

HINTERGRUNDPAPIER

Investitionen im Einklang mit 1,5°C

Die Bedeutung des IPCC-Sonderberichts zu 1,5 Grad globale Erwärmung für Finanzierungsentscheidungen

Der im Oktober 2018 erschienene Sonderbericht des Weltklimarats (IPCC) zu 1,5 Grad globale Erwärmung (SR1,5) zeigt erheblich höhere Risiken als vorher angenommen schon bei einer Erwärmung von 1,5 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Die aktuellen Klimabeiträge der Länder (NDCs) reichen jedoch bei weitem nicht aus, um die globale Erwärmung auf 1,5 Grad zu beschränken. Hierfür wäre laut SR1,5 eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen weltweit auf etwa die Hälfte des aktuellen Niveaus bis 2030 sowie CO₂-Neutralität bis 2050 erforderlich. Durch weitere Verzögerung beim Klimaschutz steigt das Risiko von Kostenescalation und stranded assets sowie von Lock-in-Effekten durch emissionsintensive Infrastruktur. Die erforderliche sektorenübergreifende Systemtransformation in den nächsten ein bis zwei Jahrzehnten ginge mit weitreichenden Änderungen der globalen Finanzströme einher. Durchschnittliche jährliche Investitionen in klimafreundliche Energietechnologien und Energieeffizienz würden bis 2050 gegenüber 2015 um das sechsfache ausgebaut, wohingegen Investitionen in die Kohleverstromung schon 2030 gegen Null gingen. Wirksame und innovative Finanzinstitutionen und -instrumente nennt der SR1,5 als zentrale Faktoren für die Transformation. Um klimawandelbedingte Risiken und Chancen wirksam zu überprüfen, sollten Klimastresstests in der Real- und Finanzwirtschaft auf Basis mehrerer differenzierter Szenarien geschehen.

Jedes Zehntel Grad zählt

Das 2015 beschlossene UN-Klimaabkommen von Paris (PA) senkt die bis dahin international akzeptierte 2-Grad-Obergrenze für globale Erwärmung auf deutlich unter 2 Grad ("well below 2°C") und schreibt Anstrengungen fest, die Erwärmung nicht über 1,5 Grad gegenüber vorindustrieller Zeit ansteigen zu lassen („pursuing efforts to hold it to 1,5°C“ [1]). Diese Zielverschärfung erfolgte wesentlich auf Betreiben der verwundbarsten Länder, nach deren Einschätzung bereits 1,5 Grad ein „survival limit“ darstellt, sowie in Reaktion auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich der Klimawandelrisiken unterhalb von 2 Grad [2]. Seit der Veröffentlichung des IPCC-Sonderberichts zu 1,5 Grad globale Erwärmung (SR1,5) Anfang Oktober 2018 [3] ist die 1,5-Grad-Grenze wesentlich präsenter in der öffentlichen Debatte, und die Notwendigkeit schnellen und entschiedenen Handelns mit konkreten Zahlen hinterlegt.

In seinem Artikel 2.1c schreibt das Pariser Abkommen implizit das Finanzwesen als einen Bereich fest, der zur Bekämpfung der Gefahren durch den Klimawandel transformiert werden muss. Auch der SR1,5 thematisiert die Notwendigkeit des Umschichtens von Investitionen und die Bedeutung konkreter Maßnahmen im Finanzsektor. Sowohl im Privatsektor als auch auf Seiten der öffentlichen Finanzierung sowie bei Zentralbanken und Finanzaufsichtsbehörden nehmen Initiativen, die Klimaschutz und Resilienz besser berücksichtigen, zu. Viele Maßnahmen, wie z.B. die Offenlegung von finanzbezogenen Klimarisiken durch szenarienbasierte Risikobewertung für Infrastrukturprojekte und Unternehmen, orientieren sich weiterhin an 2-Grad-Szenarien, deren Ambition hinter die Pariser Klimaziele zurückfällt. Zunehmend werden nun auch 1,5-Grad-Szenarien berücksichtigt [4]. Beim Klimagipfel COP24 in Katowice haben die multilateralen Entwicklungsbanken angekündigt, ihre Aktivitäten an den Temperaturzielen von Paris auszurichten und bis Ende 2019 entsprechende Methodologien vorzulegen [5]. Dieses Hintergrundpapier zeigt auf Basis der Erkenntnisse des SR1,5, welche Auswirkungen eine Verschärfung der Zielmarke auf 1,5 anstelle von 2 Grad für Klimaschutzpfade hat, und wie sich das global auf Sektorziele und Investitionen vor allem im Energiebereich auswirkt.

Der IPCC hat mit seinem Sonderbericht zu 1,5 Grad das erste Mal eine integrierte Abschätzung zu Klimaänderungen und deren Folgen bei globaler Erwärmung unterhalb von 2 Grad vorgelegt. Der Bericht, der über 6000 aktuelle wissenschaftliche Publikationen ausgewertet hat, enthält eine sehr klare Botschaft: Klimawandelrisiken und -schäden treten schon bei geringerer Erwärmung auf und sind teilweise deutlich höher als bisher angenommen.

Auswirkungen der derzeitigen Erwärmung von ca. 1 Grad sind weltweit bereits deutlich spürbar. Die regionalen Klimaänderungen werden schon in einer 1,5-Grad-Welt erheblich sein, aber deutlich weniger schwer als in einer 2-Grad-Welt. Insbesondere Extremereignisse wie Hitzewellen, Starkregen und regional auch Dürren werden selbst in einer 1,5-Grad-Welt stark zunehmen. Neue Forschung zeigt nicht nur höhere Risiken und Schäden unterhalb von 2 Grad als bisher bekannt, sondern teilweise auch irreversible Änderungen selbst bei einer temporären Überschreitung von 1,5 Grad. Neben dem Risiko des Total-Verlustes der für Fischerei und Tourismus immens wichtigen tropischen Korallenriffe steigt auch die Wahrscheinlichkeit, bestimmte Kipp-Punkte im Erdsystem zu erreichen, zwischen 1,5 und 2 Grad deutlich an: Eine Destabilisierung der großen Eisschilde in der Antarktis und Grönland würde langfristig zu mehreren Metern Meeresspiegelanstieg führen.

