

PROJEKTION DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023

FAHRPLAN ZUM 1,5°C-Ziel

KURZFASSUNG

© IRENA 2023

Sofern nichts anderes angegeben ist, darf das Material in dieser Publikation frei verwendet, weitergegeben, kopiert, vervielfältigt, gedruckt und/oder gespeichert werden, vorausgesetzt, IRENA wird als Quelle und Inhaber des Urheberrechts entsprechend anerkannt. In dieser Publikation enthaltenes Material von Dritten kann gesonderten Nutzungsbedingungen und Beschränkungen unterliegen. Vor jedweder Nutzung solchen Materials kann es notwendig sein, von diesen Dritten entsprechende Genehmigungen einzuholen.

QUELLENANGABE

IRENA (2023), *Projektion der weltweiten Energiewende 2023: Fahrplan zum 1,5°C-Ziel*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Diese Kurzfassung ist eine Übersetzung aus dem Englischen mit dem Originaltitel „*World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway*“ ISBN: 978-92-9260-527-8“ (2023). Im Falle von Abweichungen zwischen dieser Übersetzung und der englischen Originalfassung ist der englische Text maßgebend.

Als Download verfügbar: www.irena.org/publications

Weitere Informationen und Feedback: publications@irena.org

ÜBER IRENA

Die Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) dient als Hauptansprechpartner für internationale Zusammenarbeit. Sie ist Kompetenzzentrum und gibt ihr Wissen über Politik, Technologie, Ressourcen und Finanzen weiter. Als treibende Kraft vor Ort bringt sie weltweit die Energiewende voran. IRENA wurde 2011 als zwischenstaatliche Organisation gegründet und fördert die großflächige Einführung und nachhaltige Nutzung aller erneuerbaren Energien, darunter Bioenergie, Erdwärme, Wasserkraft, Meeres-, Solar- und Windenergie. Ihre Ziele sind eine nachhaltige Entwicklung, Zugang zu Energie, Energiesicherheit sowie Wirtschaftswachstum und Wohlstand ohne Emissionen.

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 Mitarbeitenden, Beauftragten, Daten- oder sonstigen Inhaltsanbietenden 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.

INHALTSVERZEICHNIS

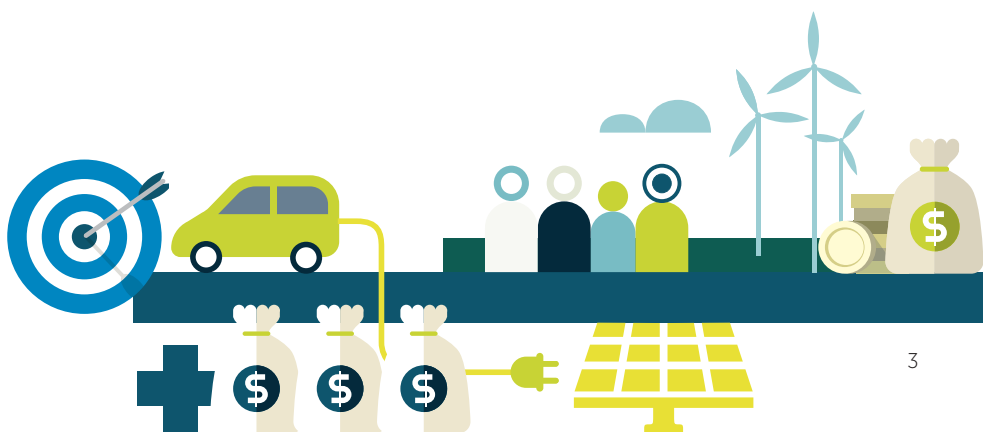
Vorwort	04
KURZFASSUNG	06
Anhaltende Investitionslücke	11
Überwindung von Hindernissen für den Wandel	12
Entwicklung von Strukturen für ein auf erneuerbaren Quellen basierendes Energiesystem	14
Beschäftigung und Lebensunterhalt	16
Sozioökonomische Auswirkungen der Energiewende	19
Blick in die Zukunft: Vorrang für mutige und umwälzende Maßnahmen	20
Neugestaltung der internationalen Zusammenarbeit	21
Szenarien	23

ABBILDUNGEN

Abbildung S1 Haupthindernisse für die Energiewende und Lösungen	13
Abbildung S2 Beschäftigung in der Weltwirtschaft, durchschnittlicher prozentualer Unterschied zwischen dem PES- und dem 1,5°C-Szenario, nach Einflussfaktoren, 2023–2050	16
Abbildung S3 Weltweite Arbeitsplätze im Energiesektor im PES- und 1,5°C-Szenario, 2021–2050	17
Abbildung S4 Anteil der Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien nach Region, 2050	18

TABELLEN

Tabelle S1 Verfolgung der Fortschritte bei Schlüsselkomponenten des Energiesystems zur Erreichung des 1,5°C-Szenarios	08
--	----



VORWORT

Der Synthesebericht zum Sechsten IPCC-Sachstandsbericht enthielt eine ernüchternde Botschaft: Unsere Fähigkeit als Gemeinschaft, den 1,5°C-Fahrplan einzuhalten, hängt in der Schwebe. Unser Erfolg bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen in diesem Jahrzehnt wird darüber entscheiden, ob der Temperaturanstieg weltweit auf 1,5 °C oder sogar 2 °C begrenzt werden kann. Dabei können die Folgen jeder noch so kleinen Erhöhung der Temperatur nicht hoch genug eingeschätzt werden – insbesondere für die am stärksten gefährdeten Bevölkerungsgruppen der Welt, die bereits unter den zerstörerischen Auswirkungen des Klimawandels leiden. Die Allgegenwart von klimabedingten Katastrophen – wie Überschwemmungen, Dürren oder Brände – verdeutlicht die dringende Notwendigkeit einer Kurskorrektur.

Bis zum Jahr 2030 müssen wir gleichzeitig die Ziele der Agenda für nachhaltige Entwicklung erreichen und die Emissionen erheblich reduzieren. Der Energiebereich spielt eine wesentliche Rolle bei der Klimakurskorrektur und der Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung. Der im *World Energy Transitions Outlook* (de: Projektion der weltweiten Energiewende) dargelegte 1,5°C-Fahrplan von IRENA positioniert Elektrifizierung und Effizienz als zentrale Triebkräfte des Wandels, ermöglicht durch erneuerbare Energien, sauberen Wasserstoff und nachhaltige Biomasse. Diese technologischen Ansätze werden von den Ländern zunehmend in den Mittelpunkt ihrer Klimaschutzmaßnahmen sowie ihrer Strategien für Wirtschaft, Energiesicherheit und Zugang für alle gestellt.

Band 1 des *World Energy Transitions Outlook 2023* bietet einen Überblick über die Fortschritte, indem er die Umsetzung und Defizite in allen Energiesektoren verfolgt. Dabei wird aufgezeigt, dass die meisten Fortschritte bisher im Stromsektor erzielt wurden. Dort sind wir durch einen positiven Kreislauf aus Technologie, Politik und Innovation weit vorangekommen. Aber der Umfang und das Ausmaß der Umsetzung bleiben weit hinter den Erfordernissen zur Einhaltung des 1,5°C-Fahrplans zurück. Eine ebenso besorgniserregende Entwicklung ist die geografische Konzentration dieser Maßnahmen, die sich nach wie vor auf einige wenige Länder und Regionen beschränken. Dieses Muster, das bereits seit zehn Jahren anhält, hat fast die Hälfte der Weltbevölkerung ausgeschlossen, vor allem die Bevölkerung in den Ländern, in denen der Zugang zu Energie ganz besonders benötigt wird.

Die wirtschaftlichen Argumente für erneuerbare Energien sind überzeugend, aber seit dem Zeitalter der fossilen Brennstoffe wurden Systeme und Strukturen geschaffen, die den Fortschritt weiterhin behindern. Im *World Energy Transitions Outlook* wird eine Perspektive für die Überwindung dieser Hindernisse aufgezeigt. Sie sieht drei Säulen vor, die das Fundament für den künftigen Weg bilden sollen: Die erste ist der Aufbau der erforderlichen Infrastruktur und umfangreiche Investitionen in die Stromnetze sowie die Land- und Seewege, um neue Produktionsstandorte, Handelsstrukturen und Nachfragezentren zu ermöglichen. Die zweite Säule ist die Entwicklung eines fortschrittlichen politischen und regulatorischen Rahmens, der gezielte Investitionen erleichtern kann. Die dritte Säule ist die strategische Neuausrichtung der institutionellen Kapazitäten, um sicherzustellen, dass die Qualifikationen und Fähigkeiten dem angestrebten Energiesystem entsprechen.

