

Kemfert, Claudia

Article

Zwei Jahrzehnte Klimakostenforschung: Präventiver Klimaschutz als volkswirtschaftlicher Vorteil

DIW Wochenbericht

Provided in Cooperation with:

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Kemfert, Claudia (2025) : Zwei Jahrzehnte Klimakostenforschung: Präventiver Klimaschutz als volkswirtschaftlicher Vorteil, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, Vol. 92, Iss. 38/39, pp. 613-619, https://doi.org/10.18723/diw_wb:2025-38-3

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/328356>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

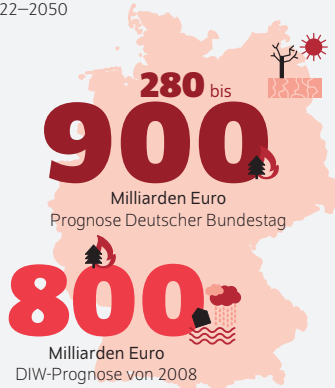
Zwei Jahrzehnte Klimakostenforschung: Präventiver Klimaschutz als volkswirtschaftlicher Vorteil

Von Claudia Kemfert

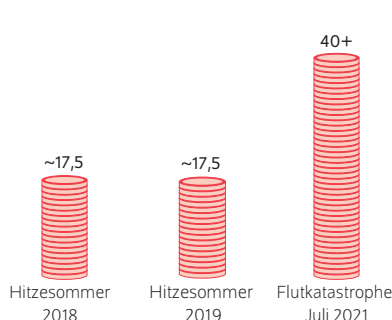
- Frühe DIW-Projektionen von 800 Milliarden Euro Klimakosten in Deutschland bis 2050 werden durch neuere Studien bestätigt
- 145 Milliarden Euro realisierte Kosten zwischen 2000 und 2021 in Deutschland, davon 80 Milliarden Euro allein seit 2018
- Jährliche Einsparungen von 26 bis 37 Milliarden Euro durch erneuerbare Energien bei Importen (18 bis 25 Milliarden) und Gesundheitskosten (acht bis zwölf Milliarden)
- Nutzen-Kosten-Verhältnisse bei Klimaschutzmaßnahmen liegen zwischen 1,8 und 4,8
- Kosten durch Kipppunkte und irreversible Wechsel im Klimasystem sind bislang noch nicht präzise quantifizierbar

Prognosen zu Klimakosten haben sich bestätigt – Hohe Einsparungen durch erneuerbare Energien vor allem bei Energieimporten und Gesundheitskosten

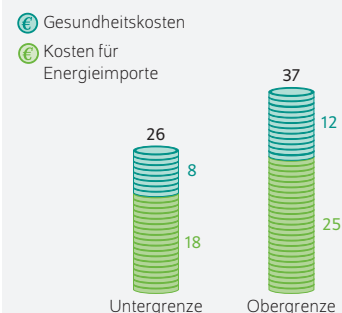
Prognostizierte volkswirtschaftliche Kosten
2022–2050



Allein 75 Milliarden Euro Schäden
in den Jahren 2018, 2019 und 2021



Jährliche Einsparungen durch erneuerbare Energien
In Milliarden Euro seit 2021



Quellen: Deutscher Bundestag (2023); Kemfert (2008); Prognos AG, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (2023); Umweltbundesamt (2023); Agora Energiewende (2025); eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2025

ZITAT

„Aktuelle Studien zu den Folgen des Klimawandels bestätigen frühere Projektionen zu den künftigen Klimakosten. Dabei zeigt sich auch, dass die Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen deutlich über deren Kosten liegen.“

— Claudia Kemfert —

DATEN

Nutzen-Kosten-Verhältnisse
bei Klimaschutzmaßnahmen liegen
zwischen 1,8 und 4,8

Zwei Jahrzehnte Klimakostenforschung: Präventiver Klimaschutz als volkswirtschaftlicher Vorteil

Von Claudia Kemfert

ABSTRACT

Zwei Jahrzehnte systematischer Forschung zur volkswirtschaftlichen Bewertung des Klimawandels haben die methodischen Grundlagen für evidenzbasierte Klimapolitik geschaffen. Die zentrale Erkenntnis der frühen Forschung hat sich bestätigt: Die volkswirtschaftlichen Nutzen des Klimaschutzes übersteigen deutlich dessen Kosten. Internationale Studien belegen Brennstoffkosteneinsparungen von global 520 Milliarden US-Dollar im Jahr 2022. Für Deutschland ergeben sich jährliche Einsparungen von 18 bis 25 Milliarden Euro bei Energieimporten und acht bis zwölf Milliarden Euro bei Gesundheitskosten durch geringere Luftverschmutzungen. Bereits eingetretene Klimaschäden von 145 Milliarden Euro in den Jahren 2000 bis 2021 und Modellierungen mit Nutzen-Kosten-Verhältnissen von 1,8 bis 4,8 untermauern diese Evidenz. Für eine methodisch saubere Gesamtbilanzierung fehlen in Deutschland jedoch systematische, jährlich aktualisierte Berechnungen aller Nutzenkategorien. Methodische Fortschritte bei Kippunkten und Anpassungsreaktionen ermöglichen präzisere Kostenschätzungen, Herausforderungen bei der systematischen Quantifizierung bleiben aber bestehen.

