

PROJEKTION DER WELTWEITEN **ENERGIEWENDE**

FAHRPLAN ZUM 1,5°C-ZIEL

KURZFASSUNG

© IRENA 2021

Sofern nichts anderes angegeben ist, kann das Material in dieser Publikation frei verwendet, weitergegeben, kopiert, vervielfältigt, gedruckt und/oder gespeichert werden, vorausgesetzt, dass IRENA als Quelle und Inhaberin des Urheberrechts entsprechend anerkannt wird. In dieser Publikation enthaltene Material von Dritten kann getrennten Nutzungsbedingungen und Beschränkungen unterliegen. Vor jedweder Nutzung solchen Materials ist es notwendig, die entsprechenden Genehmigungen dieser Drittparteien einzuholen.

ISBN: 978-92-9260-334-2

QUELLENANGABE

Diese Veröffentlichung ist die Kurzfassung des *Projektion der weltweiten Energiewende: Fahrplan zum 1,5°C-Ziel*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Diese Kurzfassung wurde übersetzt aus „World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway“

ISBN: 978-92-9260-334-2 (2021). Im Falle von Abweichungen zwischen dieser Übersetzung und der englischen Originalfassung ist der englische Text maßgebend.

Zum Download verfügbar: www.irena.org/publications

Weitere Informationen und Feedback: publications@irena.org

ÜBER IRENA

Die Internationale Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA) dient als Hauptplattform für die internationale Zusammenarbeit, als Kompetenzzentrum, als Quelle für Politik, Technologie, Ressourcen und finanzielles Wissen sowie als Motor vor Ort zur Förderung der globalen Energiewende. IRENA wurde 2011 als zwischenstaatliche Organisation gegründet und fördert die umfangreiche Übernahme und nachhaltige Nutzung aller Formen erneuerbarer Energien, z. B. Bioenergie, Geothermie, Wasserkraft, Meeres-, Solar- und Windenergie, im Bemühen um nachhaltige Entwicklung, Zugang zu Energie, Energiesicherheit und emissionsarmes Wirtschaftswachstum und Wohlstand.

www.irena.org

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Diese Veröffentlichung und das hierin enthaltene Material werden wie besehen bereitgestellt. Von IRENA wurden alle angemessenen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen, um die Zuverlässigkeit des in dieser Publikation behandelten Materials zu prüfen. Weder IRENA noch ihre Mitarbeiter, Beauftragten, Daten- oder sonstigen Inhaltsanbieter übernehmen jedoch irgendeine ausdrückliche oder implizite Gewähr bzw. Verantwortung oder Haftung für etwaige Folgen, die sich ggf. aus der Verwendung der Publikation bzw. des darin enthaltenen Materials ergeben.

Die hier enthaltenen Informationen entsprechen nicht notwendigerweise den Ansichten aller Mitglieder von IRENA. Die Erwähnung spezifischer Unternehmen, Projekte oder Produkte impliziert nicht deren Unterstützung bzw. Empfehlung durch IRENA gegenüber anderen ähnlicher Art, die nicht erwähnt werden. Die hierin verwendeten Bezeichnungen und die Darstellung des Materials implizieren nicht den Ausdruck einer Meinung seitens IRENA bezüglich des rechtlichen Status einer Region, eines Landes, eines Gebiets, eines Orts oder einer Gegend oder deren/dessen Behörden oder bezüglich der Festlegung von Grenzen.

PROJEKTION DER WELTWEITEN **ENERGIEWENDE**

FAHRPLAN ZUM 1,5°C-ZIEL

KURZFASSUNG



VORWORT

Uns bleibt keine Zeit. Das Zeitfenster schließt und der Weg zu einer Netto-Null-Zukunft wird immer enger. Das war meine Botschaft, klar und unmissverständlich, anlässlich der Präsentation der Vorschau auf die *Projektion der weltweiten Energiewende* beim Berliner Energiewende-Dialog im März dieses Jahres. Die Wissenschaft sagt es deutlich: Ein Rückgang der weltweiten Treibhausgasemissionen um 45% zwischen 2010 und 2030 ist erforderlich. Leider zeigen die jüngsten Trends, dass die Lücke zwischen dem Punkt, an dem wir sind, und jenem, an dem wir sein sollten, größer wird. Wir sind auf dem falschen Weg und müssen den Kurs wechseln – und zwar jetzt.

Die Entscheidungen, die wir in den kommenden Jahren treffen, werden weitreichende Auswirkungen haben. Sie können uns auf den Weg in Richtung der Ziele bringen, die wir uns 2015 gesetzt haben, als wir die folgenreichen internationalen Abkommen über nachhaltige Entwicklung und Klimawandel verabschiedeten. Oder sie führen uns in die entgegengesetzte Richtung und lassen die Erderwärmung weiter ansteigen, mit tiefgreifenden und irreversiblen Folgen für die Wirtschaft und Menschheit.

Es ist nicht klug, in unsicheren Zeiten Prognosen zu machen oder Ergebnisse vorwegzunehmen. Es zeichnen sich jedoch Trends ab, die die beginnende Energiewende und ihre Richtung prägen. Erstens sind die Kosten für erneuerbare Energien so stark gesunken, dass neue Anlagen zur Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen keine attraktive Option mehr darstellen. Zweitens überträgt sich der Fortschritt vom Stromsektor auf Endverbrauchssektoren, was eine Neuauslegung von Möglichkeiten angesichts der Fülle an erneuerbaren Optionen zulässt. Drittens herrscht mittlerweile Konsens darüber, dass eine Energiewende auf der Grundlage erneuerbarer Energiequellen und effizienter Technologien unsere einzige Chance ist, die Erderwärmung bis 2050 auf 1,5°C zu begrenzen. Vor wenigen Jahren noch galt der von IRENA befürwortete Ansatz, in dessen Zentrum erneuerbare Energien stehen, als zu progressiv, zu idealistisch und sogar unrealistisch. Heute hat sich unsere Vision auf breiter Basis durchgesetzt und wird als einzige realistische Option für eine klimasichere Welt angesehen. Dies spiegelt sich darin wider, dass sich Länder aus allen Teilen der Welt in wachsender Zahl zu Netto-Null-Strategien verpflichten – ein beispielloser politischer Impuls für einen tiefgreifenden Wandel.

Die *Projektion der weltweiten Energiewende* von IRENA zeigt die Wege auf, die uns aus der Klimakrise in eine widerstandsfähigere und gerechtere Welt führen. Er führt uns klar vor Augen, welche Optionen wir heute haben und welche Lücken wir schließen müssen. Die vorgestellten Analysen und Optionen rücken bestehende emissionsenkende Lösungen und jene in den Vordergrund, die sich mit aller Wahrscheinlichkeit in den kommenden Jahren als tragfähig erweisen. Sie setzen nicht auf unerprobte Technologien oder Erfindungen am Horizont, sondern regen zu dringend nötigen Innovationen für die Ebnung des schnellsten Weges zu einer Emissionsenkung an.

Der Outlook bietet einen überzeugenden Weg für die Dekarbonisierung der gesamten Energienutzung, mit Elektrifizierung und Energieeffizienz als Hauptmotoren auf der Grundlage von erneuerbaren Energie, grünem Wasserstoff und nachhaltiger moderner Bioenergie. Ein Szenario und seine Hypothesen, so rigoros und umfassend sie auch sein mögen, sind jedoch lediglich ein Instrument für fundierte politische Entscheidungen. Um diese Vision der Energiezukunft Wirklichkeit werden zu lassen, müssen wir die Grenzen unserer bestehenden Infrastruktur, die für die Brennstoffe der Vergangenheit geschaffen wurde, überschreiten. Und diese Entscheidungen werden nicht in einem luftleeren Raum

getroffen. Wirtschaftliche und Entwicklungsziele, Umweltbelange und finanzielle Perspektiven müssen miteinander in Einklang gebracht werden.

Und genau in diesem Kontext liefert IRENA einzigartigen Wert.

Der Outlook zeigt uns Folgendes: Wenn wir über den Tellerrand des derzeitigen Energieangebots hinaus blicken, eröffnet uns die Wende hin zu erneuerbaren Energien eine Fülle an wertvollen Vorteilen. Der Outlook zeigt daher die nötigen politischen Rahmenbedingungen auf um eine gerechte und inklusive Energiewende voranzubringen. Er bietet ein besseres Verständnis des Strukturwandels sowie quantitative Aussagen zu den Auswirkungen auf Wachstum, Beschäftigung und Wohlstand. Der Bericht befasst sich zudem mit Finanzierungsstrukturen, um den nötigen Kurswechsel auf den Kapitalmärkten zu zeigen.

Dieses Wissen bildet die Grundlage für IRENAs Unterstützung von Ländern, ihre Prioritäten zu verwirklichen und ihre Strategien in handfeste Maßnahmen umzusetzen. Mit unseren 164 Mitgliedern sehen wir, wie gemeinsames Handeln den Fortschritt weltweit antreiben kann und wo es übergreifende Bedürfnisse sowie Lücken gibt.

Diese globale Reichweite ist es, die der Agentur ihre Glaubwürdigkeit - und das Privileg - verleiht, die internationale Zusammenarbeit bei den verschiedenen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Energiewende zu unterstützen, und Ländern Hilfe anzubieten um voneinander zu lernen und sich die breite Expertise der Agentur zunutze zu machen. Und wir arbeiten aktiv mit Partnern, einschließlich dem Privatsektor, zusammen, um eine dynamische Plattform zu bieten, die Maßnahmen, vorausschauendes Planen, ganzheitliche politische Ansätze und Investitionen in der richtigen Größenordnung fördert.

Wir befinden uns in unsicheren Zeiten mit enormen Anforderungen. Wir stehen am Beginn einer neuen Ära des Wandels, in der die Energiewende eine Transformation der Ökonomie vorantreiben wird. Dieser Wandel bringt ungeahnte neue Möglichkeiten zur Belebung der Gesamtwirtschaft und Überwindung von Armut mit sich. Vor uns liegt jedoch eine gewaltige Aufgabe. Möge Ihnen dieser Outlook eine neue Sicht der Dinge bieten, wie wir aus den Energieproblemen von heute Lösungen für morgen machen können.