Auch die wirtschaftlichen Folgen sind erheblich: Der Bericht warnt insbesondere vor den Kosten durch Extremereignisse und der Verkettung verschiedener Auswirkungen (z.B. erhöhter Waldbrandgefahr bei Hitzewellen während einer Dürre) und negativen Wachstumseffekten vor allem in Entwicklungsländern. Die lange von manchen Ökonomen gehaltene These, ökonomische Schäden unterhalb von 2 Grad seien relativ gering und würden durch positive Effekte ausgeglichen, kann spätestens mit dem SR1,5 als offiziell widerlegt gelten.

Klimaschutzszenarien im SR1,5

Der Fünfte Sachstandsbericht des IPCC (AR5) [6] aus dem Jahr 2014 zeigt nur wenige Klimaschutzpfade, welche die globale Erwärmung auf unter 1,5 Grad begrenzen. Diese Lücke wird durch den SR1,5 geschlossen, der explizit auf solche 1,5-Grad-Szenarien fokussiert und gesellschaftliche, technologische und politische Voraussetzungen für die Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze diskutiert. Die Analyse fußt zu großen Teilen auf den Ergebnissen sogenannter integrierter Assessment Modelle, welche unter Annahme bestimmter sozio-ökonomischer und technologischer Entwicklungen Emissionspfade zum kosteneffektiven Erreichen eines bestimmten Klimaschutzziels in 2100 errechnen. Diese Modelle sind politisch optimistisch (z.B. Annahme eines global einheitlichen CO₂-Preises), aber technologisch strukturkonservativ. Ihr Schwerpunkt liegt darauf, bestehende Strukturen durch Verwendung anderer Technologien zu dekarbonisieren, ohne dass dabei die zu Grunde liegenden Dynamiken (z.B. Nachfrage, Verhalten) oder Organisationsprinzipien (z.B. motorisierter Individualverkehr, Siedlungsbau, Handelsströme) verändert werden. Ein Stück weit werden solche grundsätzlicheren Strukturentscheidungen im aktuellen sechsten Berichtszyklus des IPCC erstmals durch die neuen *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) abgebildet (s. Tabelle 1), welche den illustrativen Pfaden im SR1,5 (s. Abb.1) zu Grunde liegen.

Die *Shared Socio-Economic Pathways* beschreiben mögliche Entwicklungen der Welt hinsichtlich bestimmter sozio-ökonomischer Faktoren, wie z.B. Bevölkerungswachstum, Bildung, Lebensstile, technologischem Fortschritt, Wirtschaftswachstum, Verfügbarkeit fossiler und erneuerbarer Ressourcen und regionaler sowie sozialer Integration [7]. Diese erlauben es, mit Integrated Assessment Modellen Klimaschutzpfade in unterschiedlichen Welten zu untersuchen, aber durch die Verwendung standardisierter Datensätze die Vergleichbarkeit zwischen den Modellergebnissen innerhalb dieser Welten (oder Szenarien) zu gewährleisten. Beispielweise nimmt das nachhaltig ausgerichtete Szenario (SSP1, entspricht P2, s. Tabelle 1) im Verkehrsbereich einen relativ hohen Anteil an öffentlichen Verkehrsmitteln an oder im Ernährungsbereich eine Orientierung auf die Empfehlungen der Weltgesundheitsbehörde (Reduktion des Fleischkonsums). Im SR1,5 werden eine Reihe von neuen, radikaleren Szenarien diskutiert, die einen noch

stärkeren Fokus auf nachfrageseitige und Verhaltensänderungen haben (LED, entspricht P1). Beispiele für Annahmen in diesen Szenarien wäre z.B. der weltweite Umstieg auf pflanzlichen Fleischersatz und Intensivlandwirtschaft, die kurzfristige Anwendung bester verfügbarer Technologien für Energie- und Materialeffizienz in allen Ländern oder der rasante Ausbau und die gelungene Integration von Erneuerbaren Energien weltweit. In Vorbereitung auf den sechsten Sachstandsbericht wurden fünf SSPs beschrieben, im SR1,5 wird noch ein weiteres Szenario eingeführt (s. Tabelle 1). Die vollständige Szenario-Datenbasis für den SR1,5 ist unter data.ene.iiasa.ac.at/iamc-1.5c-explorer einsehbar.

Tabelle 1 Shared Socio-Economic Pathways (SSP) und ihre Verwendung im SR1,5 (Quelle: nach [8], [9])

Bezeichnung SPM/Bericht	Szenario-Name und Kurz-Beschreibung	1,5-Grad-Pfad Charakteristik bis 2100
P1 / LED (kein SSP)	Niedrig-Energie-Szenario: Bevölkerungsstand mittel; sehr niedriger pro-Kopf Energiebedarf bei hoher Wirtschaftsleistung; nachhaltig orientierte Technologie- und Verhaltensänderungen	Bleibt durchgehend unterhalb 1,5 Grad (No overshoot)
P2 / S1 (SSP1)	Nachhaltige Entwicklung: Hohes Wirtschaftswachstum, niedriger Bevölkerungs- und hoher Entwicklungsstand, ressourcen-effiziente Lebensstile; ökonomischer Ausgleich und globale Kooperation	Überschießt 1,5 Grad temporär um maximal 0,1°C (Low overshoot)
P3 / S2 (SSP2)	Mittelweg: Bevölkerungsstand mittel; ökonomisches Wachstum, technischer Fortschritt, Energiebedarf mäßig/ungleich verteilt; ressourcenintensive Lebensstile; globale Kooperation/ökonomischer Ausgleich begrenzt	Überschießt 1,5 Grad temporär um maximal 0,1°C (Low overshoot)
- / SSP3 (SSP3)	Regionale Rivalität: Hoher Bevölkerungsstand; ökonomisches Wachstum und technischer Fortschritt niedrig; ressourcen-intensive Lebensstile; Regionalisierung und Mangel an globaler Kooperation	1,5 Grad in Modellen nicht erreichbar, nicht Teil des SR1,5
- / SSP4 (SSP4)	Ungleichheit: Bevölkerungsstand mittel bis hoch; wirtschaftliche Entwicklung mäßig/ungleich verteilt; hoher technologischer Fortschritt in globalen High-Tech-Sektoren, lokal niedrig; ungleiche Lebensstile/Energieverbrauch	1,5 Grad in Modellen nicht erreichbar, nicht Teil des SR1,5
P4 / S5 (SSP5)	Fossil-befeuerte Entwicklung: Wirtschaftswachstum, Energie- und Nahrungsverbrauch pro Kopf sehr hoch; niedriger Bevölkerungsstand; globale Kooperation und ökonomischer Ausgleich	Überschießt 1,5 Grad um bis zu 0,4°C (High overshoot)