Die ökonomische Bewertung des Klimawandels hat sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten von einem experimentellen Forschungsfeld zu einer etablierten Disziplin entwickelt, deren Erkenntnisse direkt in politische Entscheidungsprozesse einfließen. Die systematische ökonomische Bewertung des Klimawandels für Deutschland begann in den 2000er Jahren.¹ Durch die Verknüpfung von klimatischen Projektionen mit makroökonomischen Modellen konnten volkswirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels beziffert werden.² Die detaillierte Analyse verschiedener Klimaszenarien ergab, dass die volkswirtschaftlichen Kosten präventiver Klimaschutzmaßnahmen systematisch unter den zu erwartenden Schäden durch ungebremsten Klimawandel liegen.

Diese Studie untersucht die wissenschaftliche Entwicklung der Klimakostenbewertung und analysiert dabei sowohl methodische Fortschritte als auch inhaltliche Erkenntnisse. Im Mittelpunkt stehen zwei zentrale Fragestellungen: Wie haben sich die Methoden zur Ermittlung von Klimakosten entwickelt und welche wissenschaftlichen Erkenntnisse konnten dadurch gewonnen werden? Welche empirischen Befunde liegen zur Kosten-Nutzen-Relation von Klimaschutzmaßnahmen vor und wie robust sind diese Bewertungen angesichts der inhärenten Unsicherheiten?

Internationale Methodenentwicklung: Parallel verlaufende Forschungsansätze

Bereits in den frühen 1990er Jahren wurden grundlegende Arbeiten zur Verbindung von Klima- und Wirtschaftsmodellen vorgelegt.³ Entwickelt wurden integrierte Bewertungsmodelle, mit denen dynamische Wechselwirkungen zwischen dem Klimasystem, der Energiewirtschaft und der übrigen Volkswirtschaft abgebildet werden konnten (Kasten). Ein besonders wichtiger methodischer Fortschritt war die systematische Integration von

¹ Claudia Kemfert (2004): Die ökonomischen Kosten des Klimawandels. DIW Wochenbericht Nr. 42, 615–622.

² Claudia Kemfert (2002): An integrated assessment model of economy-energy-climate. Integrated Assessment 4 (3), 281–298.

³ William D. Nordhaus (1994): Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change. MIT Press, Cambridge; William D. Nordhaus (2008): A Question of Balance. New Haven.

Monte-Carlo-basierten Unsicherheitsanalysen in die Klimakostenbewertung.⁴ Das PAGE-Modell machte Unsicherheitsanalysen zu einem zentralen Fokus und etablierte Monte-Carlo-Simulationen als Standardmethode.⁵ Diese Innovation wurde genutzt, um den Effekt von klimapolitischen Maßnahmen abzuschätzen und soziale, gesamtwirtschaftlich relevante Kohlenstoffpreise zu berechnen.⁶ Umfassende Sensitivitätsanalysen verbesserten die Robustheit der Kostenschätzungen erheblich und ermöglichten erstmals die systematische Quantifizierung von Unsicherheitsbandbreiten in der internationalen Klimaökonomie.⁷

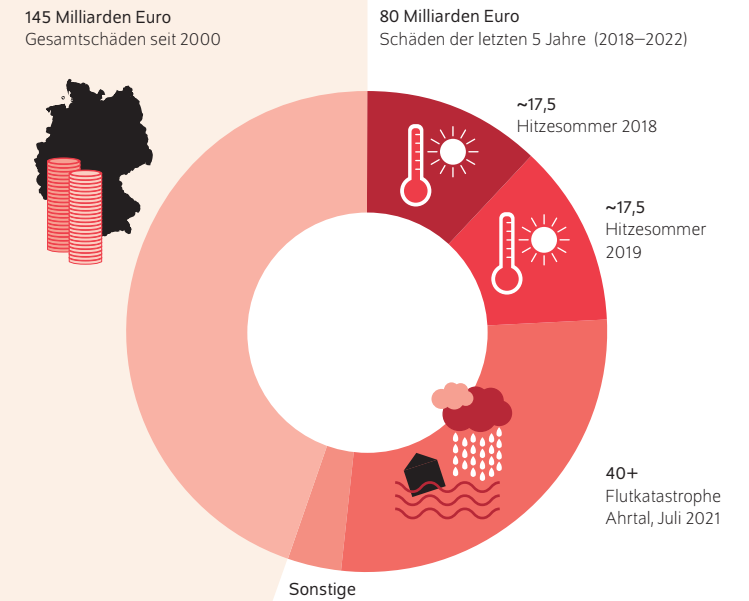
Moderne Methodenentwicklungen: Kipppunkte und endogene Anpassung