Wir können nur einer rosigen Zukunft entgegenblicken, wenn wir es gemeinsam angehen und alle auf den Weg zu einer widerstandsfähigeren, gleichberechtigteren und gerechteren Welt mitnehmen.



Francesco La Camera
IRENA-Generaldirektor



KURZFASSUNG



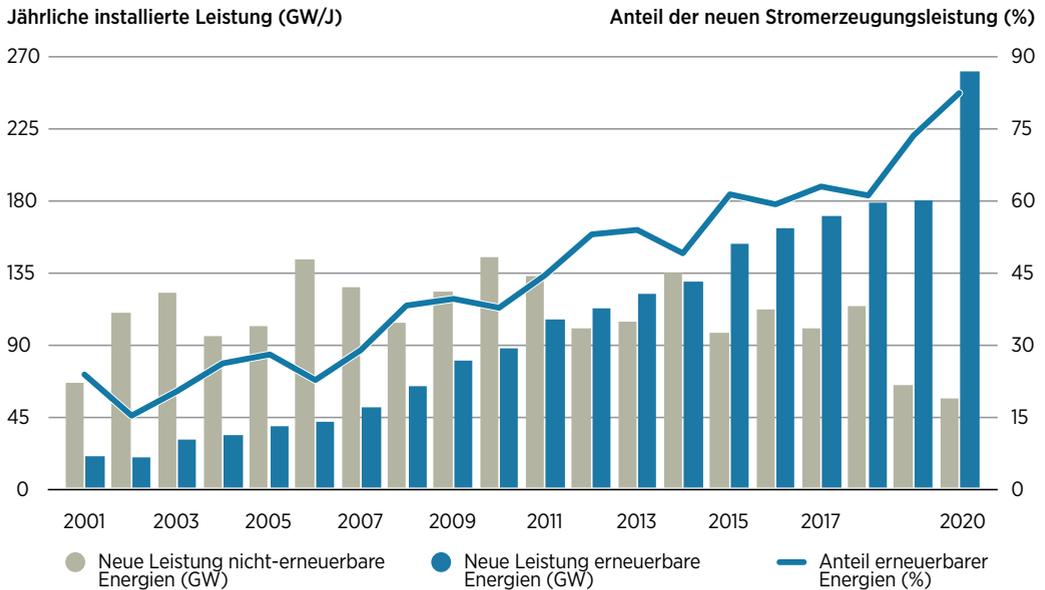
An welchem Punkt der Energiewende befinden wir uns?

Der Energiesektor, bekannt für sein langsames Tempo bei Veränderungen, durchläuft gerade einen dynamischen Wandel. Klimawandel, Energiearmut und Energiesicherheit stellen Anforderungen an die Entwicklungs- und Industriestrategie und die breite Implementierung von erneuerbaren Energien und verwandten Technologien trägt wesentlich zur Lösung bei. Politik, technologische Entwicklungen und internationale Kooperationen haben diese Technologien vor allem im letzten Jahrzehnt aus der Nische geholt. Selbst in den durch die Coronavirus-Pandemie verursachten Turbulenzen zeichneten sich die auf erneuerbaren Energien basierenden Systeme durch eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit aus und demonstrierten die technische Zuverlässigkeit eines auf erneuerbaren Energien basierenden Elektrizitätssystems mit einem hohen Anteil an Solar- und Windenergie.

Es herrscht Konsens darüber, dass eine Energiewende auf der Grundlage erneuerbarer Energiequellen und effizienter und ressourcenschonender Technologien unsere einzige Chance ist, die Erderwärmung bis 2050 auf 1,5°C zu begrenzen. Vor wenigen Jahren noch galt der von IRENA befürwortete Ansatz, in dessen Zentrum erneuerbare Energien stehen, als idealistisch. Heute haben selbst einige der konservativsten Akteure im Energiesektor erkannt, dass er die einzige realistische Option für eine klimasichere Welt ist. Ein solch tiefgreifender Meinungsumschwung beruht auf unbestreitbaren Beweisen, nicht nur für die gravierenden Probleme der Welt, sondern auch für Trends in Technologie, Politik und Märkten, die den Energiesektor seit über einem Jahrzehnt neu gestalten.

In den letzten sieben Jahren wurde jährlich mehr Strom aus erneuerbaren Energien dem Netz hinzugefügt als aus fossilen Brennstoffen und Atomenergie zusammen. Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien dominieren mittlerweile den globalen Markt für neue Stromerzeugungsleistung, da sie auf vielen Märkten zu den günstigsten Stromquellen geworden sind. Im Jahr 2020 wurde weltweit ein Rekordwert von 260 Gigawatt (GW) an Erzeugungskapazität auf der Grundlage erneuerbarer Energien zugebaut, mehr als das Vierfache der aus anderen Quellen zugebauten Leistung (IRENA, 2021a). Dies ist ein vielversprechender Weg für eine schnelle Dekarbonisierung des Stromsektors.

ABBILDUNG S.1 Anteil der installierten Leistung, 2001-2020

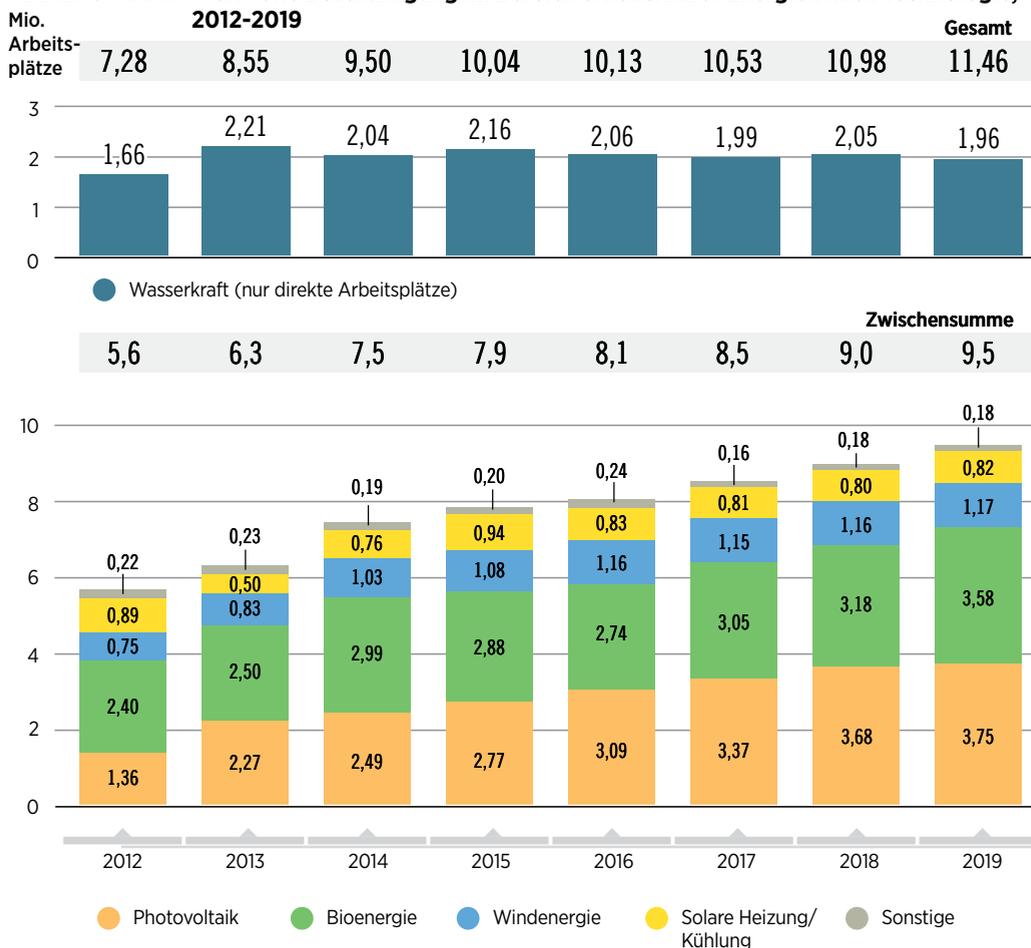


Auf der Grundlage der Statistik für erneuerbare Energien von IRENA.

Innovative Lösungen gestalten das Energiesystem neu und eröffnen neue Möglichkeiten für eine dekarbonisierte Zukunft – und zwar viel schneller als erwartet. Innovationen in Technologie, Politik und Märkten werden weltweit umgesetzt (IRENA, 2019a). Signifikante Fortschritte wurden unter anderem in den Bereichen Elektromobilität, Batteriespeicher, digitale Technologien und künstliche Intelligenz erzielt. Durch diese Veränderungen wird die Aufmerksamkeit zudem stärker auf die Notwendigkeit der nachhaltigen Nutzung und Bewirtschaftung von seltenen Erden und anderen Mineralien sowie auf Investitionen in die Kreislaufwirtschaft gelenkt. Neue und intelligente Netze, vom Mini- bis zum Supernetz, unterstützt durch förderliche Politiken und Märkte, rüsten den Stromsektor für fluktuierende erneuerbare Energien. Die direkte Nutzung von erneuerbaren Energien - einschließlich Bioenergie - und grünem Wasserstoff liefert dringend benötigte Lösungen für Verkehr, Gebäude und Industrie.

Von den 58 Millionen Arbeitsplätzen im Energiesektor weltweit im Jahr 2019 entfallen rund 20% auf den Bereich der erneuerbaren Energien. Die Veränderung der globalen Beschäftigungsmuster spiegelt neue Trends der Energiebereitstellung wider. Die Beschäftigung wuchs von 7,3 Millionen im Jahr 2012, als IRENA mit dem Monitoring der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien begann, auf 11,5 Millionen im Jahr 2019. Im gleichen Zeitraum gingen die Arbeitsplätze im Energiesektor aufgrund der zunehmenden Automatisierung, der mangelnden Wettbewerbsfähigkeit einiger Brennstoffe und der sich ändernden Marktdynamik zurück. Es gibt auch immer mehr Belege für breitere Auswirkungen der Umstellung auf erneuerbare Energien. Insbesondere durch den Aufstieg der erneuerbaren Energien hat sich die Geschlechterparität im Energiesektor verbessert: 32% der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien sind von Frauen besetzt, im Vergleich zu 22% in der Öl- und Gasbranche.