Die kurz- und mittelfristigen Unterschiede (z.B. für die Anwendung bestimmter Technologien zwischen den illustrativen Pfaden bzw. den Szenarien, welche sie repräsentieren) können dabei ähnlich groß sein wie die Unterschiede zwischen 1,5 und 2 Grad innerhalb des gleichen Szenarios. Dies macht deutlich, wie wichtig es ist, bei Analysen mehr als ein Szenario zu berücksichtigen und in Vergleichen die Besonderheiten herauszuarbeiten, die sich aus bestimmten Annahmen ergeben.

Der SR1,5 enthält einige wichtige Neuerungen gegenüber dem fünften Sachstandsbericht des IPCC (AR5). So klassifiziert der SR1,5 die Emissionspfade eindeutig danach, ob sie die Temperatur während des gesamten 21. Jahrhunderts unterhalb von 1,5 Grad halten oder 1,5 Grad temporär etwas bzw. deutlich übersteigen („overshoot“) und zum Jahr 2100 wieder auf 1,5 Grad zurückführen. Im AR5 wurde diese Analyse zwar auch vorgenommen, aber die Ergebnisse wurden nicht so klar differenziert dargestellt.

Ausdrücklich thematisiert der Bericht die Risiken einer starken Abhängigkeit von Technologien zur CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre (CDR). Alle 1,5-Grad-Emissionspfade (und die meisten 2-Grad-Pfade) beruhen auf der Nutzung von CDR-Methoden, z.B. Aufforstung oder Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und Speicherung (BECCS) in teilweise sehr erheblichem Umfang. Diese werden einerseits zur Neutralisierung von Restemissionen benötigt, z.B. aus der Landwirtschaft, dem Luftverkehr oder industriellen Prozessen; andererseits um die Temperaturen nach temporärem Overshoot wieder zurückzuführen. Der SR1,5 diskutiert ausführlich die Unsicherheiten bezüglich der Wirksamkeit, technischen und ökonomischen Machbarkeit sowie der Governance großskaliger CDR-Maßnahmen sowie die potentiellen Risiken für nachhaltige Entwicklung, z.B. durch hohen Flächenverbrauch. Als Resultat dieser Herausforderungen hält er fest, dass ein Overshoot von 0,2 Grad oder mehr sich bis 2100 möglicherweise nicht mehr kompensieren ließe ([3] C3.3, D1.2).

Der SR1,5 zeigt vier illustrative 1,5-Grad-Emissionspfade, die repräsentativ sind für bestimmte Grundannahmen über die sozio-ökonomische Entwicklung der Welt, wie z.B. Bevölkerung, Bildung oder Wirtschaftswachstum (vgl. Abb.1) sowie Randbedingungen, z.B. zur Verfügbarkeit bestimmter Technologien. Dadurch wird der Einfluss gesellschaftspolitischer Entscheidungen auf die Herausforderungen bezüglich Anpassung und Klimaschutz ebenso deutlich wie die Abhängigkeit von CDR.

In seinen zentralen Aussagen in der Zusammenfassung für Entscheidungsträger konzentriert sich der SR1,5 auf diejenigen Pfade, die die 1,5-Grad-Grenze nicht oder um maximal 0.1°C überschreiten. Dies spiegelt die oben genannten erheblichen Risiken von Overshoot und CDR wieder und führt zu höherer kurzfristiger Ambition im Vergleich zu Mittelwerten über alle Pfade, die 1,5 Grad in 2100 erreichen.

Aufschlüsselung der Beiträge zu globalen Netto-CO₂-Emissionen in vier illustrativen Modellpfaden

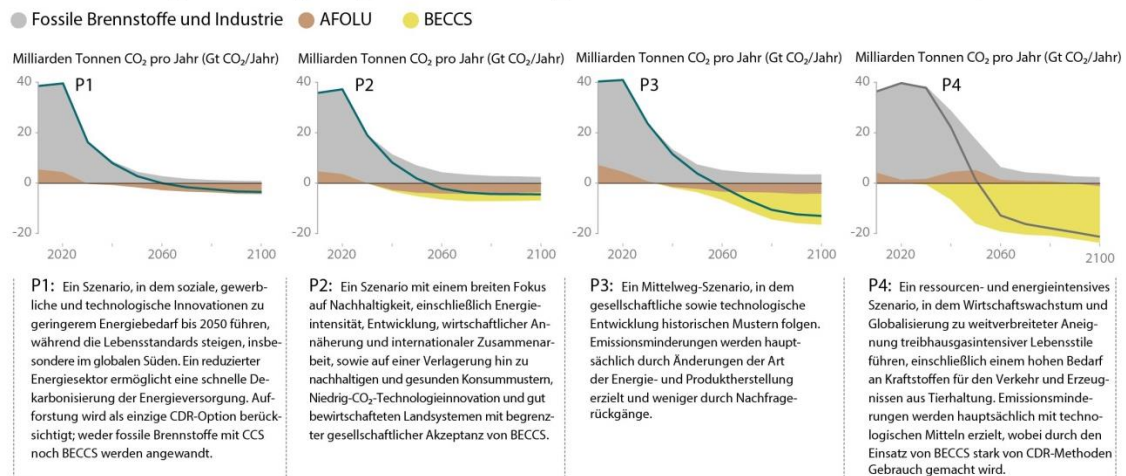


Abbildung 1: CO₂-Emissionsprofile für illustrative Modellpfade (P1-P4) aus dem IPCC SR1,5. P1-P3 erreichen 1,5 Grad ohne oder mit geringem Overshoot, P4 überschreitet deutlich. Quelle: Ausschnitt Abbildung SPM.3b in [9]

Global CO₂-neutral bis 2050

Die derzeitige globale Ambition ist bei weitem nicht ausreichend, um die Klimaziele des Übereinkommens von Paris zu erreichen. Würden die aktuellen Klimabeiträge (NDCs) komplett umgesetzt, würde das bei Fortschreiben deren Ambitionsniveaus zu einer Erwärmung um etwa 3°C in 2100 und mehr in den folgenden Jahren führen. ([3] D1.1)¹ Die Ergebnisse des SR1,5 machen deutlich, wie wichtig das nächste Jahrzehnt ist, um katastrophalen Klimawandel und erhebliche Kosten durch Pfadabhängigkeiten und Fehlinvestitionen zu vermeiden und Synergien zwischen Klimapolitik und anderen Zielen der nachhaltigen Entwicklung zu stärken.

