratmann](#) (Hrsg.): *Die Zukunft des Klimas. Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft*. Beck, München 2015, ISBN 978-3-406-66968-2, S. 69–92, hier S. 91.
11. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Oliver Geden: *Die Modifikation des Zwei-Grad-Ziels. Klimapolitische Zielmarken im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Beratung, politischen Präferenzen und ansteigenden Emissionen*. SWP-Studie 12/2012, [Stiftung Wissenschaft und Politik](#), Berlin ([PDF](#))
12. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) [Kevin Anderson](#), Alice Bows: *Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 2011, S. 20–44, [doi:10.1098/rsta.2010.0290](#) ([PDF](#))
13. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Peter C. Glover: *"Kiss goodbye" to Cancun CO2 goals, says IEA chief economist*. In: *Energy Tribune*. 24. Januar 2011.
14. ↑ Etwas weniger drastisch als Glover formulierte Birol es kurz darauf in anderen Zusammenhängen, siehe Joel Kirkland: [Scenario to Cap World Emissions by 2020 Is Fading Fast, Warns IEA Economist](#), in: *New York Times*, 24. Januar 2011.

15. ↑ Joeri Rogelj et al.: *Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C*. In: [Nature Climate Change](#). Band 5, 2015, S. 519–527, [doi:10.1038/NCLIMATE2572](#).
16. ↑ [Kevin Anderson](#), Glen Peters: *The trouble with negative emissions*. In: [Science](#). Band 354, Nr. 6309, 2016, S. 182 f., [doi:10.1126/science.aah4567](#).
17. ↑ [Tritt in den Hintern](#). Interview mit Hans Joachim Schellnhuber, In: *Der Spiegel*. 16. August 2010.
18. ↑ Alexandra Jahn: *Reduced probability of ice-free summers for 1.5 C compared to 2 C warming*. In: [Nature Climate Change](#). Band 8, 2018, S. 409–413, [doi:10.1038/s41558-018-0127-8](#).
19. ↑ Marshall Burke et al.: *Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets*. In: [Nature](#). Band 557, 2018, S. 549–553, [doi:10.1038/s41586-018-0071-9](#).
20. ↑ Bernhard Pötter: [Studie zu EU-Klimazielen: „Ehrgeizig ist nicht genug“](#). „Die EU-Energieminister entscheiden am Montag über Ziele für den CO₂-Ausstoß. Eine Studie zeigt: Selbst der radikalste Vorschlag reicht nicht aus.“ [www.taz.de](#), 17. Dezember 2017, abgerufen am 18. Dezember 2017.
21. ↑ [Website der Alliance of Small Island States](#)
22. ↑ James Hansen u. a.: *Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?* 2008 ([PDF: 563 kB](#))
23. ↑ Justin Gillis: [Heat-Trapping Gas Passes Milestone, Raising Fears](#). In: *The New York Times*. 10. Mai 2013, abgerufen am 12. Mai 2013 (englisch).
24. ↑ Maxwell T. Boykoff, David Frame, Samuel Randalls: *Discursive stability meets climate instability: A critical exploration of the concept of ‘climate stabilization’ in contemporary climate policy*. In: *Global Environmental Change*. 20, 2010, S. 53–64 ([PDF: 717 kB](#))
25. ↑ [NOAA's Annual Greenhouse Gas Index des Jahres 2015](#)
26. ↑ UNEP: *How Close Are We to the Two Degree Limit?* Information Note, 2010 ([PDF: 184 kB](#))
27. ↑ A. J. Weaver, [Kerstin Zickfeld](#), A. Montenegro, M. Eby: *Long term climate implications of 2050 emission reduction targets*. In: *Geophysical Research Letters*. 2007. ([online](#))
28. ↑ Meinshausen u. a.: *Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C*. In: *Nature*. Vol. 458 (2009), S. 1158–1163 [online \(PDF: 2,9 MB\)](#)
29. ↑ Antropocene: The closing doors of climate targets [Ausschnitt aus einem Vortrag von Thomas Stocker am Imperial College London](#)
30. ↑ Valentin Crastan: *Global Energy Demand and 2-degree Target*, Springer (2014) Heidelberg, London, New York, [ISBN 978-3-319-12309-7](#).
31. ↑ Valentin Crastan: *Weltweiter Energiebedarf und 2-Grad-Ziel*, Springer (2016) Berlin, Heidelberg, [ISBN 978-3-662-53420-5](#).
32. ↑ Oliver Geden, *Climate advisers must maintain integrity*. In: [Nature](#) 521, (2015), S. 27f, [doi:10.1038/521027a](#).