ABBILDUNG S.2 Weltweite Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien nach Technologie, 2012-2019



Quelle: IRENA, 2020a.

Die wachsende Zahl von Ländern, die sich zu Netto-Null-Emissionen-Strategien verpflichten, deutet auf eine signifikante Veränderung im globalen Klimadiskurs hin. Ähnliche Trends sind auf allen Regierungsebenen und im privaten Sektor zu beobachten, auch in den sich hartnäckig haltenden Öl- und Gassektoren. Während ein Großteil der Welt mit der wirtschaftlichen Rezession zu kämpfen hat, können Investitionen in die Energiewende helfen, kurzfristige Prioritäten mit mittel- und langfristigen Entwicklungs- und Klimazielen in Einklang zu bringen. Dies ist eine einmalige Chance, mit vorausschauenden und gezielten Investitionen in Energie, am unmittelbarsten in Infrastruktur, Effizienz und erneuerbare Energien, den Weg für einen nachhaltigen Wandel zu ebnen (IRENA, 2020b). In der Tat haben mehrere Länder erhebliche Zusagen gemacht, öffentliche Mittel für diese Zwecke einzusetzen und Lösungen wie Elektromobilität und sauberen Wasserstoff zu unterstützen.

Rund 80% der Weltbevölkerung leben in Ländern, die Nettoimporteure von fossilen Brennstoffen sind. Im Gegensatz dazu verfügt jede Nation über ein gewisses Potenzial an erneuerbaren Energien, das für mehr Energiesicherheit und -unabhängigkeit genutzt werden kann, und zwar zunehmend zu den geringsten Kosten (IRENA, 2019b). Eine am 1,5°C-Klimaziel ausgerichtete Wende des globalen Energiesystems kann unsere Welt widerstandsfähiger, gerechter und inklusiver machen. Ein solches Energiesystem erfordert die schnelle Entwicklung und den Ausbau robuster Technologien sowie Investitionen in Arbeitskräfte und Institutionen.

Die Fortschritte sind beträchtlich, jedoch ungleichmäßig über Regionen und in den Bevölkerungen verteilt. Die größten Fortschritte wurden in einer Handvoll von Ländern und Regionen erreicht. In anderen Gegenden behindert die weit verbreitete Energiearmut nach wie vor den wirtschaftlichen Fortschritt und sozialen Wohlstand. Im Jahr 2020 entfiel der größte Teil der neuinstallierten Leistung an erneuerbaren Energien auf Europa, die USA und China, während Afrika nur 1% ausmachte. Und das, obwohl dieser Kontinent den größten Bedarf an mehr Zugang zu modernen Energieformen und ein Potenzial für erneuerbare Energien aufweist, das den prognostizierten Bedarf weit übersteigt. Zwischen 2008 und 2019 wurde nur 1 Milliarde USD in netzunabhängige erneuerbare Energien investiert, obwohl auf diesem Weg der Zugang zu Energie deutlich ausgebaut werden könnte. Der ungleichmäßige Ausbau erneuerbarer Energien spiegelt sich auch in der Konzentration von Arbeitsplätzen und Industrien auf wenige Regionen wider, die weite Teile der Welt zurücklässt.

Aktuelle Pläne verfehlen das 1,5°C-Ziel kläglich. Ausgehend von bestehenden Energieplänen und -zielen, einschließlich der ersten Runde der Nationalen Klimabeiträge (Nationally Determined Contributions – NDC) im Rahmen des Pariser Abkommens, werden die bestehenden Maßnahmen nicht viel mehr als eine Stabilisierung der globalen Emissionen bewirken, mit einem leichten Rückgang im Jahr 2050. Trotz eindeutiger Beweise für den vom Menschen verursachten Klimawandel, der breiten Unterstützung für das Pariser Abkommen und des Vorhandenseins sauberer, wirtschaftlicher und nachhaltiger Energieoptionen stiegen die energiebedingten CO₂-Emissionen *zwischen* 2014 und 2019 im Durchschnitt um 1,3% pro Jahr.

Die Zeit drängt, und die Emissionen müssen ab sofort drastisch gesenkt werden, um die Chance auf das 1,5 °C-Ziel nicht zu verspielen. In Übereinstimmung mit dem Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C bis 2050 sollten Kohle und Öl ihren Höhepunkt bereits hinter sich haben, während Erdgas seinen Höhepunkt 2025 erreicht. Die zur Beschleunigung der Energiewende benötigten Ressourcen und Technologien sind *heute* verfügbar. IRENA skizziert den Fahrplan für einen steilen und kontinuierlichen Abwärtstrend hin zu einem Rückgang der Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen um 45% bis 2030 gegenüber dem Stand von 2010 und zu Netto-Null bis 2050, im Einklang mit dem Zeitplan des IPCC.

Die Projektion der weltweiten Energiewende von IRENA ist ein einzigartiger 1,5°C-kompatibler Fahrplan, der auch sämtliche sozioökonomischen und politischen Auswirkungen untersucht und Einblicke in Strukturwandel und Finanzwirtschaft bietet. Technologien für eine schnelle Dekarbonisierung sind zunehmend verfügbar, aber die Denk- und Herangehensweise hinsichtlich der Energiewende sollte nicht bei der Technik stehen bleiben. Um das weitreichende Potenzial dieser Wende zu verwirklichen, sind systemische Innovationen erforderlich, die Technologien und entsprechende Rahmenbedingungen gemeinsam betrachten. Auf erneuerbaren Energien basierende Energiesysteme werden tiefgreifende Veränderungen anstoßen, die sich auf die gesamte Wirtschaft und Gesellschaft auswirken werden. Nur wenn wir diese Tiefenströmungen verstehen, wird der Übergangsprozess erfolgreich verlaufen. In dieser ersten Ausgabe der *Projektion der weltweiten Energiewende* ist das umfangreiche Know-how von IRENA gebündelt, um dies zu ermöglichen – er bietet politischen Entscheidungsträgern Einblicke, Instrumente und Ratschläge und skizziert so den Weg in die Zukunft.

1,5°C-Szenario von IRENA

Das **Planned Energy Scenario (PES)** ist der primäre Referenzfall für diese Studie und bietet eine Perspektive der Entwicklungen des Energiesystems auf der Grundlage der aktuellen Pläne und anderer geplanter Ziele und politischer Strategien, einschließlich der Nationalen Klimabeiträgen (Nationally Determined Contributions – NDC) im Rahmen des Pariser Abkommens.

PES

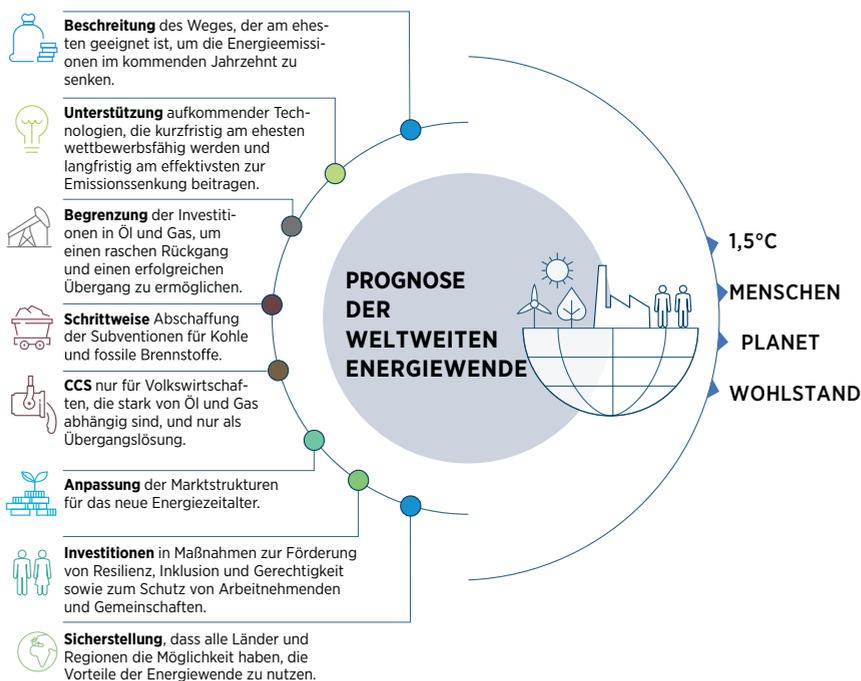
Das **1.5°C-Szenario (1.5-S)** beschreibt einen Fahrplan für die Energiewende, der auf das 1,5°C-Klimaziel ausgerichtet ist, d. h. den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis zum Ende dieses Jahrhunderts auf 1,5°C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Es priorisiert greifbare Technologielösungen, die in dem für das 1,5°C-Ziel notwendigen Tempo hochskaliert werden können.

1,5-S

Das Gebot der Zeit erfordert sorgfältige Investitionen und politische Entscheidungen im kommenden Jahrzehnt. Das Zeitfenster zur Erreichung des vom IPCC festgelegten Emissionsziels für 2030 ist klein, und die in den kommenden Jahren getroffenen Entscheidungen werden ausschlaggebend sein dafür, ob eine 1,5°C-Zukunft in Reichweite bleibt. Dieser *Outlook* orientiert sich an der Agenda für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen und dem Pariser Abkommen zum Klimawandel. Die Theorie des Wandels hinter dem Fahrplan von IRENA zum 1,5°C-Ziel stützt sich auf eine Reihe von Voraussetzungen.