Dies erfordert auch eine Neuausrichtung der Funktionsweise der internationalen Zusammenarbeit. Multilaterale Finanzierungsinstitutionen sollten dem Aufbau der Infrastrukturen, die das neue Energiesystem unterstützen, Vorrang einräumen. Dies würde konsequent und parallel zur Verfolgung der vorrangigen Entwicklungs- und Klimaziele beitragen und eine positive wirtschaftliche und gesellschaftliche Dynamik auslösen. Vor allem würde dies Investitionen des Privatsektors in Ländern und Regionen ermöglichen, die derzeit mit Hindernissen wie hohen Kapitalkosten konfrontiert sind. Der Großteil dieser Mittel sollte in Form von weichen Krediten bereitgestellt werden, während für die besonders gefährdeten Länder – wie die am wenigsten entwickelten Länder (WEL) und die kleinen Inselentwicklungsländer (SIDS, en: small island developing states) – ein Anteil an Zuschussfinanzierung erforderlich ist.

IRENA betont seit langem die Notwendigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes für die Energiewende, der nicht nur technologische Entwicklungen, sondern auch sozioökonomische Aspekte umfasst. Dies erfordert ein Verständnis für die weitreichenden Veränderungen, die sich aus der Umstellung der Welt von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien und eine höhere Energieeffizienz ergeben werden.

PROJEKTION DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023

BAND

1

BAND

2

In Band 2 des *World Energy Transitions Outlook 2023* werden die sozioökonomischen Auswirkungen der beiden in Band 1 vorgestellten Fahrpläne – des 1,5°C-Szenarios von IRENA und des Planned Energy Scenario (PES) – verglichen. Die Arbeit basiert auf der makroökonomischen Modellbildung von IRENA und bietet politischen Entscheidungsträgern Erkenntnisse darüber, welche Auswirkungen der 1,5°C-Fahrplan im Vergleich zu den derzeitigen politischen Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftstätigkeit, die Beschäftigung und den Wohlstand haben könnte. Diese Analyse kann den Ländern bei der Entwicklung von Maßnahmen helfen, die den Nutzen der Energiewende maximieren und die durch Anpassungen entstehenden Belastungen minimieren.

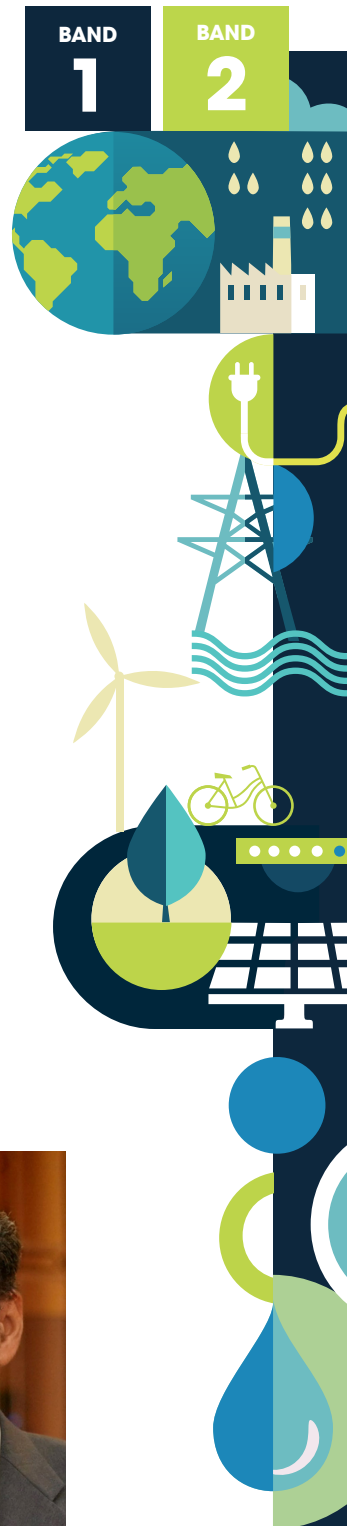
Jeder wirtschaftliche Strukturwandel bringt Gewinner und Verlierer hervor, weshalb die Gewährleistung vorteilhafter Ergebnisse für alle Regionen und Bevölkerungsgruppen ein breites Spektrum an Maßnahmen erfordert. Diese müssen von der Einsicht geleitet sein, dass der Energiesektor für alle Tätigkeiten des Menschen in der gesamten Wirtschaft von wesentlicher Bedeutung ist, dass die Wirtschaft letztlich dem menschlichen Wohlergehen dient und dass Wirtschaft und Gesellschaft von der Erhaltung der Ökosysteme des Planeten abhängig sind.

Eine erfolgreiche Politikgestaltung darf sich nicht nur auf den Energiesektor beschränken; in die Entscheidungsfindung für die Energiewende sollten daher verschiedene Ministerien und Interessengruppen einbezogen werden. In Anlehnung an die Botschaften früherer Ausgaben des Outlook wird in diesem Band der umfassende, ganzheitliche politische Rahmen skizziert, der für eine gerechte und wirksame Energiewende erforderlich ist.

Das gemeinschaftliche Versprechen des Pariser Abkommens bestand darin, eine klimasichere Existenz für die heutige und künftige Generationen zu gewährleisten. Wir können nicht einfach weiter schrittweise Veränderungen vornehmen. Es bleibt keine Zeit für die allmähliche Entwicklung eines neuen Energiesystems über Jahrhunderte hinweg, wie es bei dem auf fossilen Brennstoffen basierenden System der Fall war.

Die Energiewende muss unser strategisches Instrument zur Förderung einer gerechteren und inklusiveren Welt werden. Die 28. Vertragsstaatenkonferenz zur UN-Klimarahmenkonvention UNFCCC (COP28) und der Global Stocktake müssen nicht nur vor Augen führen, dass wir vom Fahrplan zum 1,5°C-Ziel abgekommen sind, sondern auch einen strategischen Plan vorlegen, der uns wieder auf den richtigen Weg bringt. Ich bin überzeugt, dass der *World Energy Transitions Outlook* einen entscheidenden Beitrag zur Gestaltung unseres gemeinsamen Handelns nach diesem wichtigen Meilenstein der Klimapolitik leisten kann.

Francesco La Camera
Generaldirektor der IRENA



KURZFASSUNG



Die Energiewende ist vom Kurs abgekommen. Die Nachwirkungen der COVID-19-Pandemie und die Welleneffekte der Ukraine-Krise haben die Herausforderungen für den Wandel weiter verschärft. Es steht viel auf dem Spiel – jede noch so kleine Änderung der Temperatur kann erhebliche und weitreichende Folgen für Natur, Gesellschaft und Volkswirtschaft haben.

Um die globale Erwärmung auf 1,5°C zu begrenzen, müssen die CO₂-Emissionen gegenüber dem Stand von 2022 um etwa 37 Gigatonnen (Gt) gesenkt und bis 2050 eine Netto-Null-Emission im Energiesektor erreicht werden. Trotz gewisser Fortschritte bestehen nach wie vor erhebliche Diskrepanzen zwischen dem derzeitigen Einsatz von Technologien zur Energiewende und dem erforderlichen Ausmaß, um das Ziel des Pariser Abkommens zu erreichen und den globalen Temperaturanstieg bis zum Ende dieses Jahrhunderts auf 1,5°C gegenüber dem Stand der vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Ein mit dem 1,5°C-Ziel vereinbarer Fahrplan erfordert einen grundlegenden Wandel in der Art und Weise, wie eine Gesellschaft Energie verbraucht und erzeugt.

Die derzeitigen Zusagen und Pläne bleiben weit hinter dem 1,5°C-Fahrplan von IRENA zurück und führen zu einer Emissionslücke in Höhe von 16 Gt im Jahr 2050. National festgelegte Beiträge (NDC, en: nationally determined contributions), langfristige Entwicklungsstrategien mit niedrigen Treibhausgasemissionen (LT-LEDS, en: long-term low greenhouse gas emission development strategies) und Netto-Null-Ziele könnten die CO₂-Emissionen bei vollständiger Umsetzung bis 2030 um 6 % und bis 2050 um 56 % gegenüber dem Stand von 2022 senken. Die meisten Klimazusagen müssen jedoch noch in ausführliche nationale Strategien und Pläne überführt – und durch politische Maßnahmen und Vorschriften umgesetzt – oder mit ausreichenden Mitteln unterstützt werden. Laut dem Planned Energy Scenario (PES) von IRENA wird die energiebezogene Emissionslücke bis 2050 voraussichtlich 34 Gt erreichen, was den dringenden Bedarf an umfassenden Maßnahmen zur Beschleunigung des Wandels unterstreicht.

Um den 1,5°C-Fahrplan einhalten zu können, müssen jährlich etwa 1 000 GW an Kapazitäten aus erneuerbaren Energien installiert werden. Im Jahr 2022 kamen weltweit rund 300 GW an Kapazitäten aus erneuerbaren Energien hinzu, was 83 % der neuen Kapazitäten ausmacht, verglichen mit einem Anteil von insgesamt 17 % bei fossilen Brennstoffen und Atomenergie. Sowohl das Volumen als auch der Anteil der erneuerbaren Energien müssen erheblich steigen, was sowohl technisch machbar als auch wirtschaftlich vertretbar ist.