Die jüngste Phase der Klimakostenforschung ist durch den Übergang von statischen zu dynamischen Bewertungsansätzen charakterisiert. Moderne Ansätze berücksichtigen nichtlineare Zusammenhänge, Schwellenwerte und Kippelemente im Klimasystem.⁸ Das Klimasystem weist verschiedene Schwellenwerte auf, deren Überschreitung zu sprunghaften Veränderungen führen kann. Kritische Kippelemente umfassen beispielsweise das Arktische Meereis, den Grönländischen Eisschild, den Amazonas-Regenwald sowie die thermohaline Zirkulation und Permafrostböden.⁹ Besonders relevant für die deutsche Klimapolitik ist dabei die Bewertung fossiler „Brückentechnologien“, da deren Lock-in-Effekte die langfristigen Klimakosten erheblich erhöhen können.¹⁰

Weitere Fortschritte wurden durch die endogene Modellierung von Anpassungen als optimale Reaktionen auf veränderte klimatische Bedingungen gemacht.¹¹ Konkrete Anpassungsmaßnahmen umfassen die Verwendung dürreresistenter Pflanzensorten und angepasste Aussaattermine in der Landwirtschaft, Hochwasserschutz durch Rückhaltebecken und hitzeresistente Straßenbeläge im Infrastrukturbereich,

Abbildung 1

Klimakosten in Deutschland In Milliarden Euro



Quellen: Trenczek et al. (2022); Prognos AG, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) (2023); eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2025

Die Klimakosten sind während der letzten Jahre deutlich gestiegen.

effizientere Bewässerungssysteme und Regenwassersammlung in der Wasserwirtschaft sowie Hitzewarnpläne und klimatisierte Schutzräume im Gesundheitswesen.

145 Milliarden Euro Realschäden: Wenn Szenarien zur bitteren Wahrheit werden

Die empirischen Kostenschätzungen für Deutschland haben sich über zwei Jahrzehnte kontinuierlich verfeinert und dabei die Größenordnungen früherer Studien bestätigt. Die Analyse bereits eingetretener Klimaschäden zeigt eine deutliche Beschleunigung in den vergangenen Jahren. Von 2000 bis 2021 entstanden in Deutschland mindestens 145 Milliarden Euro Schäden durch Klimawandelfolgen, davon allein 80 Milliarden Euro seit 2018 (Abbildung 1).¹² In der gesamten EU beliefen sich die klimabedingten Extremwettereschäden von 1980 bis 2023 auf 738 Milliarden Euro, wobei Überschwemmungen mit 44 Prozent den größten Anteil ausmachten, gefolgt von Stürmen (29 Prozent) und Hitzewellen (19 Prozent, Abbildung 2).¹³ Diese Zahlen verdeutlichen nicht nur die wachsende Relevanz des Themas, sondern auch die Validität der frühen Projektionen.

⁴ Monte-Carlo-basierte Unsicherheitsanalysen werden verwendet, um die Verteilung unsicherer Ereignisse zu simulieren. Vgl. Mark New und Mike Hulme (2000): Representing uncertainty in climate change scenarios: a Monte-Carlo approach. Integrated Assessment 1, 203–213.

⁵ Vgl. Chris Hope (2006): The marginal impact of CO₂ from PAGE2002: An integrated assessment model incorporating the IPCC's five reasons for concern. Integrated Assessment 6 (1), 19–56; Nicholas Stern (2006): The Stern Review: The Economics of Climate Change. Cambridge University Press.

⁶ Interagency Working Group on Social Cost of Carbon (2010): Technical Support Document – Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Washington, DC; Interagency Working Group on Social Cost of Carbon (2013): Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Washington, DC.

⁷ Christian Traeger und Benjamin Crost (2013): Optimal climate policy: Uncertainty versus Monte Carlo. Economics Letters 120 (3), 479–482.

⁸ Thomas S. Lontzek et al. (2015): Stochastic integrated assessment of climate tipping points indicates the need for strict climate policy. Nature Climate Change 5, 441–444.

⁹ Johan Röckström et al. (2009): Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Nature 461, 472–475; Timothy M. Lenton et al. (2008): Tipping elements in the Earth's climate system. Proceedings of the National Academy of Sciences 105 (6), 1786–1793.

¹⁰ Claudia Kemfert et al. (2022): The expansion of natural gas infrastructure puts energy transitions at risk. Nature Energy 7, 582–587.