Von den NDCs über 2 nach 1,5 Grad

Während die aktuellen Klimabeiträge (NDCs) zu geschätzten Treibhausgasemissionen von 52-58 Gt CO₂-Äquivalenten (CO₂-eq) im Jahr 2030 führen, fällt das Emissionsniveau bei 1,5-C-Pfaden auf unter

¹ Im Folgenden werden Kernergebnisse der IPCC SR1,5 SPM [3] sowie des darunterliegenden Berichts [12] wiedergegeben, Textstellen sind entsprechend referenziert. 1,5-/2-Grad-Pfade sind analog der SPM definiert als solche, die die globale Erwärmung zum Ende des Jahrhunderts mit mindestens 66%-iger Wahrscheinlichkeit auf 1,5/2 Grad begrenzen, mit geringem oder ohne temporären Temperatur-Overshoot (cf. Fig.SPM.3a in [3]). Abweichungen hiervon sind im Text kenntlich gemacht. Alle Angaben zu Investitionen und GDP sind für die Vergleichbarkeit wie im SR1,5 auf Basis von USD 2010 ausgedrückt.

35 Gt CO₂-eq in 2030, und etwa die Hälfte der Pfade liegen im Bereich 25-30 GtCO₂-eq. Dies entspricht einer **40-50%-igen Reduktion des Treibhausgasausstoßes bis 2030 im Vergleich zu 2010** ([3] D1).

Die globale Transformation zu CO₂- und später Treibhausgasneutralität geschieht in 1,5-Grad-Szenarien **etwa 20 Jahre früher als in 2-Grad-Szenarien**. Für die 1,5-Grad-Pfade müsste der globale CO₂-Ausstoß bis 2030 um etwa 45% sinken im Vergleich zum Niveau von 2010, und **CO₂-Neutralität müsste um 2050** erreicht werden, mit einer netto-negativen CO₂-Bilanz in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts. Im Vergleich dazu erfordern 2-Grad-Pfade eine CO₂-Reduktion von etwa 25% bis 2030 gegenüber 2010, und CO₂-Neutralität um das Jahr 2070 [[3] C1, Fig. SPM.3). Als Faustformel zum Erreichen des 1,5-Grad-Limits für die politische Debatte ließe sich hieraus ableiten: Eine erste Halbierung der Emissionen bis 2030, CO₂-Neutralität bis 2050 und eine negative CO₂-Bilanz in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts.

Die Reduktion von CO₂ wird für 1,5- und 2-Grad Pfade von ähnlich ehrgeiziger Minderung anderer klimawirksamer Stoffe wie z.B. Methan, Ruß oder Stickoxide begleitet. Die stärkere Minderung in 1,5-Grad-Pfaden im Vergleich zu 2 Grad erfolgt weitgehend durch zusätzliche/frühere CO₂-Reduktion und in etwas geringerem Umfang durch zusätzliche zur CO₂-Entnahme aus der Luft (*Carbon Dioxide Removal*, CDR). Dabei zeigt sich auch, dass eine gezielte Wahl der Klimaschutzstrategien Synergien mit den globalen Zielen nachhaltiger Entwicklung maximieren und trade-offs minimieren oder vermeiden kann: Pfade, die durch Effizienz und veränderte Konsummuster die Nachfrage senken, haben besonders großes Potential, nachhaltige Entwicklung und 1,5 Grad gemeinsam zu erreichen ([3] D4.2)).

Wie weiter unten detailliert dargestellt, hängen die konkreten Emissionsverläufe und die Entwicklung von Technologien und Sektoren in 1,5-Grad-Pfaden von Annahmen über die sozioökonomischen Rahmenbedingungen ab, und in hohem Maße auch von Annahmen über Effektivität und Verfügbarkeit von CDR-Methoden. Einige Entwicklungen sind jedoch robust über die Annahmen hinweg, insbesondere im Vergleich zu 2-Grad-Pfaden, die eine ähnliche Breite über die Szenarien aufweisen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht der robusten Eigenschaften von 1,5-Grad-Pfaden über alle Szenarien (inkl. high-overshoot), Quelle: gekürzte Zusammenstellung nach IPCC SR1.5 Tabelle 2.5 in [8])

Eigenschaft 1,5-Grad-Pfad	Beschreibung
Umfassende Emissionsreduktionen während der kommenden Dekade	1,5-Grad-Pfade zeigen stark abnehmende CO ₂ -Emissionen zwischen 2020 und 2030, und erreichen CO ₂ -Neutralität um 2050. 1,5-Grad-Pfade ohne oder mit wenig Overshoot erreichen 18 bzw. 28 Gt CO ₂ /a in 2030, mit Treibhausgasemissionen unterhalb von 34 GtCO ₂ eq/a.
Verstärkung der Maßnahmen auf der Nachfrageseite	Verstärkter Rückgang des Energiebedarfs in allen Endverbrauchssektoren (Industrie, Verkehr, Gebäude) über diejenigen der 2-Grad-Szenarien hinaus. Projizierte Werte sind konsistent mit detaillierten Sektor-Studien
Schnelle und tiefe Dekarbonisierung der Energieversorgung	Starker Ausbau erneuerbarer Energien und nachhaltiger Biomasse, Reduktion fossiler Energienutzung (ohne CCS) sowie Ausbau von CCS führen zu einem emissionsneutralen Energiesystem etwa 2050
Elektrifizierung im Transport und Gebäudesektor	Ersatz fossiler Energieträger durch Strom lässt Anteil von Strom am Endenergieverbrauch deutlich steigen
Verschiebung von Investitionsmustern	Investitionen in klimaneutrale Energietechnologien und Effizienz steigen deutlich, während Investitionen im fossilen Sektor zurückgehen. Investitionen in Kohleverstromung (ohne CCS) fallen 2030 auf Null
Carbon Dioxide Removal (CDR) in erheblichem Umfang vor 2050	Um die Jahrhundertwende projizieren alle 1,5-Grad-Pfade (inkl. high overshoot) den Entzug von jährlich im Mittel etwa 3-7 Gt CO ₂ /a aus der Atmosphäre, v.a. durch (BECCS), forst- und landwirtschaftliche Maßnahmen.