Entsprechende Maßnahmen und Investitionen gehen nicht konsequent in die richtige Richtung. Während im Jahr 2022 ein Rekordzuwachs bei erneuerbaren Energien zu verzeichnen war, gab es in diesem Jahr auch die höchsten Subventionen aller Zeiten für fossile Brennstoffe, da viele Regierungen versuchten, die hohen Energiepreise für Verbraucher und Unternehmen abzufedern. Die weltweiten Investitionen in alle Technologien der Energiewende erreichten im Jahr 2022 ein Rekordhoch von 1,3 Billionen USD, wobei die Investitionen in fossile Brennstoffe jedoch fast doppelt so hoch waren wie jene in erneuerbare Energien. Angesichts dessen, dass erneuerbare Energien und Energieeffizienz am ehesten in der Lage sind, die Klimaschutzverpflichtungen zu erfüllen und gleichzeitig die Ziele der Energiesicherheit und der Erschwinglichkeit von Energie zu erreichen, müssen die Regierungen ihre Anstrengungen verdoppeln, um sicherzustellen, dass die Investitionen auf dem richtigen Weg sind.

Jedes Jahr wächst die Kluft zwischen erreichten Zielen und erforderlichen Maßnahmen weiter. Die Indikatoren von IRENA für die Energiewende (Tabelle S1) zeigen, dass über alle Energiesektoren und -technologien hinweg eine deutliche Beschleunigung erforderlich ist, von einer stärkeren Elektrifizierung des Endverbrauchs im Verkehrs- und Wärmebereich bis hin zur direkten Nutzung erneuerbarer Energien, der Energieeffizienz und dem Ausbau der Infrastruktur. Die Verzögerungen vergrößern nur die ohnehin schon beträchtliche Herausforderung, die vom IPCC bis 2030 und 2050 festgelegten Emissionssenkungen für den 1,5°C-Fahrplan zu erreichen (IPCC, 2022a). Dieser Mangel an Fortschritt wird auch den künftigen Investitionsbedarf und die Kosten einer Verschärfung der Klimawandelfolgen erhöhen.

TABELLE S1 Verfolgung der Fortschritte bei Schlüsselkomponenten des Energiesystems zur Erreichung des 1,5°C-Szenarios

Indikatoren	Die letzten Jahre	2030 ¹⁾	2050 ¹⁾	Fortschritt (nicht auf Kurs/auf Kurs)
ELEKTTRIFIZIERUNG MIT ERNEUERBAREN ENERGIEN				
Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung	28% ²⁾	68%	91%	
Zubau an Stromkapazitäten aus erneuerbaren Energiequellen	295 GW/Jahr ³⁾ +++++	975 GW/Jahr ⁴⁾ +++++	1 066 GW/Jahr +++++	
Jährlicher Zubau von PV	191 GW/Jahr ³⁾ ●	551 GW/Jahr ⁵⁾ ●	615 GW/Jahr ●	
Jährlicher Zubau von Windenergie	75 GW/Jahr ³⁾ ●	329 GW/Jahr ⁶⁾ ●	335 GW/Jahr ●	
Investitionsbedarf für EE-Erzeugung	486 Milliarden USD/Jahr ⁷⁾	1 300 Milliarden USD/Jahr	1 380 Milliarden USD/Jahr	
Investitionsbedarf für Stromnetze und Flexibilität	274 Milliarden USD/Jahr ⁸⁾	605 Milliarden USD/Jahr	800 Milliarden USD/Jahr	
DIREKTE ERNEUERBARE ENERGIEN IM ENDVERBRAUCH UND BEI FERNWÄRME				
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch	17% ⁹⁾	35%	82%	
Solarthermische Kollektorfläche	585 Millionen m ² /Jahr ¹⁰⁾ ■	1 552 Millionen m ² /Jahr ■	3 882 Millionen m ² /Jahr ■	
Moderne Bioenergienutzung (direkte Nutzung)	21 EJ ¹¹⁾ ■	46 EJ ■	53 EJ ■	
Verbrauch Erdwärme (direkte Nutzung)	0,9 EJ ¹²⁾ ■	1,4 EJ ■	2,2 EJ ■	
Fernwärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen	0,9 EJ ¹³⁾ ■	4,3 EJ ■	13 EJ ■	
Investitionsbedarf für Fernwärme und Endverbrauch aus erneuerbaren Energiequellen	13 Milliarden USD/Jahr ¹⁴⁾ ■	290 Milliarden USD/Jahr ¹⁵⁾	210 Milliarden USD/Jahr	

ERNEUERBARE ENERGIEN

► Fortsetzung

(Forts.) TABELLE S1 Verfolgung der Fortschritte bei Schlüsselkomponenten des Energiesystems zur Erreichung des 1,5°C-Szenarios

	Indikatoren	Die letzten Jahre	2030 ¹⁾	2050 ¹⁾	Fortschritt (nicht auf Kurs/auf Kurs)
ENERGIEEFFIZIENZ	Energieintensitätsverbesserungsrate	1,7%/Jahr ¹⁶⁾	3,3%/Jahr	2,8%/Jahr	
	Investitionsbedarf für Energieeinsparung und -effizienz ¹⁷⁾	295 Milliarden USD/Jahr ¹⁸⁾	1 780 Milliarden USD/Jahr	1 525 Milliarden USD/Jahr	
ELEKTRIFIZIERUNG	Anteil direkter Energien am Endenergieverbrauch	22% ¹⁹⁾	29%	51%	
	Elektro-Pkw auf der Straße	10,5 Millionen ²⁰⁾	360 Millionen	2 180 Millionen	
	Investitionsbedarf für Ladeinfrastruktur von EF und Unterstützung der Einführung von EF ²¹⁾	30 Milliarden USD/Jahr	137 Milliarden USD/Jahr	364 Milliarden USD/Jahr	
	Investitionsbedarf für Wärmepumpen ²²⁾	64 Milliarden USD/Jahr	237 Milliarden USD/Jahr	230 Milliarden USD/Jahr	
WASSERSTOFF	Produktion von sauberem Wasserstoff	H ₂ 0,7 Mt/Jahr ²³⁾	H ₂ 125 Mt/Jahr ²⁴⁾	H ₂ 523 Mt/Jahr ²⁵⁾	
	Elektrolyseur-Kapazität	0,5 GW ²⁶⁾	428 GW	5 722 GW	
	Investitionsbedarf für Infrastruktur von sauberem Wasserstoff und Derivaten ²⁷⁾	1,1 Milliarden USD/Jahr ²⁸⁾	100 Milliarden USD/Jahr	170 Milliarden USD/Jahr	
CCS UND BECCS	CCS/U- verringerte Emissionen ²⁹⁾	0,04 abgedeckte GtCO ₂ /Jahr	1,4 abgedeckte GtCO ₂ /Jahr	3,2 abgedeckte GtCO ₂ /Jahr	
	BECCS und sonstige zur Verringerung der Gesamtemissionen ³⁰⁾	0,002 abgedeckte GtCO ₂ /Jahr	0,8 abgedeckte GtCO ₂ /Jahr	3,8 abgedeckte GtCO ₂ /Jahr	
	Investitionsbedarf für CO ₂ -Abscheidung und Infrastruktur ³¹⁾	6,4 Milliarden USD/Jahr	38 Milliarden USD/Jahr	107 Milliarden USD/Jahr	

► Anmerkungen: Siehe nächste Seite

PROJEKTION

DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023

Anmerkungen zu Tabelle S1: [1] Der durchschnittliche jährliche Investitionsbedarf in den Zeiträumen 2023–2030 und 2023–2050 zur Erreichung des 1,5°C-Ziels ist in den Investitionszeilen unter 2030 bzw. 2050 angegeben. Alle Investitionszahlen der letzten Jahre sind in USD zum derzeitigen Tageskurs angegeben; die für die Indikatoren verwendeten Angaben der letzten Jahre sind: [2] 2020; [3] Netto-Kapazitätserweiterungen für 2030 und 2050 ohne Ersatzbestand für ausgediente Anlagen; [4] 2022; [5] 2022; [6] 2022; [7] 2022; [8] 2022; [9] 2020; [10] 2021; [11] 2020 – Verwendungen außerhalb des Energiesektors sind nicht enthalten; [12] 2020; [13] 2020; [14] künftig erforderliche Investitionen in erneuerbare Energien für Endverbrauch, Fernwärme, Biokraftstoffe und innovative Kraftstoffe auf Biobasis; [15] 2022; [16] Der Wert der letzten Jahre ist ein Durchschnittswert zwischen 2010 und 2020; [17] die künftigen Investitionen in Energieeinsparung und -effizienz umfassen Investitionen in biobasierte Kunststoffe und organische Materialien, chemisches und mechanisches Recycling und Energierückgewinnung; [18] 2021; [19] 2020; [20] 2022; [21] 2022; [22] 2022; [23] 2021; [24] der Anteil von grünem Wasserstoff beträgt 40 % im Jahr 2030; [25] der Anteil von grünem Wasserstoff beträgt 94 % im Jahr 2050; [26] 2022; [27] zukünftig notwendige Investitionen in Elektrolyseure, Infrastruktur, H₂-Tankstellen, Bunkerungsanlagen und Langzeitlagerung; [28] 2022; [29] Umfasst die CO₂-Abscheidung bei der Erdgasverarbeitung, Wasserstoff, die Versorgung mit anderen Brennstoffen, Strom und Wärme, Industrie und die direkte Abscheidung von Luft beim Betrieb von Anlagen, 2022; [30] Die derzeitige Gesamtabscheidung stammt aus der Brennstoffversorgung, 2022; [31] 2022. CCS/U = CO₂-Abscheidung und -Speicherung/-Verwendung (carbon capture and storage/use); BECCS = Bioenergie, CO₂-Abscheidung und -Speicherung (bioenergy, carbon capture and storage); EF = Elektrofahrzeuge; EE = erneuerbare Energie; J = Jahr; m² = Quadratmeter; EJ = Exajoule; Gt = Gigatonne.