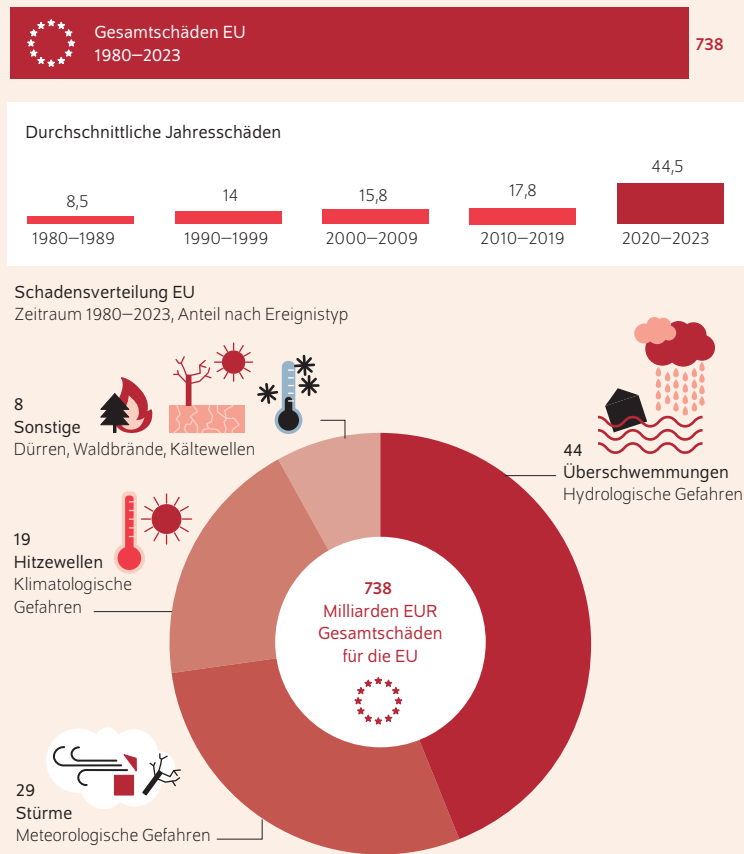
¹¹ Vgl. Robert Mendelsohn, William D. Nordhaus und Daigee Shaw (1994): The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. American Economic Review 84 (4), 753–771; Melissa Dell, Benjamin F. Jones und Benjamin A. Olken (2012): Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. American Economic Journal: Macroeconomics 4 (3), 66–95.

¹² Jan Trenczek et al. (2022): Übersicht vergangener Extremwettereschäden. Prognos AG, Basel.

¹³ European Environment Agency (2024): Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe. EEA Indicator Report (online verfügbar, abgerufen am 31.08.2025). Dies gilt für alle Onlinequellen in diesem Bericht, sofern nicht anders vermerkt.

Abbildung 2

EU-Klimakosten und Schadensverteilung In Milliarden Euro und Prozent



Quellen: European Environment Agency; eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2025

Hydrologische und meteorologische Ereignisse verursachen den Großteil der Klimaschäden.

Besonders bemerkenswert ist die sektorale Differenzierung der Kostenschätzungen. So wird eine detaillierte Aufschlüsselung nach Wirtschaftsbereichen (Landwirtschaft, Industrie, Energiewirtschaft, Wasserwirtschaft, Verkehrsinfrastruktur, Gesundheitswesen) und spezifischen Schadenskategorien (Ertragsausfälle durch Dürre und Extremwetter, temperaturbedingte Produktivitätsverluste, Hochwasserschäden, hitze- und sturmbedingte Infrastrukturschäden, hitzebedingte Mortalität) möglich. Infrastrukturschäden durch Extremwetterereignisse stellen eine besonders kostenwirksame Kategorie dar. Die Flutkatastrophe von 2021 im Ahrtal verursachte allein Schäden von über 30 Milliarden Euro und zeigt die Vulnerabilität moderner Infrastruktursysteme.¹⁴

¹⁴ Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (2022): Naturgefahrenreport 2022. Berlin.

Zwischen Gewissheit und Unwissen: Die Grenzen der Klimakostenschätzung

Bereits heute sind massive Folgekosten durch Klimaschäden selbst bei einem sofortigen Emissionsstopp unvermeidbar. In einer aktuellen Analyse wird geschätzt, dass das weltweite Pro-Kopf-Einkommen allein durch bereits eingetretene Klimaveränderungen um rund 19 Prozent sinken könnte, während Deutschland mit etwa elf Prozent Einkommensverlusten rechnen muss – eine Entwicklung, die unmittelbare Relevanz für sektorale Strategien hat.¹⁵ Andere Studien zur Schadensentwicklung beziffern die kumulierten volkswirtschaftlichen Schäden in Deutschland für den Zeitraum 2022 bis 2050 je nach Klimawandelszenario auf 280 bis 900 Milliarden Euro (Abbildung 3).¹⁶

Allerdings ist die Bewertung künftiger Klimakosten mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Besonders die Diskontierungsrate – also der Zinssatz, mit dem zukünftige Schäden auf heutigen Wert abgezinst werden – und die Bewertung von Kipppunkten erweisen sich als kritische Parameter. Die Diskontierungsdebatte zeichnet sich durch eine relativ hohe Bandbreite der angenommenen Diskontraten aus, die zwischen 0,1 und drei bis sieben Prozent schwanken.¹⁷ Das Umweltbundesamt empfiehlt, Klimaschäden durch 2024 emittierte Treibhausgase mit 300 Euro pro Tonne CO₂-Äquivalent zu bewerten, wenn zukünftige Klimaschäden mit einer Diskontrate von einem Prozent abgezinst werden. Wählt man jedoch eine Diskontrate von null Prozent, müssten die Klimaschäden pro Tonne CO₂-Äquivalent mit 880 Euro bewertet werden.¹⁸