Sektoren und Technologien

Bezüglich der Entwicklung in Sektoren und für bestimmte Technologien zeigen die 1,5-Grad-Szenarien eine erhebliche Bandbreite, je nach Grundannahme über die sozioökonomische Entwicklung und modell-spezifischer Wahl von Technologie- und Preisentwicklungen oder Landverfügbarkeit. Der folgende Vergleich von 1,5-Grad- und 2-Grad-Pfaden bezüglich entscheidender Charakteristika in Tabelle 3 gibt einen Einblick, was eine Ambitionserhöhung von 2 auf 1,5 Grad bedeuten würde.

Tabelle 3: Vergleich zentraler Eigenschaften bestimmter Sektoren zwischen 1,5-Grad- und 2-Grad-Pfaden (25-75%-Bereich für Pfade ohne oder mit geringem Overshoot) (Quelle: eigene Zusammenstellung aus [3] C.2)

Sektorcharakteristik	in 2050 für 1.5C	in 2050 für 2-Grad	Differenz
Abnahme industrieller CO ₂ -Emission	65 – 90%	50 – 80 %	10-25%
Anteil CO ₂ -armer Technologien am Verkehr	35 – 65%	25 – 45 %	10-20%
Stromanteil am Energieverbrauch von Gebäuden	55 – 75%	50 – 70%	5%

Erneuerbare Energien erreichen 2050 im Mittel einen Anteil von etwa 70-85% der Gesamtelektrizitätserzeugung, während der Anteil von Kohle zwischen 0-2% liegt. Energie-Effizienz ist zentral für 1,5-Grad-Pfade, der Energiebedarf liegt 2050 zwischen -11 und +22% im Vergleich zu 2010, im exemplarischen Niedrig-Energie-Szenario P1 sogar 32% unter dem Wert von 2010 ([3] Fig.SPM3b). Die daraus resultierende Verringerung der Energienachfrage sowie -umwandlungskapazitäten ist mit ursächlich für die hohen Synergien mit anderen Zielen nachhaltiger Entwicklung, die dieses Szenario aufweist.

Globale Investitionen für 1,5 Grad

Um auf einen 1,5-Grad-kompatiblen Entwicklungspfad zu kommen ist laut SR1,5 ein deutlicher Aufwuchs der Investitionen in ein breites Portfolio von Minderungsmöglichkeiten nötig ([3] C2). Gleichzeitig warnt der Bericht deutlich vor den Risiken, die durch weitere Verzögerung bei der Umsetzung von ambitionierten Klimaschutz entstehen: Kosteneskalation, Lock-in emissionsintensiver (fossiler) Infrastruktur, gestrandete Investitionen und mittel- bis langfristig der Verlust an Flexibilität bezüglich zukünftiger Handlungsoptionen ([3] D1.3). Investitionen in physische und soziale Infrastruktur seien für Klimaresilienz und Treibhausgasminderung entscheidend ([3] D3.1). Neben Investitionen in Klimaschutz sind Verhaltensänderungen, geeignete Politikinstrumente und beschleunigte technologische Innovation zentral zur Einhaltung der 1,5-Grad-Grenze. Zusätzlich Investitionen in Infrastruktur könnten durch die Mobilisierung von privaten Ressourcen durch institutionelle Investoren, Vermögensverwalter oder Entwicklungsbanken sowie die öffentliche Hand erfolgen. Politikinstrumente zur Minderung des Investitionsrisikos (de-risking) könnten private Investitionen fördern und die Wirksamkeit öffentlicher Programme steigern ([3] D5).

Der SR1,5 trifft quantitative Aussagen hauptsächlich zu Klimaschutz-Investitionen im Energiesektor, wobei dies Energieumwandlung, Verteilung und Speicherung sowie nachfrageseitige Maßnahmen bei den Endnutzern in den Bereichen Gebäude, Verkehr und Industrie einschließt. Letztere sind zentrale Bausteine aller Minderungs-Szenarien, allerdings ist die Datenlage im Vergleich zur Energiebereitstellung unsicherer. Gleichzeitig sind Abschätzungen aufgrund von Ambivalenzen bei der Anrechnung von „Zusätzlichkeit“ und Minderung bei Effizienzmaßnahmen und Modernisierung schwieriger. Im Bereich Anpassung und Resilienz besteht ebenfalls ein erhebliches Finanzierungsdefizit. Dessen genaue Quantifizierung ist aufgrund der großen Überlappung mit – derzeit weltweit und vor allem in Entwicklungsländern – massiv unterfinanzierter Bereitstellung und Verbesserung von Basisinfrastrukturleistungen schwierig. Da Investitionen in Anpassung und Resilienz in einem 1,5- oder 2-Grad-Pfad niedriger ausfallen als bei einem Pfad zu höherer Erwärmung, konzentriert sich die Diskussion hier auf den Mehrbedarf bei Klimaschutzinvestitionen. Die folgenden Abschnitte geben die Kernaussagen des Berichtes zu Investitionen im Energiebereich wieder, wobei teilweise die zu Grunde liegende Primärliteratur eingeflossen ist [10] [11]. Dabei ist zu

beachten, dass diese Aussagen im Gegensatz zu der Zusammenfassung oben auf einer schmalen Basis beruhen, nämlich auf Ergebnisse aus sechs Modellen basierend auf SSP2, die auch Pfade mit hohem Overshoot und nur 50% Wahrscheinlichkeit, 1,5 Grad zu erreichen, umfassen. Insofern sind die Aussagen zu Investitionen im SR1,5 nicht vollständig konsistent und im Vergleich weniger ambitioniert und mit höheren Risiken verbunden als andere Angaben, z.B. zur Sektorentwicklung.