Der Anteil der erneuerbaren Energien am globalen Energiemix würde im 1,5°C-Szenario von IRENA von 16 % im Jahr 2020 auf 77 % im Jahr 2050 steigen. Das Gesamtangebot an Primärenergie würde aufgrund einer höheren Energieeffizienz und des Wachstums der erneuerbaren Energien stabil bleiben. Die erneuerbaren Energien würden in allen Endverbrauchsbereichen zulegen, während eine hohe Elektrifizierungsrate in Bereichen wie Verkehr und Gebäude bis 2050 im Vergleich zu 2020 eine Verzwölfachung der Kapazitäten bei erneuerbare Energien erfordern würde. Im 1,5°C-Szenario müsste von 2023 bis 2050 weltweit ein jährlicher Kapazitätswachstum aus erneuerbaren Energien von durchschnittlich 1 066 GW pro Jahr erzielt werden.

Elektrizität würde zum Hauptenergieträger werden und im 1,5°C-Szenario im Jahr 2050 mehr als 50 % des gesamten Endenergieverbrauchs ausmachen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Verbesserung der Energieeffizienz und die Elektrifizierung der Endverbrauchsbereiche würden zu diesem Wandel beitragen. Darüber hinaus würden sowohl moderne Biomasse als auch Wasserstoff eine größere Rolle spielen und im Jahr 2050 16 % bzw. 14 % des gesamten Endenergieverbrauchs decken.

Im Jahr 2050 würden im 1,5°C-Szenario 94 % des Wasserstoffs aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Wasserstoff würde eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung des Endverbrauchs und der Flexibilität des Energiesystems spielen. Im 1,5°C-Szenario wird davon ausgegangen, dass der gesamte Endenergieverbrauch zwischen 2020 und 2050 dank Effizienzsteigerungen, des Einsatzes erneuerbarer Energien und veränderter Verhaltens- und Verbrauchsmuster um 6 % sinkt.

Anhaltende Investitionslücke

Um das 1,5°C-Ziel bis 2050 zu verwirklichen, sind Investitionen von insgesamt 150 Billionen USD erforderlich, was einen jährlichen Durchschnitt von über 5 Billionen USD ergibt. Wenngleich die weltweiten Investitionen in alle Technologien für die Energiewende im Jahr 2022 ein neues Rekordhoch von 1,3 Billionen USD erreichten, müssen sich die jährlichen Investitionen mehr als vervierfachen, um den Fahrplan zum 1,5°C-Ziel einhalten zu können. Im Vergleich zum Planned Energy Scenario (PES), das Gesamtinvestitionen in Höhe von 103 Billionen USD erfordert, sind bis 2050 zusätzlich Gesamtinvestitionen in Höhe von 47 Billionen USD notwendig, um den 1,5°C-Fahrplan einzuhalten. Etwa 1 Billion USD derzeit im PES erwarteter jährlicher Investitionen in die auf fossilen Brennstoffen basierenden Technologien müssen daher in Technologien und Infrastrukturen für die Energiewende umgelenkt werden.

Die Investitionen in erneuerbare Energien konzentrieren sich nach wie vor auf eine begrenzte Anzahl von Ländern und auf einige wenige Technologien. Im Jahr 2022 erreichten die Investitionen in erneuerbare Energien (einschließlich Strom und Endverbrauch) 0,5 Billionen USD (IRENA und CPI, 2023). Dies ist jedoch nur etwa ein Drittel der durchschnittlichen jährlichen Investitionen in erneuerbare Energien, die im 1,5°C-Szenario getätigt werden müssen. Darüber hinaus kamen 85 % der weltweiten Investitionen in erneuerbare Energien weniger als 50 % der Weltbevölkerung zugute, und nur 1 % der zusätzlichen Kapazitäten entfiel im Jahr 2022 auf Afrika (IRENA, 2023a; IRENA und CPI, 2023). Die Investitionen in netzunabhängige Lösungen aus erneuerbaren Energien beliefen sich im Jahr 2021 auf 0,5 Mrd. USD (IRENA und CPI, 2023) – weit unter den 15 Mrd. USD, die bis 2030 jährlich benötigt werden. Obwohl viele Technologien zur Auswahl stehen, wurden die meisten Investitionen – nämlich 95 % – in Photovoltaik und Windenergie getätigt (IRENA und CPI, 2023). Es müssen mehr Mittel in andere Technologien der Energiewende wie Biokraftstoffe, Wasserkraft und Erdwärme sowie in Bereiche jenseits der Stromerzeugung fließen, in denen der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch geringer ist (z. B. Heizung und Verkehr).

Zwischen 2013 und 2020 kamen rund 75 % der weltweiten Investitionen in erneuerbare Energien aus dem Privatsektor. Privates Kapital fließt jedoch tendenziell in die Technologien und Länder mit den – tatsächlich oder vermeintlich – geringsten Risiken. Im Jahr 2020 kamen 83 % der Finanzierungszusagen für Photovoltaik aus dem Privatsektor, während Erdwärme und Wasserkraft in erster Linie aus öffentlichen Mitteln finanziert wurden: Nur 32 % bzw. 3 % der Investitionen in diese Technologien kamen im Jahr 2020 von privaten Investoren (IRENA und CPI, 2023). Es sind höhere Interventionen des öffentlichen Sektors erforderlich, um einen stärker ausgewogenen Investitionsfluss in die Technologien und Länder sicherzustellen.

Öffentliche Mittel und politische Entscheidungen sollten privates Kapital anziehen, aber eine größere geografische und technologische Vielfalt der Investitionen erfordert gezielte und umfangreichere öffentliche Beiträge. Viele Jahre lang hat sich die Politik auf die Mobilisierung von privatem Kapital konzentriert. Es ist dringend erforderlich, öffentliche Mittel für Investitionen in die grundlegende Energieinfrastruktur der Entwicklungsländer sowie für die Einführung weniger ausgereifter Technologien (insbesondere für Endanwendungen wie Heizung und Verkehr oder die Herstellung synthetischer Brennstoffe) und für Bereiche bereitzustellen, in die sich private Investoren nur selten vorwagen. Andernfalls könnte sich die Investitionslücke zwischen der Nordhalbkugel und der Südhalbkugel weiter vergrößern.

Überwindung von Hindernissen für den Wandel

Die politischen Entscheidungsträger müssen das richtige Gleichgewicht zwischen reaktiven Maßnahmen und proaktiven Strategien zur Energiewende finden, die ein robusteres, inklusiveres und klimaverträglicheres System fördern. Mehrere Grundursachen der gegenwärtigen Krisen sind auf das auf fossilen Brennstoffen basierende Energiesystem zurückzuführen, z. B. die übermäßige Abhängigkeit von einer begrenzten Anzahl an Brennstoffexporteuren, Ineffizienz und Verschwendung bei Energieerzeugung und -verbrauch sowie die fehlende Berücksichtigung negativer ökologischer und gesellschaftlicher Auswirkungen. Eine auf erneuerbaren Energien basierende Energiewende kann viele dieser Probleme verringern oder beseitigen. Daher werden Energiesicherheit und wirtschaftliche und gesellschaftliche Krisenfestigkeit auf nationaler Ebene dadurch bestimmt, wie schnell der Wandel vollzogen wird, ebenso wie neue Chancen für ein weltweit verbessertes Gemeinwohl.

Die Beschleunigung des weltweiten Fortschritts erfordert eine Abkehr von Strukturen und Systemen, die für das Zeitalter der fossilen Brennstoffe geschaffen wurden. Die Energiewende kann ein Instrument zur vorausschauenden Gestaltung einer Welt mit mehr Gleichberechtigung und Inklusion sein. Dies bedeutet die Überwindung bestehender Barrieren in den Bereichen Infrastruktur, Politik, Beschäftigung und Institutionen, die den Fortschritt hemmen und die Inklusivität behindern (Abbildung S1).