Mit großen Unsicherheiten sind auch Kipppunkte im Klimasystem verbunden. Werden Schwellenwerte überschritten, kann es zu irreversiblen, sprunghaften Systemveränderungen kommen. Zur Erfassung dieser nichtlinearen Effekte verwenden moderne Modelle stochastische Sprungprozesse, wobei die ökonomischen Auswirkungen solcher Ereignisse nur schwer quantifizierbar, aber potenziell katastrophal sind.¹⁹

Kosten-Nutzen-Relationen des Klimaschutzes: Methodische Herausforderungen und empirische Befunde

Während die Bewertung von Klimaschäden mittlerweile auf robusten methodischen Grundlagen steht, erweist sich die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen als methodisch

¹⁵ Maximilian Kotz, Anders Levermann und Leonie Wenz (2024): The economic commitment of climate change. *Nature* 628, 551–556.

¹⁶ Jesko Hirschfeld et al. (2023): Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. Zusammenfassung. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Prognos AG, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS), Berlin.

¹⁷ Vgl. Nordhaus (2008), a. a. O.; Martin L. Weitzman (2001): Gamma discounting. *American Economic Review* 91 (1), 260–271.

¹⁸ Umweltbundesamt (2024): Methodenkonvention zur Ermittlung von Umweltkosten. Dessau-Roßlau.

¹⁹ David I. Armstrong McKay et al. (2022): Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* 377, eabn7950.

anspruchsvoller, da sie dynamische Effekte, Lernkurven und sektorübergreifende Wechselwirkungen berücksichtigen muss.

Klimaschutzkosten der Energiewende

Die Erfassung der Klimaschutzkosten zeigt eine komplexe Entwicklung verschiedener Kostenkategorien. Neben direkten Investitionskosten in klimafreundliche Technologien entstehen indirekte Kosten durch notwendige Systemanpassungen, Netzausbau und Backup-Kapazitäten. Empirische Studien zu den deutschen Förderkosten erneuerbarer Energien zeigen, dass diese zu Strompreiseffekten, aber auch zu signifikanten Emissionsreduktionen und strukturellen Veränderungen bei Energieunternehmen führten.²⁰ Die EEG-Differenzkosten – also die Differenz zwischen den garantierten Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien und den erzielbaren Markterlösen – summierten sich von 2000 bis 2021 auf 275 Milliarden Euro, inflationsbereinigt 304 Milliarden Euro.²¹ Diese Kosten wurden zunächst auf die Stromverbraucher*innen umgelegt, seit 2022 werden sie vollständig aus Steuermitteln finanziert.

Eingesparte Kosten durch Klimaschutz: Quantifizierbarer Nutzen und Bewertungsherausforderungen

Die Quantifizierung eingesparter Kosten durch Klimaschutzmaßnahmen basiert methodisch auf drei messbaren Nutzenkategorien: vermiedene Brennstoffkosten durch die Verdrängung fossiler Technologien, reduzierte Gesundheitsschäden durch geringere Luftverschmutzung und verringerte volkswirtschaftliche Kosten durch reduzierte Importabhängigkeit. Zusätzlich entstehen durch die Vermeidung von Klimaschäden langfristige Nutzenpotenziale, die jedoch methodisch schwieriger zu quantifizieren sind.

Internationale Studien zeigen erhebliche Kosteneinsparungen durch erneuerbare Energien. Global sanken die Brennstoffkosten 2022 durch erneuerbare Energien um mindestens 520 Milliarden US-Dollar.²² Für Europa senkte der zusätzliche Ausbau von Wind- und Photovoltaikanlagen in den Jahren 2021 bis 2023 die Kosten der Stromversorgung um rund 100 Milliarden Euro.²³

Auch in Deutschland reduzierten erneuerbare Energien die Importabhängigkeit und führten zu erheblichen Einsparungen: jährlich etwa 15 bis 20 Milliarden Euro bei Gasimporten, zwei bis drei Milliarden Euro bei Ölimporten durch Elektromobilität sowie ein bis zwei Milliarden Euro bei

²⁰ Thure Traber und Claudia Kemfert (2009): Impacts of the German Support for Renewable Energy on Electricity Prices, Emissions, and Firms. *The Energy Journal* 30 (3), 155–178.

²¹ Florian Blümm (2023): Kosten der Energiewende bisher: Wie teuer waren EEG-Umlage & co? *Tech for Future* (online verfügbar).

²² IRENA (2023): Renewable Power Generation Costs in 2022. Abu Dhabi. Die seit 2000 neu zugebauten erneuerbaren Kapazitäten senkten die Brennstoffkosten im Stromsektor 2022 um mindestens 520 Milliarden US-Dollar.

²³ IEA (2023): Renewable Energy Market Update – June 2023. International Energy Agency, Paris.