33. ↑ [Schlussfolgerungen des Europäischen Rates 8./9. März](#) (PDF; 226 kB), S. 13, Abs. 32
34. ↑ Siehe z. B. Euractiv: [Brüssel will 30 % CO₂ Reduzierung befürworten](#) vom 12. Mai 2010.
35. ↑ [Hochspringen nach: a b](#) Claudine Chen u. a.: *Cancun Climate Talks - Keeping options open to close the gap*. Climate Action Tracker briefing paper, 11. Januar 2011 (PDF; 388 kB)([Memento](#) des [Originals](#) vom 21. Januar 2017 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis. Abgerufen am 21. Januar 2017.
36. ↑ [Veerabhadran Ramanathan](#), Y. Feng: *On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Band 105, Nr. 38, 23. September 2008, [ISSN 0027-8424](#), S. 14245–14250, [doi:10.1073/pnas.0803838105](#).
37. ↑ [Der große Selbstbetrug](#). In: *Die Zeit*. 4. Oktober 2012.
38. ↑ IEA Press Release [Prospect of limiting the global increase in temperature to 2°C is getting bleaker](#) ([Memento](#) des [Originals](#) vom 3. Februar 2012 im [Internet Archive](#))  Info: Der Archivlink wurde automatisch eingesetzt und noch nicht geprüft. Bitte prüfe Original- und Archivlink gemäß [Anleitung](#) und entferne dann diesen Hinweis.
39. ↑ Al Gore: *Eine unbequeme Wahrheit*. Riemann München 2006, [ISBN 3-570-50078-0](#).
40. ↑ Donella Meadows u. a.: *Grenzen des Wachstums - Das 30-Jahre-Update. Signal zum Kurswechsel*. Hirzel Verlag, Stuttgart 2006, [ISBN 3-7776-1384-3](#), S. 187–209: Kap. 5 Zurück hinter die Grenze: Die Geschichte des Ozonlochs
41. ↑ [taz v. 13. September 2007](#) Nobelpreisträger Crutzen über das Ozonloch in Gegenüberstellung mit dem Klimawandel.
42. ↑ G. J. M. Velders u. a.: *The importance of the Montreal Protocol in Protecting climate*. In: *Proceedings Natl. Acad. Sci.* 2007, 104 (H. 12), S. 4814–4819 (PDF; 600 kB)
43. ↑ [Johan Rockström](#) u. a.: *A roadmap for rapid decarbonization*. In: *Science*. Band 355, Nr. 6331, 2017, S. 1269–1271, [doi:10.1126/science.aah3443](#).
44. ↑ Myles Allen et al.: *Summary for Policymakers*, in: [Global Warming of 1.5 °C](#). Sonderbericht des IPCC. 2018.
45. ↑ UNFCCC COP13 Statement by Indigenous Peoples: *Two degrees is too high. Our many strong voices must be heard* (PDF; 114 kB)
46. ↑ K. Frieler, M. Meinshausen, A. Golly, M. Mengel, K. Lebek, S. D. Donner, O. Hoegh-Guldberg: *Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs*. In: *Nature Climate Change*. 3, Nr. 2, 16. September 2012, S. 165. [doi:10.1038/nclimate1674](#).
47. ↑ Deutschlandfunk: Zwei Grad mehr haben massive Folgen [Stefan Rahmstorf im Gespräch mit Georg Ehring](#)
48. ↑ [Limiting global warming to 2 °C – why Victor and Kennel are wrong](#) Blogbeitrag von Prof. Stefan Rahmstorf auf [RealClimate.org](#)