Kurzfristig kann noch mehr getan werden. Auch wenn die Energiewende zweifellos Zeit braucht, gibt es ein erhebliches Potenzial für die sofortige Umsetzung vieler verfügbarer technologischer Optionen. Der Aufwärtstrend beim Ausbau dieser Lösungen zeigt, dass die technischen und wirtschaftlichen Argumente schlüssig sind. Es bedarf jedoch umfassender Maßnahmen in allen Bereichen, um den Ausbau zu beschleunigen und die für die Verwirklichung der Klima- und Entwicklungsziele erforderlichen systemischen und strukturellen Veränderungen einzuleiten.

ABBILDUNG S1 Haupthindernisse für die Energiewende und Lösungen



Grundlegende Infrastruktur



Politische Maßnahmen und Vorschriften



Kompetenzen und institutionelle Kapazitäten

Barrieren

- ▶ **Unzureichende Infrastruktur für die Anbindung erneuerbarer Energien an die Märkte**, einschließlich Energiespeicherung und Infrastruktur zur Netzintegration.
- ▶ **Mangelnde Vorbereitung der Verteilungsinfrastruktur** für Strom, Gas und Brennstoffe.
- ▶ **Unvorbereitete Anlagen des Endverbrauchssektors** für den Umstieg auf erneuerbare Energien.

- ▶ **Weiter auf fossile Brennstoffe ausgerichtete politische und regulatorische Rahmenbedingungen**, die keine ausreichenden öffentlichen Mittel für die Unterstützung der Energiewende bereitstellen.
- ▶ **Fehlen einer integrierten Planung für Energieerzeugung und -verbrauch.**
- ▶ **Unzureichende Berücksichtigung der sozioökonomischen Aspekte**, einschließlich einer fehlenden Industriepolitik für wirtschaftlich tragfähige Versorgungsketten.

- ▶ **Fehlende Abstimmung zwischen Beschäftigungsverlusten bei fossilen Brennstoffen und Beschäftigungsgewinnen bei erneuerbaren Energien** (qualifikationsbezogen, sektoral, räumlich, zeitlich).
- ▶ **Qualifikationsmängel** aufgrund unzureichender Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten; ungleicher Zugang für Frauen, Jugendliche und Minderheiten sowie ungedeckter Bedarf an Umschulung und Höherqualifizierung. Ebenso mangelndes Bewusstsein für Chancen.
- ▶ **Probleme der Arbeitsplatzqualität**, einschließlich Löhne, Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz sowie allgemeine Arbeitsbedingungen.

Lösungen

Vorausschauende Planung, Modernisierung und Ausbau der unterstützenden Infrastruktur an Land und auf See zur Ermöglichung der Entwicklung, Speicherung, Verteilung, Übertragung und des Verbrauchs von erneuerbaren Energien.

Die Infrastruktur sollte nationale, regionale und globale Strategien für die neue Dynamik von Angebot und Nachfrage unterstützen.

Gestaltung politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen, die den Ausbau, die Integration und den Handel mit Energie aus erneuerbaren Quellen erleichtern, die sozioökonomischen und ökologischen Ergebnisse verbessern und Gerechtigkeit und Inklusion fördern.

Diese müssen die Energiewende auf verschiedenen Ebenen, von lokal bis international, ermöglichen und die neue Dynamik von Angebot und Nachfrage widerspiegeln.

Bewusstseinsbildung und Kapazitätsaufbau bei Institutionen, Bevölkerungsgruppen und Einzelpersonen, um die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse zur Förderung und Unterstützung der Energiewende zu erwerben.

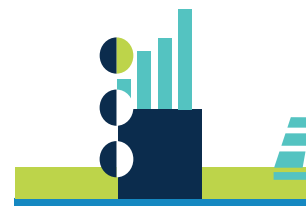
Dies beinhaltet die Koordinierung zwischen Bildungseinrichtungen und Industrie. Gestärkte Institutionen, sozialer Dialog und Tarifverhandlungen werden zu einem größeren sozioökonomischen Nutzen beitragen.

PROJEKTION

DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023



Innerhalb von 30 Jahren muss ein tiefgreifender und systemischer Wandel des globalen Energiesystems stattfinden



Der Global Stocktake auf der UN-Klimakonferenz 2023 (COP28) muss als Katalysator für eine Intensivierung der Maßnahmen bis 2030 dienen, um die bestehenden Optionen für die Energiewende umzusetzen.

Wenngleich die Planung Raum für Innovationen und zusätzliche politische Maßnahmen bieten muss, ist ein deutlicher Ausbau der bestehenden Lösungen von größter Dringlichkeit. So ist beispielsweise die Förderung der Effizienz und der Elektrifizierung auf der Grundlage erneuerbarer Energien ein kosteneffizienter Weg für den Stromsektor, aber auch für die Bereiche Verkehr und Gebäude. Sauberer Wasserstoff und seine Derivate sowie nachhaltige Biomassekonzepte bieten ebenfalls verschiedene Lösungen für Endanwendungen.

Die Zeit nach COP28 wird für Bemühungen zur Eindämmung des Klimawandels und zur Verwirklichung der in der Agenda 2030 dargelegten Ziele für nachhaltige Entwicklung von entscheidender Bedeutung sein.

Die Energiewende ist ausschlaggebend für die Verwirklichung der vorrangigen wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und ökologischen Ziele. Regierungen, Finanzinstitutionen und der Privatsektor müssen ihre Zielsetzungen, Strategien und Pläne für die Umsetzung dringend anpassen, um die Energiewende in die richtige Richtung zu lenken.

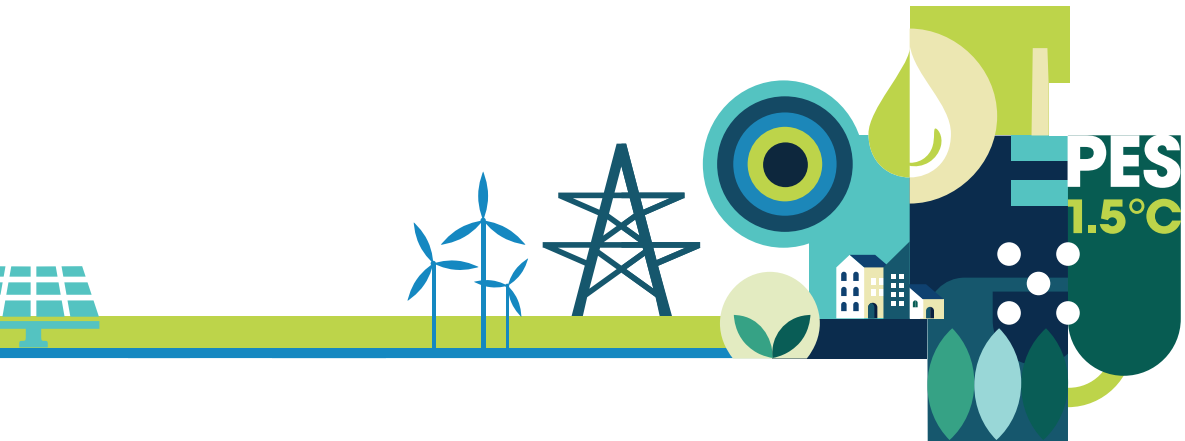
Entwicklung von Strukturen für ein auf erneuerbaren Quellen basierendes Energiesystem

Innerhalb von 30 Jahren muss ein tiefgreifender und systemischer Wandel des weltweiten Energiesystems herbeigeführt werden.

Dieser knappe Zeitrahmen erfordert eine strategische Neuausrichtung, die über die Dekarbonisierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs hinausgeht und auf die Entwicklung eines Energiesystems abzielt, das nicht nur die Senkung der Kohlenstoffemissionen, sondern auch eine krisenfeste und inklusive Weltwirtschaft unterstützt. Folglich muss die Planung über die Grenzen und die Beschränkung von Brennstoffen hinausgehen und sich auf die Anforderungen des neuen Energiesystems und der davon getragenen Volkswirtschaften konzentrieren.

Durch die Schaffung der nötigen Voraussetzungen für ein von erneuerbaren Energien getragenes System können strukturelle Barrieren, die den Fortschritt der Energiewende behindern, beseitigt werden.

Maßnahmen zur Eindämmung von Brennstoffen und sektorale Abfederungen sind nach wie vor notwendig, reichen aber nicht aus, um den Wandel zu einem von erneuerbaren Quellen getragenen Energiesystem zu vollziehen. Die Weltweite Energieinfrastruktur wird sich von der Energieerzeugung und dem Energietransport bis hin zur Verarbeitung von Kohle, Erdöl und Erdgas ändern müssen. Dies wird sich auf die Stromerzeugung, die Industrieproduktion und das verarbeitende Gewerbe sowie auf den Schienenverkehr, die Pipelines, die Werften und andere Mittel zur Versorgung mit fossilen Brennstoffen auswirken. Ein stärkeres Augenmerk auf die Gestaltung der Systeme wird dazu beitragen, die Entwicklung einer neuen Energieinfrastruktur zu beschleunigen und ihre Umsetzung zu unterstützen.