Abbildung 3

Projektionen Klimakosten in Deutschland In Milliarden Euro

Kumulierte Klimakosten

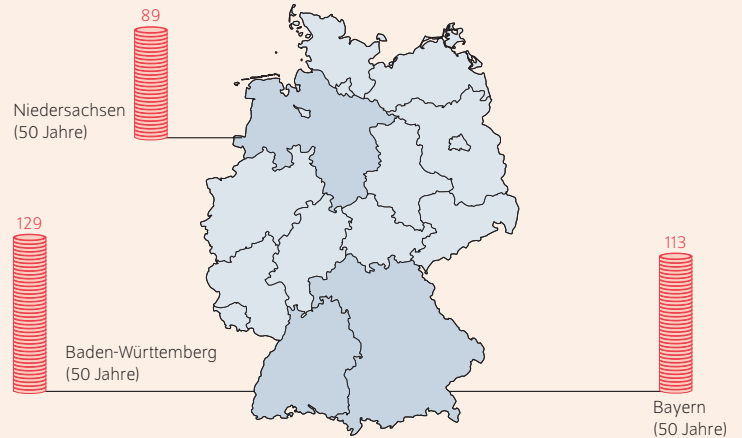
Nächste 50 Jahre
(Prognose 2008) 800

Volkswirtschaftliche Folgekosten

2022–2050
(Obergrenze) 900

2022–2050
(Untergrenze) 280

Regionale Klimakosten



Quellen: Kemfert (2008); Deutscher Bundestag (2023); eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2025

Die DIW-Prognose der Klimakosten aus dem Jahr 2008 bestätigt sich.

Kohleimporten.²⁴ Die empirische Evidenz zur Kosten-Nutzen-Relation der Energiewende bestätigt die Projektionen der Klimakostenforschung. Die eingesparten Brennstoffkosten durch erneuerbare Energien überstiegen bereits 2022 bis 2024 die jährlichen EEG-Kosten (19,8 Milliarden Euro im Jahr 2022; –3,7 Milliarden Euro im Jahr 2023, 10,6 Milliarden Euro im Jahr 2024), die seit 2022 aus Steuermitteln finanziert werden.²⁵

Die vermiedenen Gesundheitskosten durch geringere Luftverschmutzung belaufen sich für Deutschland auf etwa acht bis zwölf Milliarden Euro jährlich, hauptsächlich durch reduzierte Behandlungskosten für Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie vermiedene vorzeitige Todesfälle.²⁶ Weitere Studien des Umweltbundesamts schätzen den

²⁴ Agora Energiewende (2025): Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2024. Berlin.

²⁵ BMWK (2022): Faktenpapier EEG-Kosten 2022. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin. ÜNB (2024): EEG-Finanzierungsbedarf 2024. Veröffentlichungen der Übertragungsnetzbetreiber. Im Jahr 2023 ergab der EEG-Finanzierungsbedarf (Differenz zwischen EEG-Ausgaben und Einnahmen) –3,637 Milliarden Euro, es entstand ein Überschuss, kein Defizit.

²⁶ Umweltbundesamt (2023): Gesundheitskosten der Luftverschmutzung. Dessau-Roßlau.

Kasten

Methoden der Klimakostenbewertung

Integrierte Bewertungsmodelle (IAMs)

IAMs verknüpfen physische Klimamodelle mit ökonomischen Modellen und unterschiedlichen Schadensfunktionen. Das am DIW Berlin entwickelte WIAGEM-Modell verwendet gekoppelte General Circulation Models mit einem 57-Regionen CGE-Modell.¹ Moderne IAMs wie FUND, PAGE und DICE bilden heute Standardreferenzen.² Das PAGE-Modell integriert 31 unsichere Variable wie Klimasensitivität, Kohlenstoffzyklus-Dynamiken und diskontinuierliche Auswirkungen.

Als Schadensfunktionen werden unter anderem nichtlineare Beziehungen der Form $\Delta y = \alpha(T - T^*)^2$ für $T > T^*$ verwendet, wobei T^* die optimale Temperatur und Δy die Veränderung der wirtschaftlichen Leistung bezeichnen.³ In deutschen Studien werden oft Potenzfunktionen der Form $D(T) = \alpha T^\beta$ angenommen, wobei D die Schäden, T die Temperaturänderung, α einen Kalibrierungsparameter und β die Schadenselastizität bezeichnen.⁴ Die β -Werte

liegen meist zwischen 1,5 und 2,3. Anpassungskapazitäten und struktureller Wandel werden dabei nicht berücksichtigt.