- Es muss der am ehesten geeignete Weg zur Senkung der Energieemissionen im kommenden Jahrzehnt beschritten werden um die Welt auf Kurs in Richtung 1,5°C zu bringen.
- Es müssen aufkommende Technologien unterstützt werden, die kurzfristig am ehesten wettbewerbsfähig werden und langfristig am effektivsten zur Emissionsenkung beitragen.
- Investitionen in Öl und Gas müssen begrenzt werden, um einen raschen Rückgang und einen erfolgreichen Übergang zu ermöglichen.
- Technologien zur Kohlenstoffabscheidung und -speicherung sollten nur in Volkswirtschaften eingesetzt werden, die stark von Öl und Gas abhängig sind, und als Übergangslösung, wenn keine anderen Optionen existieren.
- Schrittweise Abschaffung der Subventionen für Kohle und fossile Brennstoffe.
- Anpassung der Marktstrukturen für das neue Energiezeitalter.
- Einsatz für eine Reihe von Maßnahmen zur Förderung von Resilienz, Inklusion und Gerechtigkeit sowie zum Schutz von Arbeitnehmenden und Gemeinschaften, die von der Energiewende betroffen sind.
- Alle Länder und Regionen müssen die Möglichkeit haben, an der globalen Energiewende teilzuhaben und daraus Nutzen zu ziehen.

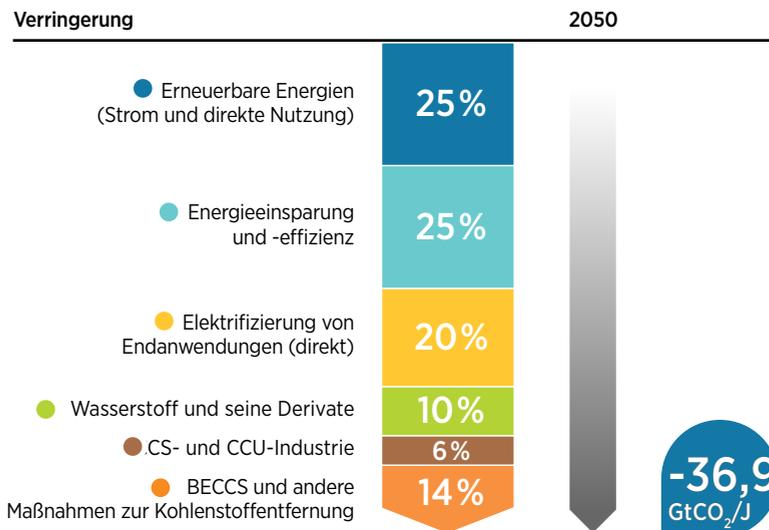
ABBILDUNG S.3 Orientierungsrahmen der Theorie des Wandels nach WETO



Technologische Möglichkeiten auf dem Weg zu den Klimazielen

Die Analyse von IRENA zeigt, dass über 90% der Lösungen, die für ein erfolgreiches Ergebnis im Jahr 2050 stehen, erneuerbare Energien durch Direktversorgung, Elektrifizierung, Energieeffizienz, grünen Wasserstoff und Bioenergie in Kombination mit Technologien zur Kohlenstoffentfernung (BECCS) umfassen. Die technologischen Möglichkeiten für ein dekarbonisiertes Energiesystem haben sich herauskristallisiert und werden von Lösungen dominiert, die schnell und in großem Maßstab umsetzbar sind. Technologien, Märkte und Geschäftsmodelle entwickeln sich ständig weiter, aber es besteht kein Anlass, auf neue Lösungen zu warten. Mit den vorhandenen Optionen lassen sich beträchtliche Fortschritte erzielen. Um die Technologien für die Energiewende auf das erforderliche Niveau zu bringen, und zwar in einem Tempo, das mit dem 1,5°C-Ziel vereinbar ist, sind jedoch gezielte politische Strategien und Maßnahmen erforderlich.

ABBILDUNG S.4 Verringerung der Kohlenstoffemissionen im 1,5°C-Szenario (%)



Strom wird der Hauptenergieträger sein und von einem Anteil von 21% am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2018 auf über 50% im Jahr 2050 ansteigen. Mit der Elektrifizierung des Endverbrauchs in den Bereichen Verkehr und Heizung verschieben sich die sektoralen Grenzen. Dieser Anstieg ist vor allem auf den Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien anstelle von fossilen Brennstoffen im Endenergieverbrauch zurückzuführen. Infolge dieser Veränderung wird sich die jährliche Wachstumsrate der erneuerbaren Technologien verachtfachen. Die Elektrifizierung des Endverbrauchs wird auch die Umgestaltung etlicher Sektoren mit sich bringen, vor allem im Verkehr: Elektrofahrzeuge werden im Jahr 2050 80% der gesamten Straßenverkehrsaktivität ausmachen.

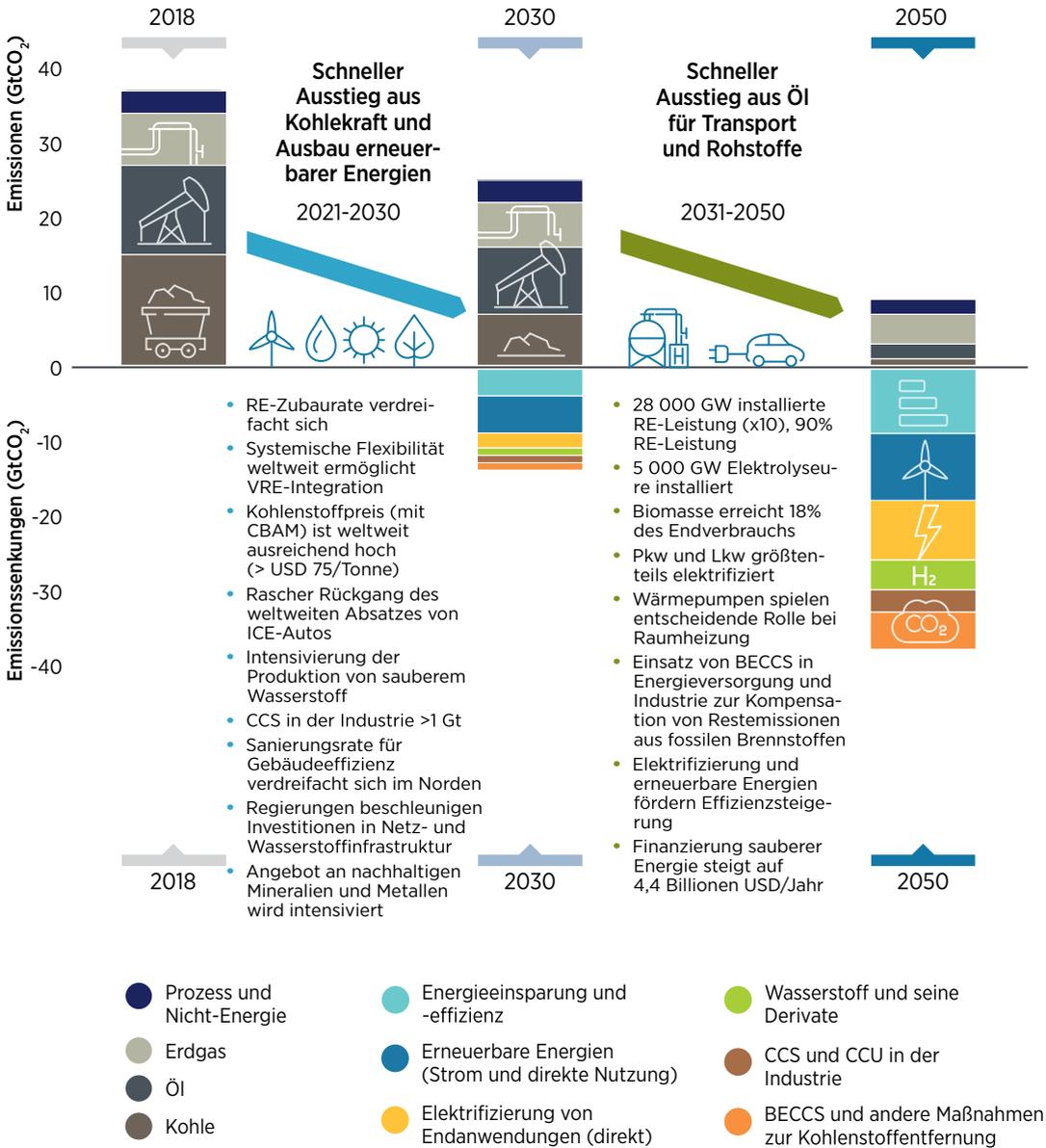
Der jährliche Anstieg der Verbesserung der Energieintensität muss auf 2,9% anwachsen, was fast dem Zweieinhalbfachen des historischen Trends entspricht. Mit diesem Anstieg wird die Energieintensität der Weltwirtschaft bis 2050 um mehr als 60% sinken. Energieeffiziente Technologien und Maßnahmen sind einsatzbereite „Ready-to-go“-Lösungen, die jetzt erheblich ausgeweitet werden können. Politische Strategien und Maßnahmen zur Steigerung von Energieeinsparung und -effizienz werden entscheidend sein, um den gesamten Endenergieverbrauch von 378 Exajoule (EJ) im Jahr 2018 auf 348 EJ im Jahr 2050 zu senken. Einen wichtigen Beitrag leisten auch der Strukturwandel und verhaltensbedingte Veränderungen, die etwa ein Zehntel der Effizienzsteigerung ausmachen.

Wasserstoff und seine Derivate werden bis 2050 einen Anteil von 12% am Endenergieverbrauch ausmachen. Sie werden eine wichtige Rolle in schwer zu dekarbonisierenden, energieintensiven Sektoren wie Stahl, Chemie, Langstreckentransport, Schifffahrt und Luftfahrt spielen. Wasserstoff wird auch dazu beitragen, Angebot und Nachfrage von Strom aus erneuerbaren Energien auszugleichen und als langfristiger saisonaler Speicher dienen. Bis 2050 muss die Elektrolyseur-Leistung von heute 0,3 GW auf rund 5 000 GW Elektrolyseur-Leistung ansteigen. Ein notwendiges Wachstum dieser Größenordnung unterstreicht die Bedeutung von kohlenstoffarmem Wasserstoff von Anfang an. Im Jahr 2050 werden zwei Drittel des gesamten Wasserstoffs grün sein - hergestellt mit Strom aus erneuerbaren Energien- und ein Drittel blau, hergestellt durch Erdgas in Verbindung mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS).