Die Regierungen können ein auf erneuerbaren Quellen basierendes Energiesystem vorausschauend gestalten, die Schwächen und Ineffizienzen der derzeitigen Strukturen überwinden und die Ergebnisse effektiver beeinflussen. Die gleichzeitige vorausschauende Anpassung materieller, politischer und institutioneller Strukturen wird für die Erreichung der Entwicklungs- und Klimaziele und die Verwirklichung einer krisenfesten und gerechteren Welt unerlässlich sein. Folgende Grundlagen sollten die Säulen einer Struktur zur Unterstützung der Energiewende bilden:

Die Verbesserung, Modernisierung und Erweiterung der materiellen Infrastruktur wird die Krisenfestigkeit erhöhen und die Flexibilität für ein diversifiziertes und vernetztes Energiesystem schaffen. Die Übertragung und Verteilung muss sowohl dem stark lokalen, dezentralen Charakter vieler erneuerbarer Brennstoffe als auch den unterschiedlichen Handelswegen Rechnung tragen. Bei der Planung von Verbindungsleitungen für den Stromhandel und von Schifffahrtswegen für Wasserstoff und Derivate müssen die sehr unterschiedlichen globalen Dynamiken berücksichtigt und die Länder vorausschauend miteinander verbunden werden, um die Diversifizierung und Krisenfestigkeit der Energiesysteme zu fördern. Speicherlösungen müssen weit verbreitet und unter Berücksichtigung der geoökonomischen Auswirkungen konzipiert werden. Auch die Akzeptanz durch die Öffentlichkeit ist für jedes Großprojekt von entscheidender Bedeutung und kann durch Projekttransparenz und Möglichkeiten zur Mitsprache für die Allgemeinheit sichergestellt werden.

Für Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung müssen die Beschleunigung der Energiewende und die Verringerung der Rolle fossiler Brennstoffe systematisch Vorrang haben. Die zugrundeliegenden politischen und regulatorischen Systeme sind immer noch auf fossile Brennstoffe ausgerichtet. Auch wenn fossile Brennstoffe unweigerlich noch eine Zeit lang im Energiemix enthalten sein werden, muss ihr Anteil bis zur Mitte des Jahrhunderts drastisch sinken. Die politischen Rahmenbedingungen und Märkte sollten sich daher darauf konzentrieren, den Wandel zu beschleunigen und die wesentlichen Grundlagen für ein krisenfestes und inklusives System zu schaffen.

Gut ausgebildete Arbeitskräfte sind ein Schlüsselfaktor für eine erfolgreiche Energiewende. Es wird ein breites Spektrum von Berufsprofilen benötigt. Die Besetzung dieser Arbeitsplätze erfordert abgestimmte Maßnahmen in den Bereichen Bildung und Kompetenzentwicklung, und den Regierungen kommt eine entscheidende Rolle bei der Koordinierung der Bemühungen zu, das Angebot des Bildungssektors durch Berufsausbildungs- oder Studiengänge auf den voraussichtlichen Bedarf der Industrie abzustimmen. Zur Gewinnung von Fachkräften für den Sektor ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Arbeitsplätze menschenwürdig sind und dass Frauen, Jugendliche und Minderheiten den gleichen Zugang zu Berufsausbildung, Einstellungsnetzwerken und Karrieremöglichkeiten haben.

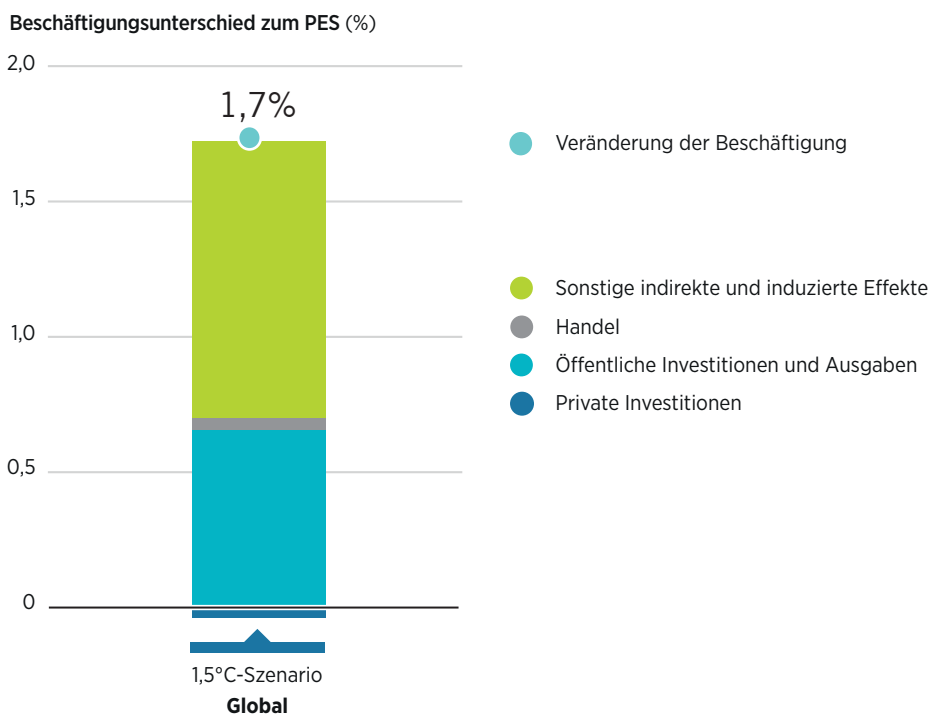
Beschäftigung und Lebensunterhalt

Der 1,5°C-Fahrplan würde in der gesamten Wirtschaft mehr Arbeitsplätze schaffen. Das 1,5°C-Szenario würde im Zeitraum 2023–2050 im Jahresdurchschnitt zu einer um 1,7 % höheren Beschäftigung in der gesamten Wirtschaft führen als das PES (Abbildung S2). Unter Berücksichtigung von Vorabinvestitionen wäre die jährliche Beschäftigung in der gesamten Weltwirtschaft in den Jahren bis 2040 um durchschnittlich 1,8 % höher, im letzten Jahrzehnt (2041–2050) jedoch nur um 1,5 %.

Der 1,5°C-Fahrplan würde im Zeitraum 2023–2050 zu einem Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Beschäftigung um 1,7 % gegenüber dem PES führen.



ABBILDUNG S2 Beschäftigung in der Weltwirtschaft, durchschnittlicher prozentualer Unterschied zwischen dem PES und dem 1,5°C-Szenario, nach Einflussfaktoren, 2023–2050



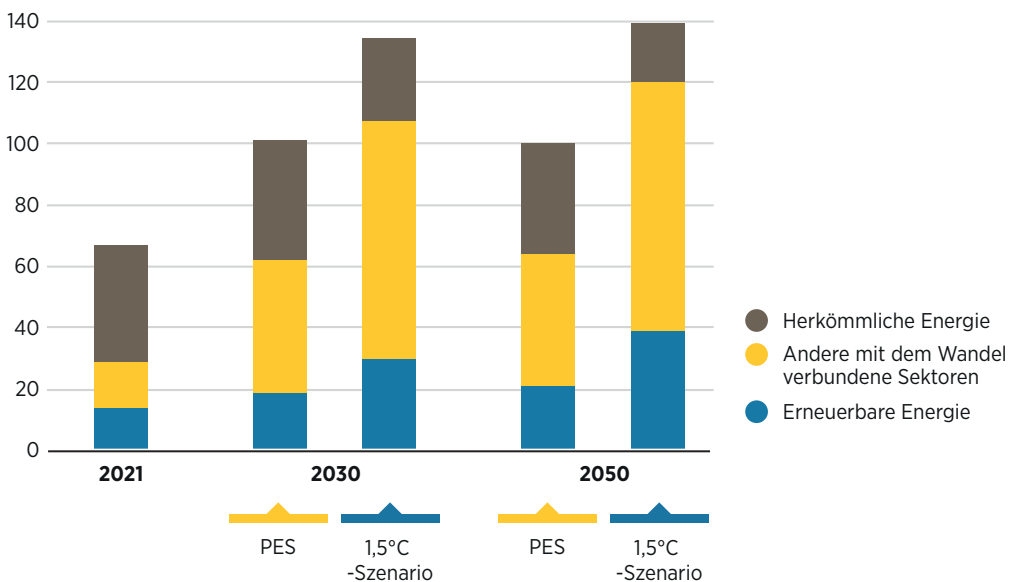
Hinweis: PES = Planned Energy Scenario.