Sozialer Kohlenstoffpreis (SCC) $SCC = \int_0^\infty D'(E(t))e^{-\delta t} dt$ wobei D' die marginale Schadensfunktion, E die Emissionen und δ die Diskontierungsrate darstellt. Das Umweltbundesamt verwendet Ramsey-Regel: $\delta = \rho + \eta g$ mit einer Zeitpräferenzrate ρ zwischen null und drei Prozent, einer Elastizität der Grenznutzen η zwischen eins und zwei sowie einer Wachstumsrate g zwischen einem und zwei Prozent.⁵ Meta-Analysen zeigen SCC-Bandbreiten von 51 bis 185 US-Dollar pro Tonne CO₂.⁶

Methodische Limitationen Kippunkte erfordern stochastische Modellierung mit Sprungprozessen. Dabei handelt es sich um abrupte, irreversible Systemwechsel mit ungewissen Eintrittszeiten, die nur durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen erfasst werden können. Dies führt zu erheblichen Unsicherheitsbandbreiten in den Kostenschätzungen, da konkrete Schadenszeitpunkte und -höhen nicht präzise quantifizierbar sind.⁷

¹ Kemfert (2002), a. a. O.

² Richard S.J. Tol (2009): The economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives* 23 (2), 29–51.

³ Marshall Burke, Solomon M. Hsiang und Edward Miguel (2015): Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature* 527, 235–239.

⁴ Nordhaus (2008), a. a. O.

⁵ Umweltbundesamt (2024), a. a. O.

⁶ Kevin Rennett et al. (2022): Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO₂. *Nature* 610, 687–692.

⁷ Lontzek (2015), a. a. O.

volkswirtschaftlichen Nutzen besserer Luftqualität durch CO₂-Minderungsmaßnahmen auf mehrere Milliarden Euro jährlich.²⁷ Andere Studien beziffern jährlich externe Gesundheitskosten in Europa durch Luftverschmutzung auf über 600 Milliarden Euro²⁸ – Kosten, die durch den Ausbau emissionsfreier Technologien signifikant reduziert werden könnten.²⁹

Langfristige Kosten-Nutzen-Bilanz: Klimaschutz als volkswirtschaftlicher Vorteil

Für eine methodisch korrekte Bewertung der Kosten-Nutzen-Relation des Klimaschutzes sind einheitliche Zeiträume und eine vollständige Kostenerfassung erforderlich. Die 2024 veröffentlichte Analyse der Beratungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers (PwC) verwendet einen konsistenten Betrachtungszeitraum bis 2050 und zeigt einen bemerkenswerten Befund: Im beschleunigten Klimaschutzszenario entstehen Investitionskosten von 5,3 Billionen Euro und Energiekosten von 7,9 Billionen Euro, was Gesamtkosten von

13,2 Billionen Euro ergibt.³⁰ Das Weiter-wie-bisher-Szenario führt hingegen zu Investitionskosten von 3,9 Billionen Euro und Energiekosten von 9,4 Billionen Euro, also Gesamtkosten von 13,3 Billionen Euro.³¹ Diese Analyse zeigt, dass ambitionierter Klimaschutz kostenneutral erreicht werden kann – die Gesamtkosten beider Szenarien sind nahezu identisch, jedoch mit unterschiedlicher Kostenstruktur: höhere Anfangsinvestitionen werden durch niedrigere langfristige Energiekosten kompensiert.

Auch andere Analysen unterstreichen die volkswirtschaftlichen Vorteile ambitionierten Klimaschutzes. Unter Anwendung empirisch basierter Schadensfunktionen im DICE-Modell wird belegt, dass die Verminderung von Klimaschäden die Implementierungskosten klar übertrifft: Ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen, die dem Pariser Abkommen entsprechen, weisen ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1,8 bis 4,8 auf.³²

²⁷ Umweltbundesamt (2020): Externe Kosten der Umweltwirkungen in den Bereichen Energie und Verkehr. Dessau-Roßlau.

²⁸ Clean Air Fund (2024): The economic cost of air pollution in Europe (online verfügbar).

²⁹ Jos Lelieveld et al. (2019): Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (15), 7192–7197.

³⁰ Das beschleunigte Klimaschutzszenario basiert auf einer Dekarbonisierung entsprechend den deutschen Klimazielen bis 2045 mit verstärkten Investitionen in erneuerbare Energien, Elektromobilität und Gebäudesanierung sowie einem CO₂-Preis von bis zu 180 Euro pro Tonne bis 2030. Berücksichtigt werden reine Energiebeschaffungskosten, Netzentgelte, Umlagen sowie CO₂-Bepreisung.

³¹ PwC Deutschland (2024): Klimaschutzinvestitionen lohnen sich. Volkswirtschaftliche Analyse basierend auf dem Klimaschutzcockpit von PwC mit einheitlichem Betrachtungszeitraum bis 2050. Düsseldorf.

³² Niklas Glanemann, Sven N. Willner und Anders Levermann (2020): Paris Climate Agreement passes the cost-benefit test. *Nature Communications* 11, 110; Kotz (2024), a. a. O.

Fazit: Volkswirtschaftliche Evidenz spricht für ambitionierten Klimaschutz

Die Analyse von zwei Jahrzehnten Klimakostenforschung führt zu eindeutigen wissenschaftlichen Schlussfolgerungen über die volkswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit ambitionierten Klimaschutzes. Die zentrale Erkenntnis der frühen Forschung, dass Klimaschäden die Vermeidungskosten deutlich übersteigen, wurde durch verbesserte Methoden und umfangreichere empirische Evidenz bestätigt und hat an Robustheit gewonnen.