Aufwuchs und Umschichtung von Investitionen

Im Jahr 2016 lag die Höhe der Gesamtinvestitionen ins globale Energiesystem ungefähr bei 1700 Milliarden USD, entsprechend etwas über 2,2% der globalen Wirtschaftsleistung (BIP) und etwa 10% der Brutto-Kapitalformation. Klimaschutzpfade, die die globale Erwärmung auf 1,5°C begrenzen, beinhalten Projektionen zufolge einen durchschnittlichen jährlichen Investitionsbedarf in das Energiesystem von etwa 2400 Milliarden USD zwischen 2016 und 2035, was etwa 2,5 % des weltweiten BIP entspricht, also einer Steigerung um 0,3 Prozentpunkte im Vergleich zu 2017 ([3] D5.2, [8] 2.5.2.2).

Die energiebezogenen Gesamtinvestitionen nehmen in 1,5°C-Pfaden gegenüber 2°C-Pfaden um circa 12 % (Bandbreite von 3 bis 24 % über die Szenarien) zu. Die durchschnittlichen jährlichen Investitionen in klimafreundliche Energietechnologien und Energieeffizienz werden bis zum Jahr 2050 gegenüber 2015 im Mittel etwa um das Sechsfache ausgebaut. Für den Zeitraum 2016 bis 2050 werden die durchschnittlichen Gesamtinvestitionen in die Energieversorgung in 1,5-Grad-Pfaden auf etwa 1460 bis 3510 Milliarden USD pro Jahr geschätzt, dazu kommen durchschnittliche nachfrageseitige Gesamtinvestitionen im Energiebereich in Höhe von jährlich 640 bis 910 Milliarden USD. Die durchschnittlichen zusätzlichen jährlichen Energie-Investitionen in 1,5-Grad-Pfaden gegenüber solchen ohne neue Klimapolitik über die heutige hinaus werden für den Zeitraum 2016 bis 2050 auf im Mittel etwa 830 Milliarden USD pro Jahr geschätzt ([3] C2.6).

Saubere Technologien und Energieeffizienz sind derzeit deutlich unterfinanziert. Die Investitionslücke zwischen Pfaden zu den Pariser Klimazielen und an den heutigen Politiken orientierten Pfaden beträgt mehr als ein Viertel der Investitionen im Referenzszenario, in manchen Ländern, z.B. Indien oder China, bis zur Hälfte. In den USA, Europa und Lateinamerika wären die für das Erfüllen der derzeitigen NDCs notwendigen Investitionen in Energieversorgung und Effizienz ausreichend, um auf einen 2-Grad Pfad zu gelangen; für einen 1,5-Grad-Pfad hingegen wären in allen Regionen und Ländern der Welt zusätzliche Investitionen nötig [11].

Die Höhe der zusätzlichen Investitionen kann zwar erheblich sein, trotzdem besteht die noch wesentlichere Veränderung bei Investitionsmustern in der Umlenkung der globalen Energie-Investitionen von fossilen zu klimafreundlichen Technologien, inklusive Mehrinvestitionen im Bereich Integration, Speicherung und Verteilung (s. Abb. 2).

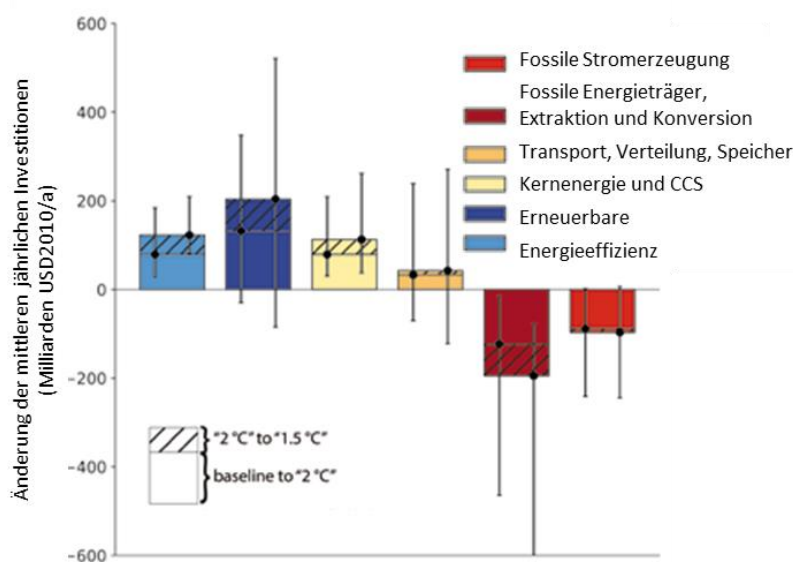


Abbildung 2: Änderung der mittleren jährlichen Investitionen im Energiesektor in der Periode 2016-2035 in 1,5- und 2-Grad-Pfaden im Vergleich zum Referenzszenario ohne weitere Klimapolitik; Mittel der Modelle und absolute Bandbreite (Quelle: nach Fig.2.27 c in [8]).

Während in einer an den heutigen NDCs orientierten Welt die globalen Investitionen in klimafreundliche Energietechnologien trotz bedeutendem Aufwuchs bis 2050 unter denjenigen im fossilen Bereich blieben, ändert sich dieses Bild für 1,5- und 2-Grad-Pfade deutlich. Investitionen in klimafreundliche Energieversorgung würden bereits 2025 diejenigen in fossile Energieversorgung übersteigen. Ihr Anteil müsste bis zur Mitte des Jahrhunderts in 2-Grad-Pfaden auf über 80% steigen, für 1,5-Grad-Pfade sogar auf knapp 90%. Die 1,5-Grad-Pfade übersteigen 80% bereits im Jahre 2035, also im Vergleich zu 2-Grad-Pfaden 15 Jahre früher. Investitionen in Kohleverstromung (ohne CCS) fallen rapide, für 1,5-Grad-Pfade gehen sie schon 2030 auf Null. Investitionen in Gas und Öl nehmen ebenfalls ab, aber dies fällt in Abhängigkeit von Technologieannahmen der Modelle deutlich differenzierter aus [10] [11].