Bioenergie wird im Jahr 2050 18% des gesamten Endenergieverbrauchs ausmachen. Die Steigerung der nachhaltigen Produktion und Nutzung von Biomasse ist im gesamten Energiesystem erforderlich. In einigen Sektoren spielt sie eine bedeutende Rolle - vor allem als Rohstoff und Brennstoff in der chemischen Industrie und als Treibstoff in der Luftfahrt. In anderen Fällen hilft sie, Lücken zu schließen, die sich mit andere Optionen nicht vollständig schließen lassen, wie z. B. der Ersatz von Erdgas durch Biomethan in Gebäuden, die nicht renovierungsfähig sind. Zusätzlich wird Biomasse in Kombination mit CCS (BECCS) im Stromsektor und einigen Industriesektoren die negativen Emissionen ermöglichen, die für das Netto-Null-Ziel erforderlich sind.

Bei der Restnutzung fossiler Brennstoffe und einigen industriellen Prozessen sind unter Umständen CCS sowie CO₂-Abscheidungstechnologien und -maßnahmen für die Dekarbonisierung erforderlich. Im 1,5°C-Szenario bleibt ein gewisser Emissionsanteil im Jahr 2050 aus der Restnutzung fossiler Brennstoffe und einigen industriellen Prozessen bestehen. Daher muss das verbleibende CO₂ abgeschieden und sequestriert werden. CCS ist hauptsächlich auf prozessbedingte CO₂-Emissionen in der Zement-, Eisen- und Stahlindustrie sowie der Produktion von blauem Wasserstoff beschränkt. Die CO₂-Entfernung umfasst naturbasierte Maßnahmen wie Aufforstung und BECCS, direkte Kohlenstoffabscheidung und -speicherung sowie andere, noch im Versuchsstadium befindliche Methoden.

ABBILDUNG S.5 Emissionsverlauf bei Ausstieg aus Kohle und Öl, 2021-2050



Hinweis: RE = erneuerbare Energie; VRE = variable erneuerbare Energie; CBAM = CO₂-Grenzausgleichssystem; ICE = Verbrennungsmotor; GW = Gigawatt; Gt = Gigatonne; CCS = Kohlenstoffabscheidung und -speicherung; BECCS = Bioenergie in Kombination mit Technologien zur Kohlenstoffentfernung; CCU = Kohlenstoffabscheidung und -nutzung.

Bis 2030 werden die erneuerbaren Energien weltweit auf 10 770 GW ansteigen, was fast einer Vervierfachung der derzeitigen Leistung entspricht. Ein rascher Ausbau in den kommenden zehn Jahren ist notwendig, um die Voraussetzungen für die Dekarbonisierung des Stromsystems und die Elektrifizierung des Endverbrauchs bis 2050 zu schaffen. Dieser Ausbau ist auch eine zentrale Empfehlung des Energy Transitions Theme Reports, der von IRENA, UNEP und UNESCAP für den Hochrangigen Dialog der Vereinten Nationen zum Thema Energie erstellt wurde. Das enorme Potenzial an kostengünstigen erneuerbaren Energien weltweit macht sie zu einer skalierbaren Option. Für viele Länder ist dies weniger eine technische und wirtschaftliche Herausforderung, als vielmehr eine Reihe Chancen für Investition-, und regulatorische und gesellschaftlichen Möglichkeiten.

Die Aufrüstung, Modernisierung und Erweiterung der Infrastruktur hat im kommenden Jahrzehnt hohe Priorität. Die Ertüchtigung maroder Infrastruktur oder Investitionen in den Ausbau sind ein integraler Bestandteil der Energiewende, der moderne Technologien ermöglicht. Dies wird in der kommenden Dekade besonders wichtig sein, da der Anteil der erneuerbaren Energien wächst, was Systemflexibilität und moderne Netze erfordert. Infrastrukturentwicklungen müssen mit langfristigen Plänen abgestimmt sein und umfassendere Strategien widerspiegeln, einschließlich der Integration in regionale Märkten.

Der erforderliche Ausbau wird bis 2030 nur mit einer Politik erreicht werden, die diese technologischen Wege unterstützt. Politische Maßnahmen für den Ausbau unterstützen die Schaffung eines Marktes und erleichtern so den Ausbau, die Senkung von Technologiekosten und die Anhebung von Investitionen im Einklang mit den Erfordernissen der Energiewende. Mit den umfangreichen öffentlichen Finanzmitteln, die im Rahmen der Post-Covid-Konjunkturpakete in die Volkswirtschaften fließen, werden die Richtung der Energiewende heute bestimmt und die Voraussetzungen für den erheblichen Anstieg der bis 2050 erforderlichen Investitionen des Privatsektors geschaffen.



TABELLE S.1 Überblick über politische Maßnahmen zur Unterstützung von Lösungen für die Energiewende

TECHNOLOGISCHER WEG	ZIEL	EMPFEHLUNGEN
Erneuerbare Energien (Strom und direkte Nutzung)	Einsatz von erneuerbarer Energie im Endverbrauch	Diese politischen Maßnahmen umfassen regulatorische Maßnahmen, die einen Markt schaffen, sowie steuerliche und finanzielle Anreize, um sie erschwinglicher zu machen und ihre Kostenwettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu Lösungen auf der Grundlage fossiler Brennstoffe zu erhöhen.
	Einsatz von erneuerbaren Energien im Stromsektor	Bei der Wahl des Instruments und seiner Ausgestaltung sollten die Art der Lösung (z. B. <i>Versorgungsmaßstab</i> , dezentral, netzunabhängig), der Entwicklungsstand des Sektors, die Organisationsstruktur des Stromsystems und die übergeordneten politischen Ziele berücksichtigt werden.
Energieeinsparung und -effizienz	Steigerung der Energieeinsparung und -effizienz beim Heizen und Kühlen	Energieeffizienzmaßnahmen wie strenge Bauvorschriften, Unterstützung für die Modernisierung von Gebäuden und Gerätenormen sind entscheidend für die Energiewende im Bereich Gebäude und industrielle Prozesse.
	Höhere Energieeinsparung im Verkehr	Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors erfordert neben anderen Maßnahmen eine Verlagerung von energieintensiven Verkehrsträgern auf kohlenstoffarme Verkehrsträger.
Elektrifizierung des Endverbrauchs	Elektrifizierung von Heizung und Kühlung	Ziele für Strom aus erneuerbaren Energien sollten die steigende Nachfrage durch die Elektrifizierung des Endverbrauchs – im Einklang mit den langfristigen Dekarbonisierungszielen – berücksichtigen. Darüber hinaus sind politische Maßnahmen und eine entsprechende Gestaltung des Energiesystems erforderlich, um die Elektrifizierung auf ein Potenzial zur Bereitstellung von Systemflexibilität zu bringen.
	Elektrifizierung des Verkehrs	
Grüner Wasserstoff	Unterstützung der Entwicklung von grünem Wasserstoff	Ein grundlegender politischer Rahmen sollte vier wichtige Säulen berücksichtigen: eine nationale Strategie für grünen Wasserstoff, die Festlegung von Prioritäten, Herkunftsgarantien und Maßnahmen für die Ermöglichung.
Nachhaltige Bioenergie	Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung von Bioenergie	Auch bei erneuerbaren Energien gibt es einige Nachhaltigkeitsbedenken. Einige dieser Bedenken umfassen Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit Landnutzungsänderungen sowie Auswirkungen auf die Luft- und Wasserqualität und die Artenvielfalt.

Finanzierung der Energiewende

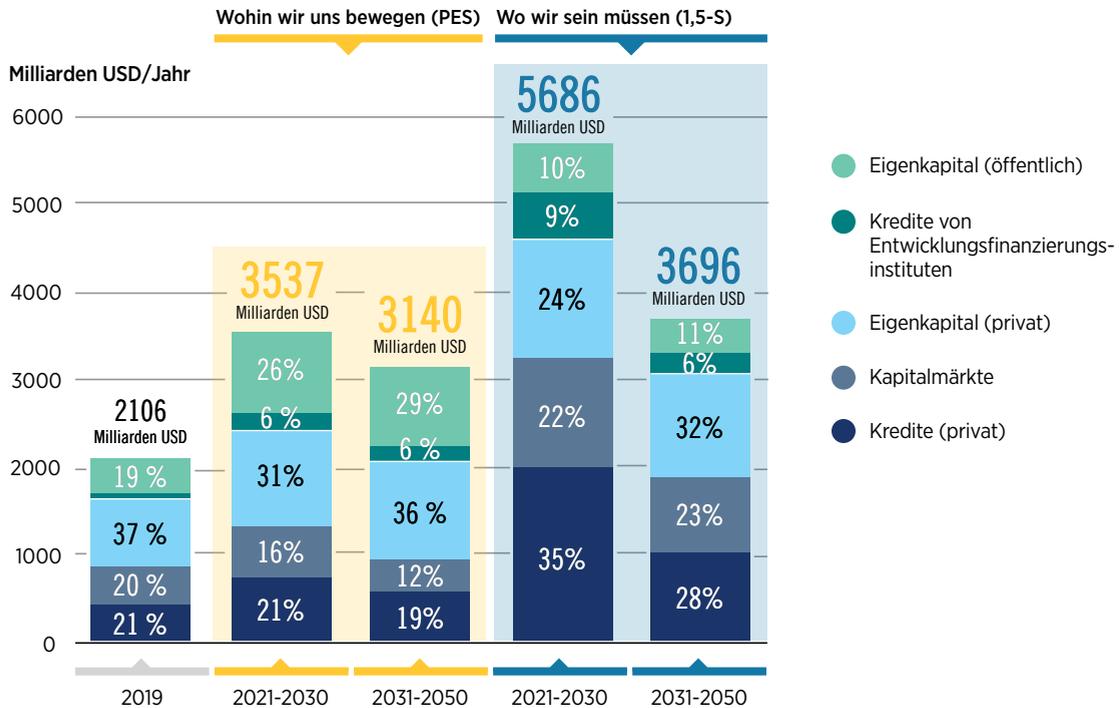
Bis 2050 müssen 131 Billionen USD in ein Energiesystem fließen, das technologische Wege priorisiert, die mit dem 1,5°C-Ziel kompatibel sind. Der jährliche Finanzierungsbedarf von durchschnittlich 4,4 Billionen USD ist zwar groß, stellt jedoch 20% der Bruttoanlageinvestitionen im Jahr 2019 dar, was etwa 5% des globalen Bruttoinlandsprodukts (BIP) entspricht. Bis 2050 müssen mehr als 80% der insgesamt 131 Billionen USD in Technologien für die Energiewende investiert werden, darunter Effizienz, erneuerbare Energien, Elektrifizierung des Endverbrauchs, Stromnetze, Flexibilität, Wasserstoff und Innovationen, um neue Lösungen aus Nischen zu wirtschaftlicher Tragfähigkeit zu führen.