Die systematische Entwicklung der Kostenschätzungen zeigt eine bemerkenswerte Konstanz in den Grundaussagen bei gleichzeitiger methodischer Verfeinerung. Die frühe DIW-Projektion von 800 Milliarden Euro Klimakosten bis 2050 wurde durch eine jüngste Studie mit 280 bis 900 Milliarden Euro in ihrer Größenordnung bestätigt. Diese Konstanz über verschiedene methodische Ansätze und Analysezeiträume hinweg unterstreicht die Robustheit der wissenschaftlichen Befunde.

Besonders bemerkenswert ist die empirische Validierung der theoretischen Projektionen durch bereits eingetretene Klimaschäden. Die 145 Milliarden Euro dokumentierter Schäden von 2000 bis 2021 entsprechen den Erwartungen der frühen Studien und zeigen die Beschleunigung der Schadensentwicklung.

Die vorhandenen Daten zur volkswirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit des Klimaschutzes sind konsistent, jedoch in

bestimmten Sektoren und Nutzenkategorien unvollständig. Insbesondere der Mangel an systematischen, jährlich aktualisierten Nutzenbilanzen sowie die fehlende Granularität und Konsistenz der Daten erschwert bislang eine vollständige volkswirtschaftliche Gesamtbilanz. Die Integration externer Gesundheits-, Umwelt- und Folgekosten in die sektorale Kosten-Nutzen-Bewertung ist daher eine zentrale Aufgabe künftiger Forschung und Politikberatung. Eine systematische Erfassung dieser Nutzenkomponenten – etwa durch eine zentrale „Klimanutzen-Bilanz Deutschland“ – sollte künftig Bestandteil der offiziellen Berichterstattung sein.

Die wissenschaftliche Evidenz zur Kosten-Nutzen-Relation des Klimaschutzes hat klare Implikationen für die deutsche Klimapolitik. Das robuste und in zahlreichen Studien bestätigte Ergebnis, dass Vermeidungskosten deutlich geringer sind als die Kosten durch Klimaschäden, rechtfertigt eine Intensivierung der Klimaschutzanstrengungen. Die methodischen Fortschritte ermöglichen präzisere CO₂-Preise, sektorspezifische Förderinstrumente und risikoadjustierte Anpassungsstrategien basierend auf robusten Kosten-Nutzen-Analysen.

Die Klimakostenforschung hat nach zwei Jahrzehnten eine eindeutige Antwort auf die zentrale Frage der Klimapolitik geliefert: Klimaschutz ist nicht nur ökologisch notwendig und ethisch geboten, sondern auch volkswirtschaftlich vorteilhaft. Die Frage ist nicht mehr, ob Deutschland sich ambitionierte Klimaziele leisten kann, sondern ob es sich leisten kann, bei der Umsetzung zu zögern.

Claudia Kemfert ist Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt im DIW Berlin | sekretariat-evu@diw.de

JEL: Q54, Q58, H23, Q48

Keywords: Climate change costs, climate policy, Germany, cost-benefit analysis, economic valuation, mitigation benefits



DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V.
Anton-Wilhelm-Amo-Straße 58, 10117 Berlin

www.diw.de

Telefon: +49 30 897 89-0 E-Mail: kundenservice@diw.de

92. Jahrgang 24. September 2025

Herausgeber*innen

Prof. Anna Bindler, Ph.D.; Prof. Dr. Tomaso Duso; Sabine Fiedler; Prof. Marcel Fratzscher, Ph.D.; Prof. Dr. Peter Haan; Prof. Dr. Claudia Kemfert; Prof. Dr. Alexander S. Kritikos; Prof. Dr. Alexander Kriwoluzky; Prof. Karsten Neuhoﬀ, Ph.D.; Prof. Dr. Sabine Zinn

Chefredaktion

Prof. Dr. Pio Baake; Claudia Cohnen-Beck; Sebastian Kollmann;
Kristina van Deuverden

Lektorat

Prof. Dr. Lukas Menkhoff; Till Köveker

Redaktion

Rebecca Buhner; Dr. Hella Engerer; Petra Jasper; Adam Mark Lederer;
Frederik Schulz-Greve; Sandra Tubik

Gestaltung

Roman Wilhelm; Stefanie Reeg; Eva Kretschmer, DIW Berlin

Umschlagmotiv

© imageBROKER / Steffen Diemer

Satz

Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin

Der DIW Wochenbericht ist kostenfrei unter www.diw.de/wochenbericht
abrufbar. Abonnieren Sie auch unseren Wochenberichts-Newsletter unter
www.diw.de/wb-anmeldung

ISSN 1860-8787

Nachdruck und sonstige Verbreitung – auch auszugsweise – nur mit
Quellenangabe und unter Zusendung eines Belegexemplars an
den Kundenservice des DIW Berlin zulässig (kundenservice@diw.de).