49. ↑ [Pressemeldung der DPG aus Dezember 1985](#). (Nicht mehr online verfügbar.) Archiviert vom [Original](#) am 1. Februar 2015; abgerufen am 19. Februar 2015.
50. ↑ *Gemeinsamer Aufruf der DPG und der DMG Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen*. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Arbeitskreis Energie (Hrsg.): *Physikalische Blätter*. Band 43, Nr. 8, August 1987, [doi:10.1002/phbl.19870430811](#) ([PDF](#) [abgerufen am 19. Februar 2015]).
51. ↑ O. S. Gutareva, S. F. M. Breitenbach, E. Avirmed, A. J. Mason, A. L. Thomas, A. V. Osinzev, A. M. Kononov, G. M. Henderson, Anton Vaks: *Speleothems Reveal 500,000-Year History of Siberian Permafrost*. In: *Science*. Band 340, Nr. 6129, April 2013, S. 183–186, [doi:10.1126/science.1228729](#) ([online](#) [PDF; abgerufen am 1. Juli 2013] en).
52. ↑ Nature News BLOG: [2-degree global warming limit is a 'prescription for disaster', says Hansen](#)
53. ↑ J. Hansen, M. Sato, P. Hearty, R. Ruedy, M. Kelley, V. Masson-Delmotte, G. Russell, G. Tselioudis, J. Cao, E. Rignot, I. Velicogna, E. Kandiano, K. von Schuckmann, P. Kharecha, A. N. Legrande, M. Bauer, K.-W. Lo: *Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming is highly dangerous*. (PDF) In: *Atmospheric Chemistry and Physics (Discussions)*. 15, Nr. 14, 2015, S. 20059–20179. [doi:10.5194/acpd-15-20059-2015](#).
54. ↑ *"Die Haut und die Freiheit retten"*. In: *Klimareporter*, 3. September 2018. Abgerufen am 3. September 2018.

Kategorien:

- [Klimapolitik](#)
- [Klimawandel \(globale Erwärmung\)](#)

Navigationsmenü

- [Nicht angemeldet](#)
- [Diskussionsseite](#)
- [Beiträge](#)
- [Benutzerkonto erstellen](#)
- [Anmelden](#)
- [Lesen](#)
- [Bearbeiten](#)
- [Quelltext bearbeiten](#)
- [Versionsgeschichte](#)

Suche

- [Hauptseite](#)
- [Themenportale](#)

- [Artikel](#)
- [Diskussion](#)

- [Zufälliger Artikel](#)
- Mitmachen
- [Artikel verbessern](#)
- [Neuen Artikel anlegen](#)
- [Autorenportal](#)
- [Hilfe](#)
- [Letzte Änderungen](#)
- [Kontakt](#)
- [Spenden](#)
- Werkzeuge
- [Links auf diese Seite](#)
- [Änderungen an verlinkten Seiten](#)
- [Spezialseiten](#)
- [Permanenter Link](#)
- [Seiteninformationen](#)
- [Wikidata-Datenobjekt](#)
- [Artikel zitieren](#)
- Drucken/exportieren
- [Buch erstellen](#)
- [Als PDF herunterladen](#)
- [Druckversion](#)
- Sprachen
- [Links hinzufügen](#)

- Diese Seite wurde zuletzt am 28. Januar 2019 um 10:14 Uhr bearbeitet.
- [Abrufstatistik](#) · [Autoren](#)

Der Text ist unter der Lizenz [„Creative Commons Attribution/Share Alike“](#) verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den [Nutzungsbedingungen](#) und der [Datenschutzrichtlinie](#) einverstanden.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.

- [Datenschutz](#)
- [Über Wikipedia](#)
- [Impressum](#)
- [Entwickler](#)
- [Stellungnahme zu Cookies](#)
- [Mobile Ansicht](#)