Politikinstrumente und Finanzreform

SR1,5 diskutiert Maßnahmenpakete, welche zur Mobilisierung zusätzlicher Ressourcen und zur Umschichtung von Investitionen beitragen könnten. Neben direkter CO₂-Bepreisung und Maßnahmen wie Technologiepolitik, Performance-Standards und dem Abbau von Subventionen für fossile Energieträger verweist der Bericht ausdrücklich auf die Rolle innovativer Finanzinstrumente zwecks De-Risking von klimafreundlicher Infrastruktur und anderen grünen Technologien (vgl. Abschnitt 2.5.2, 4.4.5 in [12]). Ein „Mainstreaming“ von Klimafinanzierung innerhalb der Finanzordnung und der Bankenaufsicht wäre laut Bericht hierfür wichtig, ebenso wie Entwicklungsländern Zugang zu Finanzmitteln zu günstigen Zinskonditionen zu vermitteln.

Ausblick: Bedeutung der 1,5-Grad-Pfade für Finanzierungsentscheidungen

Die Ergebnisse des SR1,5 bilden eine wertvolle Basis zur Identifikation von Makro-Trends und bieten Orientierung bezüglich möglicher Langfriststrategien. In Hinblick auf das Finanzsystem können sie dazu beitragen, materielle klimabezogene Risiken einzupreisen und durch vorausschauende Strategien Fehlinvestitionen in treibhausgasintensive Infrastruktur zu vermeiden. Die zentrale Botschaft des Berichts ist, dass globale CO₂-Neutralität bis 2050 erreicht sein muss, bei gleichzeitiger drastischer Reduktion anderer Treibhausgase. Allerdings ist für Investitionsentscheidungen im nationalen Rahmen nicht nur das Zieljahr, sondern auch der Pfad entscheidend. Hier wird die Abhängigkeit vom gewählten Szenario (s. Abb.1) deutlich: Folgt man z.B. einem Pfad ohne CCS und mit geringem Mengen CDR, müssten globale CO₂-Emissionen bis 2030 um etwa 58% im Vergleich zu 2010 sinken, bei hoher Verfügbarkeit von CDR verschiebt sich diese kurzfristige Zielmarke auf etwa 45% ([3] Fig.SPM3.b).

Für Investoren ist darüber hinaus wichtig zu wissen, was diese globalen Vorgaben für nationale Minderungsziele und perspektivisch für die Umsetzung von Klimapolitik in verschiedenen Sektoren bedeuten. Unter Berücksichtigung grundsätzlicher Verteilungs- und Gerechtigkeitsaspekte lässt sich hier zumindest eine Richtung ableiten. Zum Beispiel ist es offensichtlich, dass für globale CO₂-Neutralität bis 2050 die OECD-Länder deutlich vor der Jahrhundertmitte netto-Null CO₂-Emissionen erreichen müssten. Auch wäre es unverständlich, würde der (zum Erreichen der Pariser Klimaziele) weltweit noch existierende, geringe Spielraum für den Zubau von Kohlekraftwerken von den Industrieländern beansprucht. Eine erfolgreiche, am 1,5 Grad-Limit orientierte Politik würde zudem die Synergien von Implementierungspartnerschaften zwischen verschiedenen Ländern bzw. Regionen - etwa in Bezug auf De-Risking, Technologiekooperationen und Kapazitätsaufbau - nutzen.

Es existieren verschiedene Ansätze, um globale Modellergebnisse auf nationale oder regionale Maßstäbe zu übertragen, basierend z.B. auf Downscaling-Methoden, oder einer von globalen Budgets oder Langfristzielen ausgehenden, region- und sektorspezifischen Modellierung. Die EU-Kommission hat zum Bei-

spiel in ihrer im November 2018 veröffentlichten strategischen Langfrist-Vision für eine prosperierende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft [13] mehrere sektorspezifische Szenarien veröffentlicht, unter ihnen zwei 1,5-Grad-Szenarien, die bis 2050 Netto-Null Treibhausgasemissionen in der EU-28 erreichen. Ausgehend von einem starken Ausbau Erneuerbarer Energien und einer Steigerung der Energieeffizienz betrachtet die Kommission explizit die Potentiale verschiedener technologischer Entwicklungspfade, wie z.B. Elektrifizierung, Wasserstoff-Ökonomie, synthetischer Treibstoffe (power-to-X) und Kreislaufwirtschaft sowie Veränderungen im Konsumverhalten [14]. Diese Szenarien stellen zwar keine verbindliche Planung dar, können aber als Grundlage für Stresstests und Orientierung für Paris-kompatible Investitionen in Europa dienen. Eine andere aktuelle Studie vergleicht die Emissionstrajektorien für Kohleverstromung aus 1,5-Grad-Pfaden mit den zu erwartenden Emissionen aus bestehenden, im Bau befindlichen und geplanten Kohlekraftwerken weltweit und entwickelt basierend hierauf für die EU und Deutschland einen regional differenzierten Stilllegungsplan, welcher z.B. Alter und Rentabilität von Kraftwerken berücksichtigt [15] [16]. In einem kürzlich erschienenen Bericht zu Paris-kompatiblen sektoralen Investitionen durch multilaterale Entwicklungsbanken wird anhand eines Entscheidungsbaums gezeigt, wie eine Einordnung von Projekten im nationalen Kontext erfolgen kann. Dabei erfolgt die Operationalisierung der globalen 1,5-Pfade durch Kategorisierung von Technologien als kompatibel, bedingt und nicht-kompatibel [17].