Aktuelle Regierungsstrategien sehen bereits erhebliche Investitionen in den Energiesektor in Höhe von 98 Billionen USD bis 2050 vor. Die in diesem Outlook als Planned Energy Scenario (PES) bezeichneten Szenarien gehen von einer annähernden Verdopplung der jährlichen Energieinvestitionen aus, die sich im Jahr 2019 auf 2,1 Billionen USD beliefen. Erhebliche Mittel werden in die Modernisierung maroder Infrastruktur und die Deckung des wachsenden Energiebedarfs fließen. Die Finanzierungsaufschlüsselung für Technologien im 1,5°C-Szenario unterscheidet sich jedoch stark von den aktuellen Plänen: Bis zum Jahr 2050 müssen 24 Billionen USD an geplanten Investitionen von fossilen Brennstoffen auf Technologien der Energiewende umgelenkt werden.

Die Finanzierungsstrukturen im 1,5°C-Szenario müssen deutlich anders sein in Bezug auf die Kapitalquelle (öffentlich und privat) und die Kapitalart (Eigen- und Fremdkapital). Im Jahr 2019 wurden Energieanlagen in Höhe von 1,6 Billionen USD aus privaten Quellen finanziert, was 80% der gesamten Investitionen im Energiesektor entspricht. Dieser Anteil wird im 1,5°C-Szenario dramatisch ansteigen. Der Anteil des Fremdkapitals muss von 44% im Jahr 2019 auf 57% im Jahr 2050 steigen, fast 20% mehr als im PES (siehe Abbildung S.6). Technologien für die Energiewende werden in den kommenden Jahren leichter an erschwingliche langfristige Fremdfinanzierung kommen, während „Brown Assets“ von privaten Geldgebern zunehmend gemieden werden und daher auf eine Eigenkapitalfinanzierung aus Gewinnrücklagen und neuen Aktienemissionen angewiesen sein werden. Kapitalintensive, stärker dezentralisierte Projekte werden die Risikowahrnehmung der Investoren beeinflussen, was wiederum gezielte Politik- und Kapitalmarkt Eingriffe erforderlich machen könnte.

Die öffentlichen Mittel müssen fast um das Doppelte ansteigen, um die private Finanzierung zu katalysieren und einen gerechten und inklusiven Ablauf der Energiewende zu gewährleisten. Die öffentliche Finanzierung spielt eine entscheidende Rolle bei der Energiewende, da sich die Märkte allein wahrscheinlich nicht schnell genug bewegen werden. Im Jahr 2019 stellte der öffentliche Sektor rund 450 Milliarden USD in Form von öffentlichem Eigenkapital und Krediten von Entwicklungsbanken bereit. Im 1,5°C-Szenario werden sich diese Investitionen auf rund 780 Milliarden USD erhöhen. Die Finanzierung über öffentliche Schulden wird eine wichtige Vermittlerrolle für andere Kreditgeber spielen, insbesondere auf Schwellenmärkten mit hohem realem oder vermeintlichem Risiko. In einigen Fällen kann dies Zuschüsse zur Reduzierung der Finanzierungskosten beinhalten. Öffentliche Mittel sind zudem erforderlich, um ein günstiges Umfeld für die Energiewende zu schaffen und sicherzustellen, dass sie schnell genug und mit sozioökonomischem Erfolg abläuft.

ABBILDUNG S.6 Durchschnittliche jährliche Gesamtinvestition nach Quelle und Finanzierungsart: 2019, PES und 1.5°C-Szenario (2021-2030 und 2031-2050)



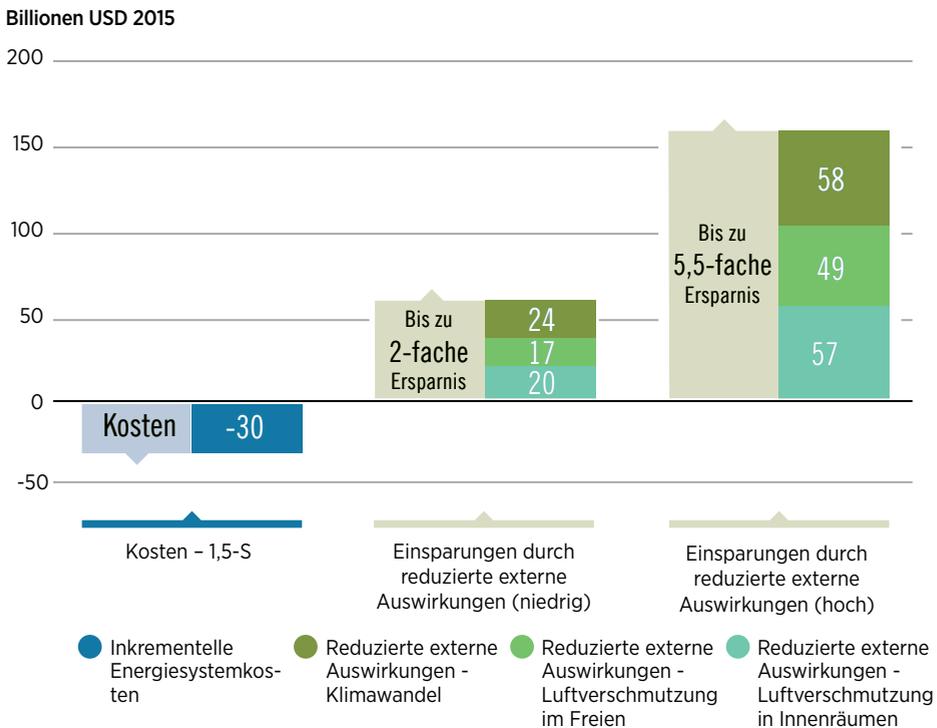
Quellen: Für Investitionen 2019: Quelle und Finanzierungsart BNEF (2021a), IEA (2020a), IRENA und CPI (2020); für PES und 1,5°C-Szenario: Analyse von IRENA und BCG

Maßnahmen zur Beseitigung von Marktverzerrungen, die fossile Brennstoffe begünstigen, gekoppelt mit Anreizen für Lösungen für die Energiewende, werden die notwendigen Änderungen der Finanzierungsstrukturen herbeiführen. Dazu gehören der Ausstieg aus Subventionen für fossile Brennstoffe und eine entsprechende Änderung der Steuersysteme, um negative Umwelt-, Gesundheits- und Sozialkosten eines Energiesystems auf der Grundlage fossiler Brennstoffe widerzuspiegeln. Geld- und fiskalpolitische Maßnahmen, einschließlich einer Preispolitik für Kohlenstoff, werden die Wettbewerbsfähigkeit von Lösungen im Zusammenhang mit der Energiewende verbessern. Eingriffe dieser Art müssen von einer sorgfältigen Untersuchung zu Auswirkungen auf die soziale Gerechtigkeit und Gleichberechtigung begleitet werden, um sicherzustellen, dass sich die Situation einkommensschwacher Bevölkerungsgruppen nicht verschlechtert, sondern verbessert.

Sozioökonomischer Fußabdruck der Energiewende

Investitionen in das 1,5°C-Szenario ergeben einen kumulierten Rückfluss von mindestens 61 Billionen USD bis 2050. Die Gesamtbilanz der Energiewende ist positiv, der Nutzen übersteigt die Kosten bei weitem. Die Kosten für die Emissionssenkung variieren je nach Technologie und Sektor, die inkrementellen Kosten sind jedoch deutlich geringer als die Einsparungen, die durch die Senkung der externen Kosten erzielt werden. Laut Schätzungen von IRENA bringt im 1,5°C-Szenario jeder Dollar, der für die Energiewende ausgegeben wird, einen Gewinn von 2 USD bis 5,5 USD infolge der verringerten externen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Die zusätzlichen Kosten von 30 Billionen USD, die das 1,5°C-Szenario bis zum Jahr 2050 verursacht, führen zu einem Rückfluss zwischen 61 und 164 Billionen USD.

ABBILDUNG S.7 Kumulierte Differenz zwischen Kosten und Einsparungen des 1,5°C-Szenarios im Vergleich zum PES, 2021-2050



Die Energiewende geht weit über den Faktor Technologie hinaus und bringt tiefgreifende strukturelle Veränderungen mit sich, die sich erheblich auf die Volkswirtschaften und Gesellschaften auswirken werden. IRENA zeichnet ein zunehmend vollständiges Bild der sozioökonomischen Auswirkungen der Energiewende. Die in diesem *Outlook* präsentierten Ergebnisse zeigen, dass sich Schritte in Richtung einer dekarbonisierten Energiezukunft positiv auf Wachstum, Beschäftigung und den Wohlstand auswirken werden, sofern umfassende politische Rahmenbedingungen gegeben sind. Im Rahmen der Analyse werden bestehende politische Maßnahmen weltweit durch klimapolitische Maßnahmen ergänzt, um die Ziele der Energiewende zu erreichen und gleichzeitig die Herausforderungen in puncto Verteilung für gerechte und inklusive Ergebnisse zu bewältigen.