Durch die Energiewende werden die Beschäftigungszahlen im Energiesektor steigen. Unter Berücksichtigung von Vorabinvestitionen könnte die Zahl der Arbeitsplätze im Energiesektor im Planned Energy Scenario (PES) bis 2030 auf 101 Millionen wachsen. Im 1,5°C-Szenario würde die Zahl 134 Millionen betragen – das Doppelte der derzeitigen 67 Millionen (Abbildung S3). Zwischen dem PES- und dem 1,5°C-Szenario werden die erheblichen Arbeitsplatzverluste im Bereich der fossilen Brennstoffe (rund 12 Millionen) bis 2030 durch den Zuwachs von 45 Millionen Arbeitsplätzen im Rahmen der Energiewende mehr als ausgeglichen – insbesondere bei erneuerbaren Energien (rund 11 Millionen) und sonstigen mit der Energiewende verbundenen Bereichen (Energieeffizienz, Stromnetze und Flexibilität, Ladeinfrastruktur für Fahrzeuge und Wasserstoff mit rund 34 Millionen). Die Veränderungen bei der Beschäftigung nach 2030 sind marginal.

Im 1,5°C-Szenario ist weltweit bis 2050 im Vergleich zu 2021 eine Verdreifachung der Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien auf etwa 40 Millionen Arbeitsplätze zu erwarten. Es wird erwartet, dass die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der Solarenergie bis 2050 im 1,5°C-Szenario auf etwa 18 Millionen ansteigen wird (d. h. etwa 45 % der gesamten Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien), was im Vergleich zu 2021 fast eine Vervielfachung bedeutet. Auch in der Windenergie ist für diesen Fall ein starker Beschäftigungszuwachs zu erwarten, sodass sich die Zahl der Arbeitsplätze gegenüber 2021 verfünffachen und über 6 Millionen erreichen würde (rund 17 % aller Beschäftigten im Bereich der erneuerbaren Energien). Im Bereich Bioenergie steigt die Zahl der Arbeitsplätze in diesem Szenario von über 4 Millionen (33 % der Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien) im Jahr 2021 auf über 10 Millionen (27 % der Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien) im Jahr 2050.

ABBILDUNG S3 Weltweite Arbeitsplätze im Energiesektor im PES und 1,5°C-Szenario, 2021–2050

Arbeitsplätze weltweit (in Millionen)



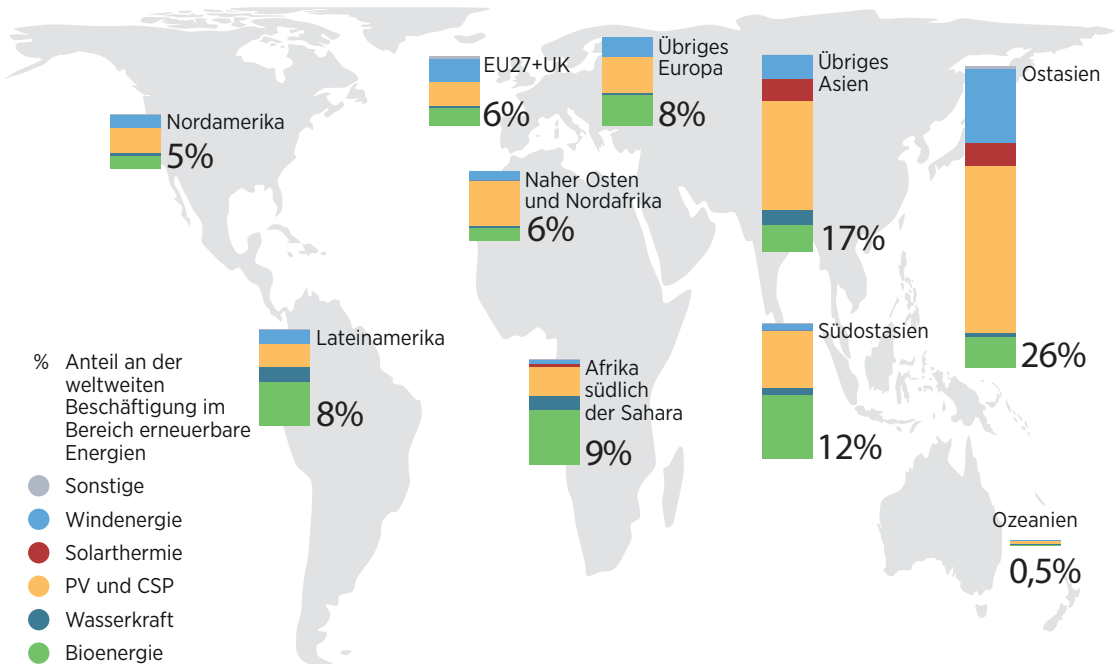
Hinweis: PES = Planned Energy Scenario.

PROJEKTION

DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023

Diese Arbeitsplätze sind jedoch ungleichmäßig auf die Regionen verteilt. Abbildung S4 zeigt die Verteilung der Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien im 1,5°C-Szenario nach Regionen und Technologien bis 2050. Asien wird voraussichtlich einen Anteil von 55 % an der weltweiten Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien aufweisen, gefolgt von Europa mit 14 %, Nord- und Südamerika mit 13 % und Afrika südlich der Sahara mit 9 %. Wenngleich Faktoren wie die Größe der Bevölkerung und der Volkswirtschaften die Verteilung auf die Regionen beeinflussen, werden diese Ergebnisse auch davon abhängen, inwieweit die Länder in der Lage sind, den Einsatz erneuerbarer Energien zu steigern, und inwieweit sie über bedeutende inländische Lieferketten verfügen.

ABBILDUNG S4 Anteil der Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien nach Region, 2050



Hinweis: „Sonstige“ umfasst Erdwärme und Gezeiten-/Wellenenergie.
 CSP = solarthermische Kraftwerke (concentrated solar power);
 EU = Europäische Union; PV = Photovoltaik; UK = Vereinigtes Königreich.

Sozioökonomische Auswirkungen der Energiewende

Bisher haben sich die politischen Entscheidungsträger vor allem auf die technologischen, institutionellen, regulatorischen und politischen Aspekte der Energiewende konzentriert, während den sozioökonomischen Auswirkungen weniger Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die derzeitige Darstellung des Wandels findet möglicherweise nicht bei allen Interessengruppen Anklang, was vor allem an der mangelnden Berücksichtigung zentraler sozioökonomischer Aspekte liegt. Auch wenn Verteilungsfragen (in Bezug auf Einkommen, Wohlstand, Investitionen und Sozialausgaben, Energie- und Materialverbrauch, Auswirkungen des Klimawandels usw.) nicht auf die Energiewende beschränkt sind, sollten sie doch in Angriff genommen werden, um den sozioökonomischen Nutzen zu maximieren und die Akzeptanz und Unterstützung für die Energiewende zu stärken. Die Behebung von Defiziten in der Klimapolitik und die Förderung grundlegender struktureller Veränderungen erfordern eine beispiellose internationale Zusammenarbeit.

Um die sozioökonomischen, technologischen und regulatorischen Aspekte der Energiewende miteinander zu verbinden, bedarf es politischer Maßnahmen, die über den Umstieg von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien hinausgehen. Die politischen Entscheidungsträger müssen eine langfristige Abstimmung zwischen der Energiepolitik und anderen staatlichen Politikfeldern anstreben, um eine inklusive und gerechte Energiewende zu fördern. Letztere muss die Menschen in den Mittelpunkt stellen sowie Vielfalt und die Inklusion verschiedener Bevölkerungsgruppen fördern (z. B. Frauen, Jugendliche, ältere Arbeitnehmer, Menschen mit Behinderungen, Arbeitsmigranten, Indigene, Arbeitslose, gefährdete Arbeitnehmer). Neben den oben erörterten spezifischen Vorteilen für Wirtschaft und Beschäftigung liegt ein entscheidender Nutzen der Energiewende in ihrer Fähigkeit, den Wohlstand insgesamt weltweit zu verbessern. IRENA misst die potenziellen Auswirkungen auf den Wohlstand durch seinen Wohlstandsindex. Dieser Index besteht aus fünf Aspekten – Wirtschaft, Soziales, Umwelt, Verteilung und Zugang –, die jeweils durch zwei Unterindikatoren beschrieben werden.

Die Verwirklichung einer gerechten, inklusiven und nachhaltigeren Welt kann nicht allein den Marktkräften überlassen werden. Die Prioritäten müssen in einer offenen Debatte festgelegt werden, wobei sich die politischen Entscheidungen am gesellschaftlichen Dialog orientieren müssen. Die Regierungen und Interessengruppen müssen sich aktiv an der Neugestaltung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturen beteiligen. Damit wird eine grundlegende Prämisse der sozioökonomischen Berichte von IRENA bekräftigt: Die Politikgestaltung muss sich an einem ganzheitlichen Rahmen orientieren, der technologische Überlegungen mit gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Erfordernissen in Einklang bringt.