Eine weitere zentrale Botschaft des 1,5 Grad-Berichtes liegt in der Bedeutung von Lebensstiländerungen und der zunehmenden Wahrscheinlichkeit disruptiver technologischer Entwicklung. Der Bericht diskutiert eine Reihe von neuen Studien mit einem starken Fokus auf Innovation, Effizienz, Kreislaufwirtschaft und Verhaltensänderungen (P1). Die hieraus resultierende relative Verkleinerung des Energiesystems und Reduktion der weltweiten Stoffströme bei gleichbleibender oder erhöhter Wirtschaftsleistung zeigt große Synergien mit anderen Zielen nachhaltiger Entwicklung. Dies passiert insbesondere durch den geringeren Druck auf Land und die verringerte Abhängigkeit von CDR-Technologien. Gleichzeitig erfordert dieses Szenario eine gegenüber den zentralen Abschätzungen über die 1,5-Grad-Pfade deutlich schnellere Dekarbonisierung, insbesondere innerhalb des nächsten Jahrzehnts. Die Darstellung von Mittelwerten über die vorliegenden Szenarien hinweg verwischt solche Unterschiede und erschwert eine klare Analyse der Handlungsoptionen.

Wenn die Real- und Finanzwirtschaft Klimastresstests unternimmt, um ihre Investitionen, Businessmodelle und Investitionsstrategien in Bezug auf klimawandelbedingte physische, regulatorische klage- sowie reputationsbedingte Risiken und Chancen zu überprüfen, sollte dies mit Hilfe mehrerer, möglichst differenzierter Szenarien geschehen. Dabei können scheinbar extreme Szenarien, wie z.B. 100%-Erneuerbare Szenarien, Szenarien mit wenig oder ohne CCS bzw. CDR oder begrenzter Bioenergieverfügbarkeit von besonderem Nutzen sein, weil sie Pfad-Abhängigkeiten und potentiell disruptive Entwicklungswege aufzeigen. Insbesondere führen Szenarien mit dem Ziel, hohe netto-negative Emissionen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zu vermeiden, zu früheren drastischen Emissionsreduktionen und reduzieren damit das Risiko von *carbon lock-in* und *stranded assets*. Ein weiteres Argument für die stärkere Gewichtung hochambitionierten Pfade wie P1 und P2 ist das Antizipieren von wirtschaftlichen Schäden und ihren Konsequenzen für die regionale Entwicklung, welche bisher in den globalen ökonomischen Modell-Analysen nur sehr begrenzt berücksichtigt sind. Geht man davon aus, dass sich die verschärfte Schadensprognose des SR1,5 kurz- bis mittelfristig in negativen Effekten auf Wirtschaft und Gesellschaft niederschlagen wird, inklusive niedrigeren Wachstumsraten in Entwicklungsländern, wäre dies ein starkes Argument dafür, Overshoot möglichst zu vermeiden und frühzeitig eine weitreichende Minderung von Emissionen anzustreben. Zentrale Fragen hierbei sind, welche Konsequenzen eine globale Ausrichtung der Wirtschaft und Verhaltensänderungen in Richtung hocheffizienter, ressourcenschonender Lebens- und Produktionsweisen für Investitionen jenseits der Energiebereiche hat, und welche Möglichkeiten sich hier ergeben, Innovationspotential zu heben und zu unterstützen. Für die weitere Diskussion ist darüber hinaus die Frage grundsätzlich veränderter Lebens- und Wirtschaftsformen wichtig, deren Potential sich anhand der vorliegenden Szenarien nur begrenzt analysieren lässt.

Quellenverzeichnis:

- [1] UNFCCC, *Paris Agreement*, 2015.
- [2] UNFCCC, *Report on the structured expert dialogue on the 2013-2015 review*. FCCC/SB/2015/INF.1, 2015.
- [3] IPCC, *Summary for policymakers*, in: *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, V.Masson-Delmotte et al. (Eds.), WMO, Geneva, 2018.
- [4] UNEP FI; OliverWyman, *EXTENDING OUR HORIZONS. Assessing credit risk and opportunity in a changing climate: Outputs of a working group of 16 banks piloting the TCFD Recommendations, Part I*, 2018.
- [5] World Bank Group et al., *The MDBs' alignment approach to the objectives of the Paris Agreement*, 2018.
- [6] IPCC, *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2014.
- [7] K.Riahi et al., *The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview*, *Glob. Environ. Chang.*, vol. 42, pp. 153–168, 2017.
- [8] J.Rogelj, D.Shindell, et al., *Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development*, in *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, V.Masson-Delmotte et al.(Eds.), WMO, Geneva, 2018 in press.
- [9] IPCC, *Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, in 1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC- Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion*, Bonn/Bern/Wien: Deutsche IPCC- Koordinierungsstelle, ProClim, Österreichisches Umweltbundesamt, 2018.
- [10] D.L.McCollum et al., *Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals*, *Nat. Energy*, vol. 3, no. 7, pp. 589–599, 2018.
- [11] D.L.McCollum, W.Zhou, V.Bosetti, L.Drouet, *Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement*, 2018. [Online]. Available at www.cd-links.org/energy-invest-vis/.
- [12] IPCC, *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, WMO, Geneva, 2018 in press.
- [13] EC, *A Clean Planet for all – A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.COM(2018) 773 final*, European Commission, Brussels, 2018.
- [14] EC, *Clean Planet for all - In depth analysis*. European Commission, Brussels, 2018.
- [15] Climate Analytics, *A stress test for coal in Europe under the Paris Agreement*, 2017.
- [16] Climate Analytics, *Science based coal phase-out pathway for Germany in line with the Paris Agreement 1.5°C warming limit*, 2018.
- [17] S.Bartosch, J.Bingler, K.Enting-Pauw, H.Fekete, A.Kachi, L.Nascimento, F.Röser, L.Weischer, *Aligning Investments with the Paris Agreement Temperature Goal - Challenges and Opportunities for Multilateral Development Banks*, Berlin, 2018.

AutorInnen: Gerrit Hansen (beratend), Julia A. Bingler, Lutz Weischer

Redaktion: Rebekka Hannes

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter: www.germanwatch.org/de/16273

Januar 2019

Herausgeber: Germanwatch e.V.

Büro Bonn

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Tel. +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

Internet: www.germanwatch.org

Büro Berlin

Stresemannstr. 72

D-10963 Berlin

Tel. +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1

E-Mail: info@germanwatch.org

Mit finanzieller Unterstützung der Stiftung Mercator. Für den Inhalt ist alleine Germanwatch verantwortlich.

STIFTUNG
MERCATOR