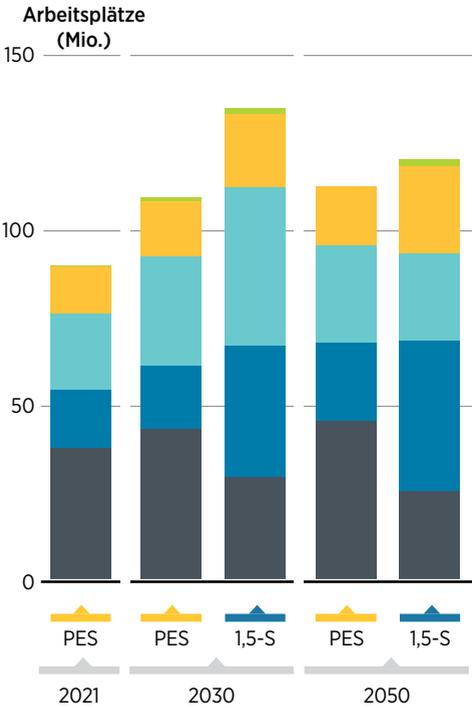
Der 1,5°C-Weg führt zu einem höheren BIP, das im Laufe des nächsten Jahrzehnts um 2,4% (im Durchschnitt) größer ist als jenes im PES und damit zur dringend gebrauchten Erholung nach COVID passt. Über die gesamte Energiewende bis zum Jahr 2050 liegt das BIP im Durchschnitt um 1,2% höher als im PES. Durch Investitionen in die vielen Dimensionen der Energiewende wird das Wachstum zusätzlich angekurbelt, was zu einer Reihe von Anpassungen in den miteinander verflochtenen Wirtschaftssektoren führt. Die geringere Nachfrage nach fossilen Brennstoffen führt zu geringeren Einnahmen im Bergbau- und Raffineriesektor sowie für die öffentlichen Haushalte (aufgrund geringerer Einnahmen aus Öl und Gas), was sich in einigen Ländern negativ auf das BIP auswirkt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit umfassender politischer Rahmenbedingungen, Strukturwandel und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen berücksichtigen.

Während des Übergangszeitraums ist die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung im 1,5°C-Szenario im Durchschnitt um 0,9% höher als im PES. Investitionen in Lösungen für die Energiewende, einschließlich erneuerbarer Energien, Netzausbau und Energieeffizienz haben die größten positiven Auswirkungen auf die Beschäftigung. Die Verlagerung von Investitionen weg von fossilen Brennstoffen (Förderung und Stromerzeugung) und anderen Sektoren hin zur Energiewende verringert die Nachfrage nach Arbeitskräften in den Sektoren rund um fossile Brennstoffe und jenseits der Energiewende auch entlang ihrer Wertschöpfungsketten.



Der neue Energiesektor weist im Jahr 2050 122 Millionen Arbeitsplätze auf. Qualifikationen, Kompetenzen und Berufe entstammen im ehrgeizigen 1,5°C-Szenario zunehmend dem verarbeitenden Gewerbe, gefolgt von der Brennstoffversorgung. Die Weiterbildung in solche Berufe ist oftmals einfach und bietet Chancen auch für Arbeitnehmer aus der fossilen Brennstoffindustrie. Die Bildungsanforderungen an die Arbeitskräfte entwickeln sich während des Übergangs dynamisch, mit einem kontinuierlichen Anstieg des Anteils und der Anzahl der Arbeitskräfte mit Primärbildung und einem Spitzenanteil der Arbeitskräfte mit Tertiärbildung bis 2030.

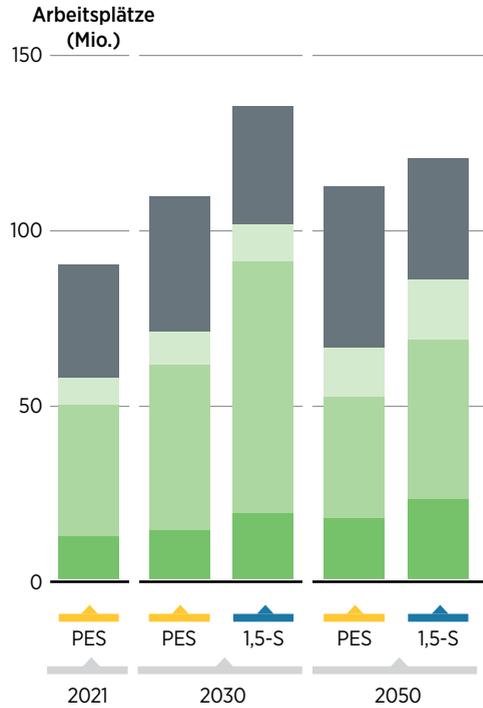
ABBILDUNG S.8 Arbeitsplätze im Energiesektor nach Technologie im PES- und 1,5°C-Szenario (Millionen), globale Ergebnisse



- Wasserstoff
- Stromnetze und Energieflexibilität
- Energieeffizienz und Wärmepumpen
- Erneuerbare Energien
- Fossile Brennstoffe
- Kernkraft

Auf der Grundlage der Analyse von IRENA

ABBILDUNG S.9 Arbeitsplätze im Energiesektor, nach Segment der Wertschöpfungskette, im 1,5°C-Szenario und PES (ohne Fahrzeuge)



- Brennstoffversorgung
- Betrieb und Wartung
- Fertigung
- Bau und Installation

Auf der Grundlage der Analyse von IRENA

Die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien wird bis zum Jahr 2050 auf 43 Millionen steigen. Im PES steigen die Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien um 9% gegenüber den Werten von 2021 und erreichen bis 2030 18 Millionen und bis 2050 23 Millionen Arbeitsplätze. Im Gegensatz dazu führt das 1,5°C-Szenario zu einem weitaus größeren Zuwachs bis 2030: die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien wird sich in diesem Szenario im kommenden Jahrzehnt auf 38 Millionen mehr als verdreifachen. Der größte Anteil entfällt auf die Photovoltaik (PV), gefolgt von Bioenergie, Wind- und Wasserkraft. Bau, Installation und Fertigung steigern die Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien im folgenden Jahrzehnt, wobei Betrieb und Wartung mit dem Fortschreiten der Energiewende im 1,5°C-Szenario relativ an Gewicht gewinnen.

ABBILDUNG S.10 Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien, nach Technologie, im 1,5°C-Szenario und PES (Millionen)

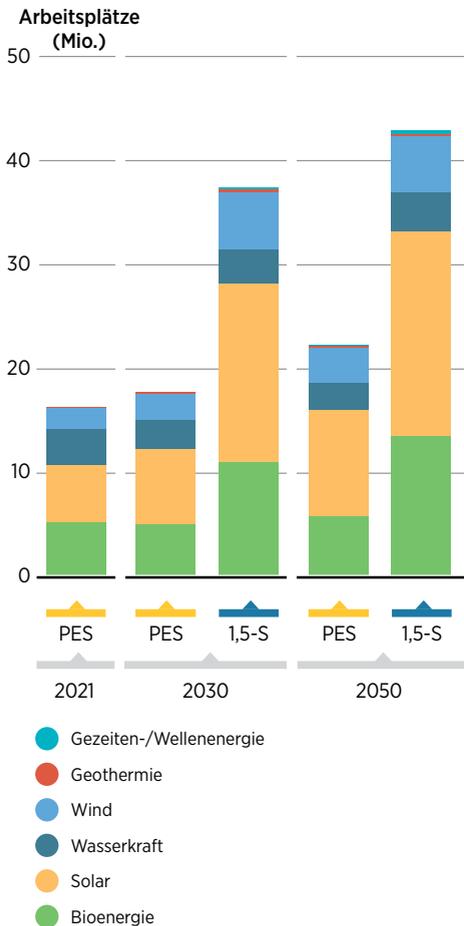
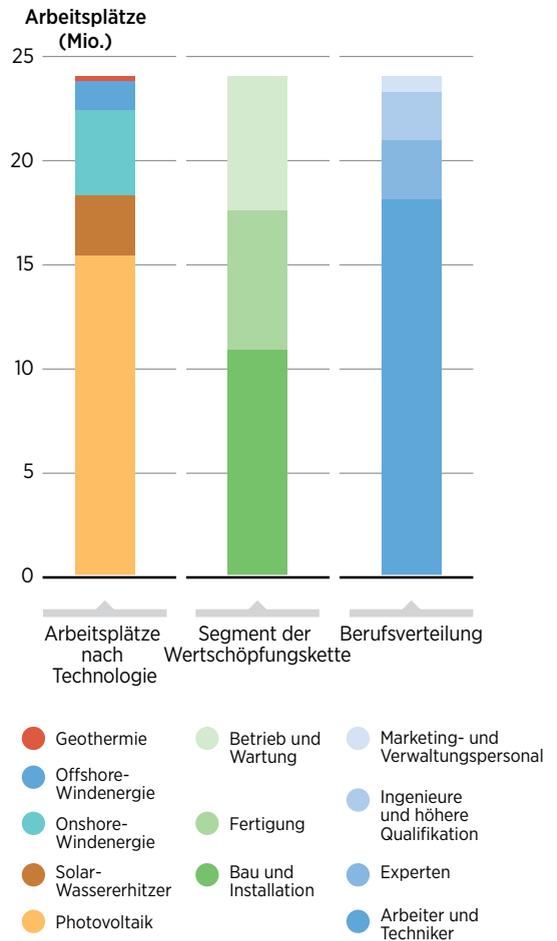


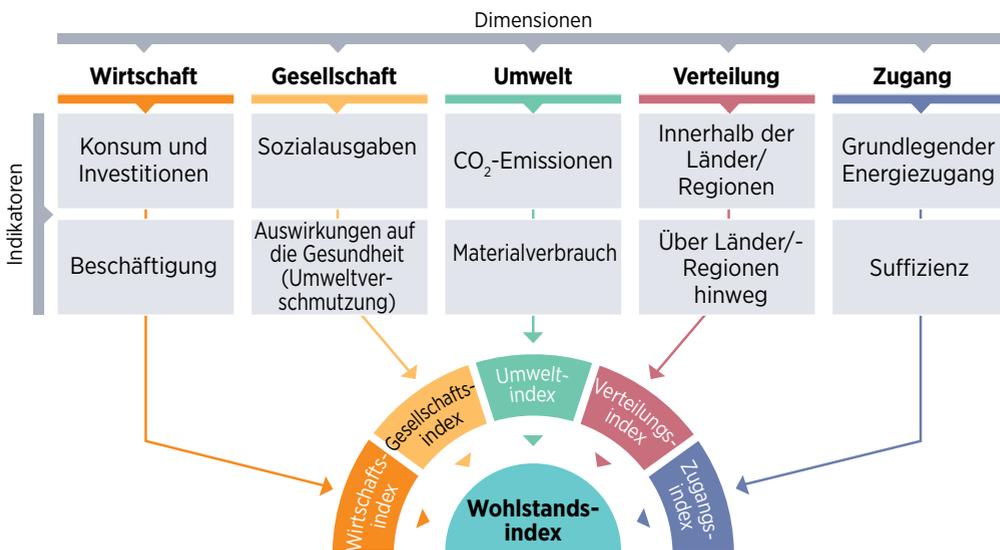
ABBILDUNG S.11 Beschäftigungsstruktur im 1,5°C-Szenario bis 2050 für ausgewählte erneuerbare Technologien nach Technologie, Segment der Wertschöpfungskette und beruflichen Anforderungen



Auf der Grundlage der Analyse von IRENA.