Blick in die Zukunft: Vorrang für mutige und umwälzende Maßnahmen

Die notwendige Kurskorrektur bei der Energiewende erfordert mutige, umwälzende Maßnahmen, die der Dringlichkeit der gegenwärtigen Situation Rechnung tragen. Ein erheblicher Ausbau der erneuerbaren Energien muss mit Investitionen in die entsprechende Infrastruktur einhergehen. Es bedarf umfassender politischer Maßnahmen, nicht nur zur Förderung des Ausbaus, sondern auch, um weitreichende sozioökonomische Vorteile des Wandels zu gewährleisten.

Netto-Null-Verpflichtungen müssen in den Rechtsvorschriften verankert und in Umsetzungspläne übertragen werden, die mit angemessenen Mitteln ausgestattet sind. Ohne diesen entscheidenden Schritt bleiben die Ankündigungen zum Klimaschutz ein Wunschziel und der notwendige Fortschritt unerreichbar. Das derzeitige Energiesystem ist tief mit sozioökonomischen Strukturen verflochten, die sich über Jahrhunderte entwickelt haben. Dies bedeutet, dass in einem verkürzten Zeitraum von weniger als drei Jahrzehnten ein erheblicher Strukturwandel stattfinden muss, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen.

Jede Investitions- und Planungsentscheidung der Gegenwart in Bezug auf die Energieinfrastruktur sollte die Struktur und Geografie der kohlenstoffarmen Wirtschaft der Zukunft berücksichtigen. Energieinfrastrukturen sind langlebig, daher sollten Investitionen in feste Infrastrukturen die langfristige Perspektive berücksichtigen. Die Elektrifizierung beim Endverbrauch wird die Nachfrage neu gestalten. Die erneuerbaren Energien erfordern eine Modernisierung der bestehenden Infrastrukturen, wobei die Stromnetze sowohl an Land als auch auf See verstärkt und ausgebaut werden müssen. Die Produktion von grünem Wasserstoff wird auch an anderen Standorten stattfinden als die Erdöl- und Erdgasförderung heute. Die technischen Herausforderungen und finanziellen Kosten der Neugestaltung der Infrastruktur müssen berücksichtigt werden, und die ökologischen und sozialen Aspekte sind von Anfang an sachgerecht in Angriff zu nehmen.

Eine gerechte und inklusive Energiewende wird dazu beitragen, große Ungleichheiten zu überwinden, die derzeit die Lebensqualität von Hunderten Millionen Menschen beeinträchtigen. Die Politik der Energiewende muss mit umfassenderen systemischen Veränderungen einhergehen, die darauf abzielen, das menschliche Wohlergehen zu sichern, die Gerechtigkeit zwischen Ländern und Bevölkerungsgruppen zu fördern und die Weltwirtschaft in Einklang mit dem Klimaschutz und den allgemeinen Umwelt- und Ressourcengrenzen zu bringen.

Die Unterstützung der Entwicklungsländer bei der Beschleunigung der Energiewende könnte die Energiesicherheit verbessern und gleichzeitig eine Vergrößerung der globalen Dekarbonisierungskluft verhindern. Ein diversifizierter Energiemarkt würde die Risiken in den Versorgungsketten verringern, die Energiesicherheit verbessern und die lokale Wertschöpfung der Rohstoffproduzenten sicherstellen. Der Zugang zu Technologie, Ausbildung, Kapazitätsaufbau und erschwinglichen Finanzmitteln wird von entscheidender Bedeutung sein, um das volle Beitragspotenzial der Länder zur Energiewende weltweit zu erschließen, insbesondere für Länder, die reich an erneuerbaren Energien und damit verbundenen Ressourcen sind.

Das Wohlergehen und die Sicherheit der Menschen müssen im Mittelpunkt der Energiewende stehen. Zur Überwindung der weit verbreiteten Probleme im Zusammenhang mit dem Wohlergehen und der Sicherheit der Menschen sowie der tiefgreifenden Ungleichheiten sind systemische Veränderungen über den Energiesektor hinaus erforderlich. Eine auf erneuerbaren Quellen basierende Energiewende kann dazu beitragen, einige der Bedingungen, die diesen Problemen zugrunde liegen, zu mildern. Je mehr die Energiewende zur Lösung dieser weitreichenden Herausforderungen beiträgt, desto mehr wird ihre Akzeptanz und Legitimität in der Bevölkerung zunehmen, vorausgesetzt, dass die Bedürfnisse und Interessen der Bevölkerung gut vertreten und in die Planung der Energiewende integriert werden.



Neugestaltung der internationalen Zusammenarbeit

Die Dynamik des Energiesektors und der geopolitischen Entwicklungen machen eine genauere Prüfung der Modalitäten, Instrumente und Ansätze der internationalen Zusammenarbeit erforderlich, um ihre Relevanz, Wirkung und Flexibilität zu gewährleisten. Für eine erfolgreiche Energiewende muss die internationale Zusammenarbeit verstärkt und neu gestaltet werden. Die zentrale Bedeutung der Energie für die globale Entwicklungs- und Klimaagenda ist unumstritten und die internationale Zusammenarbeit im Energiebereich hat in den letzten Jahren exponentiell zugenommen. Diese Zusammenarbeit spielt eine zentrale Rolle für die Ergebnisse der Energiewende und ist ein entscheidender Weg zu mehr Krisenfestigkeit, Inklusion und Gleichberechtigung.

Die wachsende Vielfalt der an der Energiewende beteiligten Akteure erfordert eine Rollenbewertung, um die jeweiligen Stärken zu nutzen und die begrenzten öffentlichen Ressourcen effizient einzusetzen. Die Erfordernisse der Entwicklung und des Klimaschutzes in Verbindung mit der sich wandelnden Dynamik von Energieangebot und -nachfrage verlangen Kohärenz und die Ausrichtung auf vorrangige Maßnahmen. So werden beispielsweise Investitionen in Systeme für den grenzüberschreitenden und globalen Handel mit Energierohstoffen ein noch nie dagewesenes Ausmaß an internationaler Zusammenarbeit erfordern. Daher müssen die Aufgaben und Zuständigkeiten nationaler und regionaler Stellen, internationaler Organisationen, internationaler Finanzinstitutionen und multilateraler Entwicklungsbanken neu überdacht werden, damit sie einen optimalen Beitrag zur Energiewende leisten.

Die Energiewende erfordert gemeinsame Anstrengungen, um auch Mittel zur Südhalbkugel zu lenken. Im Jahr 2020 stellten multilaterale und bilaterale Entwicklungsfinanzierungsinstitutionen (EFI) weniger als 3 % der Gesamtinvestitionen in erneuerbare Energien bereit. In Zukunft sollten sie mehr Mittel zu besseren Bedingungen für groß angelegte Projekte der Energiewende zur Verfügung stellen. Darüber hinaus wurde die Finanzierung durch EFI hauptsächlich durch Schuldenfinanzierung zu Marktsätzen (die eine Rückzahlung mit Zinsen zum Marktpreis erfordern) bereitgestellt, während Zuschüsse und weiche Kredite nur 1 % der gesamten Finanzierung erneuerbarer Energien ausmachten (IRENA und CPI, 2023). Diese Institutionen befinden sich in einer einzigartigen Position für die Unterstützung groß angelegter und grenzüberschreitender Projekte, die einen spürbaren Beitrag zur Beschleunigung der weltweiten Energiewende leisten können.



PROJEKTION
DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023



PROJEKTION DER WELTWEITEN ENERGIEWENDE 2023

Der *World Energy Transitions Outlook* skizziert eine Vision für den Wandel der Energielandschaft gemäß den Zielen des Pariser Abkommens und zeigt einen Weg auf, um den globalen Temperaturanstieg auf 1,5°C zu begrenzen und die CO₂-Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts auf Netto-Null zu bringen.

Der Bericht stützt sich auf zwei der Schlüsselszenarien von IRENA, um den globalen Fortschritt in Richtung des 1,5°C-Klimaziels zu erfassen:

Planned Energy Scenario

Das **Planned Energy Scenario** ist der primäre Referenzfall für diese Studie, der eine Perspektive auf die Entwicklungen des Energiesystems auf der Grundlage der Energiepläne der Regierungen und anderer geplanter Ziele und Maßnahmen zum Zeitpunkt der Analyse bietet, wobei der Schwerpunkt auf den G20-Ländern liegt.

1,5°C-Szenario

Das **1,5°C-Szenario** beschreibt einen Fahrplan für die Energiewende, der auf das 1,5°C-Klimaziel ausgerichtet ist, um den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis zum Ende dieses Jahrhunderts auf 1,5 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Es legt den Schwerpunkt auf verfügbare technologische Lösungen, die so weiterentwickelt werden können, dass das 1,5°C-Ziel erreicht wird.