Der Energiewende-Wohlfahrtsindex von IRENA erfasst wirtschaftliche, soziale, ökologische, verteilungs- und energiezugangsbezogene Dimensionen Erstmals werden in diesem Index verteilungs- und energiezugangsbezogene Dimensionen berücksichtigt, die in anderen Analysen oft übergangen werden. Werden die Auswirkungen der Energiewende in diesen Dimensionen messbar gemacht, entsteht eine zahlenmäßige Basis für die Roadmaps, die die sozioökonomischen und ökologischen Vorteile der Energiewende ausschöpfen wollen.

ABBILDUNG S.12 Struktur des Energy Energiewende-Wohlfahrtsindex von IRENA



Das 1,5°C-Szenario schneidet in allen Wohlfahrtsdimensionen besser ab als das PES und bringt bis 2050 eine Verbesserung von 11% gegenüber dem PES.

- Die **wirtschaftliche Dimension** gestaltet sich bei beiden Szenarien ähnlich, was den relativ geringen Anteil des Energiesektors an der Weltwirtschaft und der Erwerbsbevölkerung insgesamt widerspiegelt.
- In puncto **Umweltdimension** zeigt sich eine 30%ige Verbesserung gegenüber dem PES mit deutlich geringeren Emissionen im 1,5°C-Szenario, auch wenn der erhöhte Materialverbrauch Herausforderungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit mit sich bringt.
- Die **soziale Dimension** ist im 1,5°C-Szenario um 23% besser zu bewerten, und zwar hauptsächlich weil die geringere Luftverschmutzung im Freien und in geschlossenen Räumen sich positiv auf die Gesundheit auswirkt. Die Sozialausgaben spielen eine wesentlich geringere Rolle bei der Verbesserung dieser Dimension.
- Die **Verteilungsdimension** verbessert sich im Vergleich zum PES um 37%; der Index bleibt jedoch absolut gesehen auf einem niedrigen Niveau, möglicherweise wegen etlicher Hindernisse für mehr Gleichheit. Sowohl die soziale als auch die Verteilungsdimension senken den Gesamtwohlfahrtsindex der Energiewende – eine Tatsache, die stärkere politische Aufmerksamkeit verdient.
- Die **energiezugangsbezogene Dimension** wächst im 1,5°C-Szenario im Vergleich zum PES um 7%, da ein universeller Energiezugang und ein ausreichendes Niveau an Energienutzung erreicht werden.

Die sozioökonomischen Auswirkungen variieren auf regionaler und Länderebene. Die auf die gesamte Welt bezogenen Angaben verdecken wichtige Unterschiede in den Auswirkungen der Energiewende und in der Verteilung der Nutzen auf Regionen und Länder. Klar ist, dass die Fahrpläne für die Energiewende und die sich daraus ergebenden sozioökonomischen Auswirkungen eng mit den politischen Rahmenbedingungen verknüpft sind und diese Verknüpfungen noch enger werden, wenn die Zielsetzungen in Einklang mit dem 1,5°C-Weg gelangen. Regierungen müssen sich unter der Energiewende in internationaler Zusammenarbeit engagieren, um sicherzustellen, dass Nutzen und Belastung der Energiewende gerecht verteilt werden.

TABELLE S.2 Übersicht über die Maßnahmen für Strukturwandel und für eine gerechte und faire Energiewende

ZIEL	EMPFEHLUNGEN
Mögliche Fehlanpassungen auf den Arbeitsmärkten korrigieren	Um eine gerechte und faire Wende zu gewährleisten, sind Maßnahmen zur Überwindung zeitlicher, geografischer und qualifikationsbedingter Ungleichgewichte erforderlich.
Entwicklung lokaler Wertschöpfungsketten	Der Ausbau und die Nutzung von heimischen Fähigkeiten erfordert sorgfältig ausgearbeitete Anreize und Regeln, Initiativen zur Unternehmensgründung, Programme zur Lieferkettenentwicklung, die Unterstützung kleiner und mittlerer Unternehmen sowie die Förderung wichtiger Industriecluster.
Bildungsangebot und Kapazitätsaufbau	Eine frühzeitige Auseinandersetzung mit Themen und Berufen im Bereich der erneuerbaren Energien ist wichtig, um das Interesse junger Menschen an einer Karriere in diesem Sektor zu wecken und auch um die gesellschaftliche Akzeptanz durch fachkundige Bürger zu erhöhen.
Unterstützung einer Kreislaufwirtschaft	Es sind politische Strategien und Maßnahmen erforderlich, um die Nachhaltigkeit von Lösungen im Zusammenhang mit der Energiewende und ihre reibungslose Integration in bestehende Ökosysteme im Sinne der Nachhaltigkeit, der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und des Umweltschutzes zu gewährleisten.
Unterstützung von Gemeinde- und Bürgerengagement	Bürgerengagement kann eine wichtige Rolle bei der Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien spielen und gleichzeitig lokale sozioökonomische Nutzen schaffen und die öffentliche Unterstützung für die lokale Energiewende verstärken.

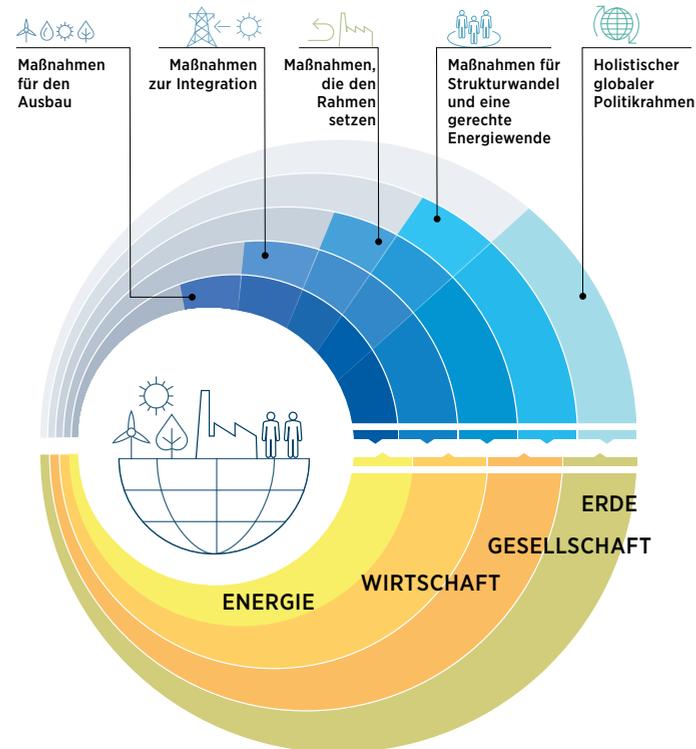
Umfassende politische Rahmenbedingungen für die Energiewende

Politische Maßnahmen und Investitionen in die Energiewende können einen breiteren Strukturwandel hin zu widerstandsfähigen Volkswirtschaften und Gesellschaften fördern. Der Energiesektor muss als integraler Bestandteil der Gesamtwirtschaft betrachtet werden, um sich der Auswirkungen der Wende vollständig bewusst zu sein und sicherzustellen, dass sie zeitnah und gerecht erfolgt. Die Regionen und Länder stehen an unterschiedlichen Ausgangspunkten, mit unterschiedlichen sozioökonomischen Prioritäten und Ressourcen, die das Ausmaß und Tempo ihrer Energiewende bestimmen. Eine Energiewende löst einen Strukturwandel aus, der sowohl Vorteile als auch Herausforderungen mit sich bringt, die in Form von Fehlanpassungen im Finanzwesen, auf den Arbeitsmärkten, in den Energiesystemen und im Energiesektor selbst in Erscheinung treten. Wenn diese Fehlanpassungen nicht entsprechend gemanagt werden, bergen sie das Risiko ungleicher Ergebnisse und einer Verlangsamung der Energiewende. Eine gerechte und integrierte Politik, die von starken Institutionen umgesetzt wird, ist weiterhin unerlässlich, um das volle Potenzial der Energiewende auszuschöpfen.

Internationale Zusammenarbeit ist ein wesentlicher Bestandteil der globalen Energiewende.

Es sind umfassende politische Rahmenbedingungen erforderlich, um Länder zusammenzubringen und sich gemeinsam zu einer gerechten Wende zu verpflichten, bei der niemand auf der Strecke bleibt und die den internationalen Strom von Finanzen, Möglichkeiten und Technologien stärkt. Die Klimapolitik stellt ein entscheidendes Element in einem solchen Rahmen dar. Andere Maßnahmen sollten fiskalpolitische Maßnahmen (wie eine angemessene Kohlenstoffbepreisung, die Emissionen in allen Sektoren berücksichtigt) und öffentliche Mittel zur Umsetzung von Maßnahmen zur Förderung des Ausbaus, zur Schaffung günstiger Bedingungen und zur Gewährleistung einer gerechten und stabilen Wende umfassen. Zu Letzterem gehören industrielle Entwicklung, Bildung und Ausbildung sowie soziale Sicherheit. Die notwendigen finanziellen Mittel werden nicht immer auf nationaler Ebene verfügbar sein. Daher ist Unterstützung durch internationale Zusammenarbeit erforderlich, insbesondere für die am wenigsten entwickelten Länder und kleine Inselentwicklungsstaaten.

ABBILDUNG S.13 Politische Rahmenbedingungen für eine gerechte und inklusive Energiewende





ISBN 978-92-9260-334-2

www.irena.org